Харківський національний
університет радіоелектроніки

Державне підприємство
"Південний державний
проектно-конструкторський
та науково-дослідний інститут
авіаційної промисловості"

Kharkov National
University of Radio Electronics

State Enterprise
"Southern National Design
&
Research Institute
of Aerospace Industries"

СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES

№ 2 (8), 2019

No. 2 (8), 2019

*Щоквартальний
науковий
журнал*

*Quarterly
scientific
journal*

Харків
2019

Kharkiv
2019

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES

No. 2 (8), 2019

ЗАСНОВНИКИ
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості"

ESTABLISHERS
Kharkiv National University of Radio Electronics,
State Enterprise "National Design & Research Institute of Aerospace Industries"

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
Україна, 61166, м. Харків, проспект Науки, 14
Телефон: +38 (057) 704-10-51
Інформаційний сайт: http://itssi-journal.com
E-mail редколегії: journal.itssi@gmail.com

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauka Ave, 14
Phone: +38 (057) 704-10-51
Information site: http://itssi-journal.com
E-mail of the editorial board: journal.itssi@gmail.com

Журнал включено до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть поблікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук" наказом Міністерства освіти і науки України від 16.07.2018 №775 (додаток 7).

Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету радіоелектроніки (Протокол № 5 від 24 червня 2019 р.).

Свідоцтво про державну реєстрацію журналу Серія КВ № 22696-12596Р від 04.05.2017 р.

СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ
№ 2 (8), 2019

ЗМІСТ

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND SCIENTIFIC SOLUTIONS FOR INDUSTRIES

No. 2 (8), 2019

CONTENTS

The author is responsible for the accuracy of the facts, quotations and other information

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2524-2296 (online)*

УДК 336.13 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.005

Н. В. Бібік, Г. М. Шаповал

АНАЛІЗ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ТА ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ ЙОГО ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Предметом дослідження є процес розвитку територіальних громад Європейських країн та перспективи впровадження кращого міжнародного досвіду на території України. **Метою** статті є вивчення та узагальнення досвіду європейських країн щодо розвитку територіальних громад та впровадження децентралізованої системи управління та визначення напрямків його впровадження в Україні. Основними **завданнями** дослідження є: вивчення досвіду розвинених Європейських країн в розвитку об'єднаних територіальних громад та розробка рекомендацій щодо основних напрямків впровадження міжнародного досвіду розвитку територіальних громад в Україні. **Методи.** Під час написання роботи застосовувались такі загальнонаукові методи: теоретичного узагальнення, порівняльного аналізу, графічний, аналітичний, аналізу та синтезу. **Результати.** Вивчено досвід Європейських країн стосовно розвитку об'єднаних територіальних громад, визначено основні напрямки вдосконалення даного процесу в Україні з урахуванням міжнародного досвіду. **Висновки**. Таким чином, на сьогодні проблема реалізації стратегічного вибору України залишається досить складним завданням не лише на фоні зовнішньополітичного становища держави, а й через проблеми під час впровадження реформ внутрішньополітичного спрямування. Незважаючи на врахування досвіду інших країн щодо децентралізації, це поняття й досі залишається незрозумілим для більшості українців, адже впровадження такої системи за кордоном обумовлене історичним досвідом з урахуванням специфіки становлення та розвитку конкретної держави, тому запозичення певної моделі не гарантує досягнення успіху під час її впровадження в Україні. Труднощі здійснення реформи децентралізації пов'язані не лише із потребою трансформації системи загалом, а й із наявністю можливих ризиків локального та загальнодержавного спрямування, причому формальне закріплення основ децентралізації потребує розробки чіткого механізму її використання на практиці, враховуючи різні рівні та види цього поняття (горизонтальну та вертикальну, політичну, соціально-економічну, екологічну децентралізацію тощо). Вивчення міжнародного досвіду децентралізації показало, що Україні необхідно розробити концепцію впровадження децентралізації державної влади, яка стане підґрунтям для впровадження і підготовки відповідних законів. Основним напрямком впровадження міжнародного досвіду в Україні є подальше укрупнення територій із збільшенням рівня їх фінансової спроможності, що потребує вдосконалення організаційно-правового та фінансового механізмів реалізації даного процесу. Вивчення кращих міжнародних практик вказує на те, що реформа децентралізації повинна базуватись на добровільному укрупненні територій в об'єднані громади при наявності контролю з боку держави в рамках виконання покладених на неї функцій.

Ключові слова: децентралізація; об'єднані територіальні громади; укрупнення адміністративно-територіальних одиниць; реальна спроможність ОТГ; місцеве самоврядування.

Вступ

Трансформація територіальної структури влади – її децентралізація, зокрема запровадження територіального самоврядування, вважалася важливим завданням у процесі відновлення політичних та адміністративних систем у Центральній та Східній Європі після 1989 року. Справді, реформи територіального уряду відбувались після краху комуністичних режимів і перетворень конституційних органів та центральних органів влади у 1990 році.

Хоча активний процес децентралізації почався в Україні ще у 2014 році, наша держава все ще знаходиться на початковому його етапі, що робить особливо важливим та актуальним вивчення досвіду інших країн.

Роль держави та форма її здійснення є однією з найбільш обговорюваних тем серед економістів, вчених, політиків та фахівців з розвитку. Ця дискусія стає дедалі складнішою через глобалізацію та нові погляди на демократичне управління. Незважаючи на суперечки, щодо її позитивних сторін, децентралізація залишається однією з основних рекомендацій міжнародних інституцій щодо досягнення демократичного та ефективного управління.

Проблема децентралізації залишається ключовим питанням для подальшого формування стратегічного розвитку України, однак, запозичення моделей міжнародного спрямування потребує врахування специфіки розвитку самої держави. Оскільки існуюча система функціонування територіальних громад в Україні не є досконалою та знаходиться на початковому етапі свого розвитку, то вивчення досвіду зарубіжних країн дозволить зробити деякі висновки щодо перспектив подальшого розвитку територіальних громад в Україні та визначити основні напрямки впровадження кращого міжнародного досвіду з урахування реалій розвитку та функціонування територіальних громад в Україні.

Аналіз літературних джерел і визначення проблемних питань

Тема децентралізації публічної влади впродовж тривалого часу розглядається як зарубіжними, так і вітчизняними вченими, серед яких доцільно згадати М. Кетинга, Дж. Скота, П. Джона, а також О. Бориславську, І. Заверуху, М. Іжу, В. Кубійду. Незважаючи на наявність нормативної бази та фахових розробок українських та іноземних вчених, процеси децентралізації та їх організаційне забезпечення залишаються недостатньо дослідженими. Особливо вивчення потребує європейський досвід проведення реформи децентралізації для його подальшого використання в українських реаліях.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

З початком впровадження реформи децентралізації в Україні постійно видаються аналітичні огляди економістів щодо ефективності та основних результатів даного процесу, де визначаються також і основні проблеми та виклики, перспективи фінансування та розвитку новостворених об'єднаних територіальних громад, надаються розгорнуті аналізи кращих практик функціонування ОТГ на території України, проте доцільним є поєднання такого аналізу із порівнянням з кращими міжнародними практиками, що сприятиме підвищенню ефективності процесу децентралізації в Україні та зростанню його ефективності за рахунок врахування як переваг, так і недоліків міжнародного досвіду у даній області.

Мета та задачі дослідження

Метою статті є узагальнення досвіду європейських країн щодо розвитку територіальних громад та впровадження децентралізованої системи управління та визначення напрямків його впровадження в Україні.

Основними завданнями виступають: вивчення досвіду розвинених Європейських країн в розвитку об'єднаних територіальних громад та розробка рекомендацій щодо його впровадження в Україні.

Матеріали і методи дослідження

Під час написання роботи застосовувались такі загальнонаукові методи: теоретичного узагальнення, порівняльного аналізу, графічний, аналітичний, аналізу та синтезу.

Результати дослідження

Фіскальний федералізм і децентралізація стали актуальною темою серед економістів у 1980-х і 1990-х роках, що пов'язано з необхідністю кращого розподілу державних витрат і підвищення ефективності державних структур. Децентралізація була обумовлена різними причинами, від чистої потреби збільшення ефективності державних витрат та вирішення макроекономічних проблем (Аргентина, Бразилія, Індія, Нігерія) до застосування децентралізації як інструменту забезпечення більшої незалежності певних регіонів з різними культурними, етнічними та політичними питаннями (Канада, Швейцарія, Бельгія, Китай, Росія, Ефіопія). Загалом, існує три основні види децентралізації: політична, фіскальна та адміністративна [1].

Політична децентралізація передбачає передачу політичної влади на нижчий, місцевий рівень влади, фіскальна децентралізація стосується децентралізації збору податків, а адміністративна децентралізація спрямована на децентралізацію повноважень, відповідальності та фінансових ресурсів у наданні державних послуг.

Як переваги здійснення децентралізації доцільно виділити те, що:

- децентралізована влада сприяє участі громадян в управлінні;
- децентралізована влада більш чутливо реагує на проблеми громадян і більш здатна знаходити рішення, прийнятні для обох сторін;
- надає можливості для розвитку нової еліти;
- є противагою авторитарному устрою держави;
- дає можливість експериментувати з новими структурами та політикою;
- є більш ефективною і дієвою у наданні послуг для задоволення місцевих потреб;
- створює почуття місця та спільноти;
- є елементом "громадянського суспільства" або мостом, що пов'язує громадянське суспільство з центральною державою;
- стимулює конкуренцію між регіонами та громадами.

Саме тому ефективність, дієвість і легітимність влади стоїть за територіальною деконцентрацією.

Однак поширені і деякі небажані результати децентралізації: нові збори – квазіподатки, що стягуються місцевими органами влади, фрагментація внутрішніх ринків, посилення корупції, перехресне субсидування, розподіл формул, посилення складності податкових реформ та конфлікт з макроекономічною політикою.

Дослідження ефектів децентралізації носять змішаний характер, але в принципі підтверджують більшу позитивність її результатів для держави та суспільства. Отримані дані підтверджують позитивний вплив децентралізації на: освіту, щільність населення, політичну концентрацію та частку послуг, придбаних у приватному секторі. Статистичні дані показують, що багаті країни світу є більш децентралізованими (рис. 1). Негативні наслідки були визначені серед рівнів місцевих податкових ставок, рівня доходів фізичних осіб, трансфертів з центрального уряду, відстані до капіталу, регіонального центру та рівнів безробіття [2].

Вітчизняні науковців стверджують, що Україні й досі не вдалося створити ефективно діючу систему місцевого самоврядування, а хронічний дефіцит фінансових ресурсів територіальних громад та надмірна їх подрібненість не дозволили децентралізувати бюджетну систему України. Проблема розподілу повноважень між "центром" та місцевими громадами загострюється бажанням територіальних органів мати додаткові бюджетні ресурси з одночасною відсутністю досвіду виконання додаткових функцій [3].

Попри передані частини загальнодержавних податків і зборів до бюджетів громад, незважаючи на прямі міжбюджетні відносини з Державним бюджетом України (з 01.01.2016 року), більшість з 159 новостворених об'єднаних територіальних громад, так і залишилась дотаційними (125 громад отримують базову дотацію), а отже вони й надалі є фінансово неспроможними [4].

Процес децентралізації процес складний і немає єдиної формули його реалізації. У Польщі цей процес

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

зайняв майже десять років; Угорщині – вистачило десяти місяців; Східній Німеччині – десяти тижнів, а Чехословаччині – десяти днів "оксамитової революції".

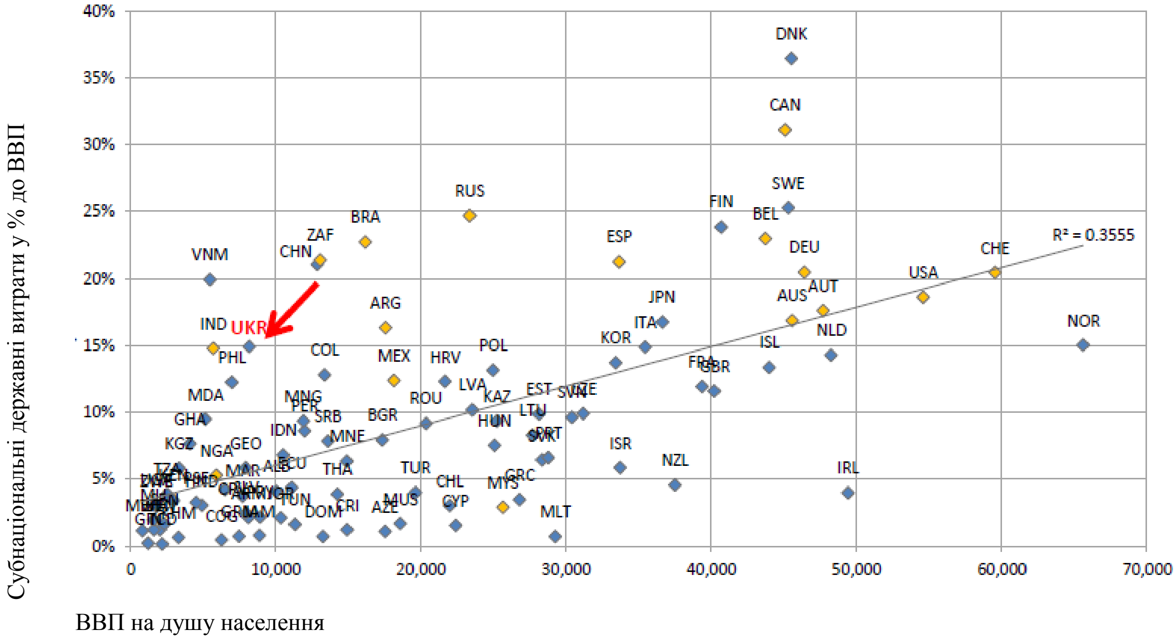


Рис. 1. Співвідношення частки субнаціональних державних витрат у ВВП та ВВП на душу населення країн світу [5]

У кожній країні спосіб організації децентралізованої влади пов'язаний з її історією, політичною і управлінською культурою, економікою, соціальним досвідом. Відповідні відмінності унеможливлюють розробку та впровадження загальної (універсальної) моделі ЄС. Однак існує деяка подібність у підходах до вирішення низки проблем. Перш за все це стосується підвищеної адміністративної ролі регіонального рівня. У федеральних або високо регіоналізованих країнах територіальні суб'єкти федерації (регіонів, земель) тривалий час вирішували питання внутрішнього устрою.

Через це навіть унітарні держави тепер включають регіони зі спеціальним статусом. У деяких випадках це острови (Азорські острови, Корсика, Мадейра), інші – регіони в усьому уряді територій (Шотландія, Ірландія, Уельс у Великобританії, регіон Іль-де-Франс в Північно-Центральній частині Французькою Республікою). Рух до подальшої диверсифікації систем та інституцій також впливає на систему місцевого самоврядування у федеральних і унітарних державах. Зокрема, держави змушені реформувати адміністративно-територіальну систему підпорядковується наявності слаборозвинених сільських територій, необхідності створення конгломератів міст і розвитком міжмуніципального співробітництва.

Однією з перших країн, яка в повоєнний період провела адміністративно-територіальну реформу на низовому рівні стала ФРН. У Німеччині, як і в Україні, територіальна громада є первинним суб’єктом місцевого самоврядування.

Варто зазначити, що для членів територіальних громад Німеччини характерним є високий ступінь демократичності форм волевиявлення. Про це свідчать такі факти, як: для підтримання місцевої ініціативи в Німеччині достатньо 1 % громадян громади, а в Україні – не менше 10 тис. членів громади; скликання зборів громади відбувається на вимогу 2,5 % громадян громади, а в Україні – не менше 10 % мешканців громади. Однією з головних особливостей громади є те, що вони повинні бути добре заселені і бути не надто малі в територіальному плані. Автономія німецьких громад ґрунтується на можливості здійснювати владу на визначеній території, займатися організацією громади, ухвалювати норми місцевого права, зокрема статути громад, ухвалювати місцеві бюджети та локальні податки, планувати власний господарський розвиток тощо [6].

Досвід укрупнення муніципальних одиниць має як позитивні, так і негативні наслідки. По-перше, не можна до всього масиву поселень застосовувати єдиний кількісний критерій (наприклад, наперед визначену кількість населення). По-друге, якщо ініціатива злиття муніципалітетів у нову адміністративну одиницю здійснювалася згори, командно-адміністративним шляхом (як у Франції), то реформа, як правило, виявлялася невдалою і не давала очікуваного результату. Успіх досягався за умови добровільного об’єднання суб’єктів місцевої влади (навіть якщо ініціатива все ж таки належала державі), використання досвіду муніципальної кооперації, моніторингу суспільної думки, з метою виявлення уподобань та історичних, культурних, господарських зв’язків населення.

Франція традиційно є унітарною державою, залежно від розміру ізольованої громади, муніципалітетів, агломерацій спільноти, міських

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

громад, і найближчим часом мегаполісу. Така складність означає єдину спробу гармонізації функціонування зовсім різних територій в межах єдиної держави, що визначає популярність децентралізації, здатної враховувати різноманітність адміністративно-територіальних одиниць країни.

Уряд Франції намагався розпочати примусову територіальну реформу, спрямовану на злиття комун (муніципалітетів), створених ще сотні років тому. Ідея примусового злиття, що була відкинута населенням, трансформувалася у співробітництво територіальних громад.

Більшість країн ліквідовує дрібні і не завжди дієві територіальні утворення. Франція в цьому питанні залишається досить консервативною. На сьогодні у Франції існує 36 565 комун. Однак близько 80% з них мають населення менше 1000 населення. Очевидно, що невеликі розміри території та мала чисельність не дають можливості виконувати всі повноваження, покладені на них [7].

Для подолання проблеми фінансового забезпечення і здійснення функцій органів самоврядування застосовується два підходи: 1) співробітництво комун для вирішення певних спільних проблем; 2) злиття кількох дрібних комун в одну більш потужну і фінансово спроможну для вирішення питань функціонування всіх служб місцевого самоврядування.

Для визначення нових кордонів муніципальних новоутворень бралися різні критерії, але всі вони мали комплексний, кількісно-якісний характер. Так, у Швеції муніципалітети, що співпрацювали між собою, об'єднувалися навколо міст, беручи до уваги ступінь освоєння територій між населеними пунктами. У Данії для визначення муніципальних кордонів було проведено спеціальне дослідження, що виявило зони, які природно склалися в різних сферах діяльності та спілкування. Таким чином, було виявлено 44 торговельні зони, 123 центри тяжіння в кооперації ресурсів праці тощо. Ураховувалося багато показників, навіть такий, як продажі доставка пошти і періодики додому. У результаті було підготовлено карту взаємозв'язків і взаємозалежностей окремих територій. Також було проведено детальний аналіз "ефекту масштабу" з метою оптимізації надання населенню різних типів соціальних послуг. На основі оброблення зібраної інформації було змінено законодавство, внесено пропозиції щодо створення округів, що було обговорено в муніципалітетах і затверджено центральною владою тільки після узгодження рішень з тими, кому належало об'єднатися.

Наразі в Україні можна спостерігати зворотній процес. З 480 існуючих районів передбачається залишити 120. Обґрунтування цієї кількості не оприлюднене, розрахунок відбувався лише виходячи з Польського досвіду. Та попри позитивні результати децентралізації в Польщі одним з пунктів критики стало неврахування різниці між сільськими та міськими повітами, зокрема, різної кількості ресурсів, якими можуть розпоряджатися ці самоврядні одиниці. Для більшості слабко розвинутих регіонів Польщі децентралізація означала зріст розриву відносно найбільш успішних польських регіонів та країни в цілому. Регіони, які опинилися без допомоги держави, після проведення адміністративної реформи почали розвиватися гірше.

Територіальне планування потребує об'єднання територій і пошуку варіантів їх рівномірного поділу (табл. 1).

Таблиця 1. *Кількість місцевих органів влади [7]*

Назва країни	Місцеві	Проміжні	Регіональні
Франція	36 786	101	13
Німеччина	11 252	295	16
Сполучене Королівство	433		4
Польща	2 497	380	16
Україна	10 885	488	25

У Фінляндії 20 років тому було здійснено спробу значно зменшити чисельність муніципалітетів рішенням "згори". Зрештою, у результаті політичних дебатів переміг принцип добровільності. Разом з тим держава заохочує об'єднання муніципалітетів шляхом надання додаткових субсидій.

Адміністративно-територіальна реформа у Фінляндії відбувається не адміністративно-командним шляхом, а завдяки економічному стимулюванню добровільних рішень суб'єктів місцевого самоврядування щодо доцільності такого об'єднання.

В Італії передбачено фінансові стимули для об'єднання й подальшого злиття комун із населенням чисельністю менше 5 тисяч жителів, або для їх приєднання до більших комун. Подібний досвід застосовувався і в Естонії.

У Латвії поетапно застосовувалися обидва методи укрупнення–стимулювання добровільного об'єднання муніципалітетів та адміністративне укрупнення. З початку реалізації реформи чотири роки надавалося на утворення добровільних об'єднань муніципалітетів з фінансовим їх заохоченням шляхом надання разової дотації з державного бюджету у розмірі 1 – 5 % від загальної суми бюджету муніципалітету, після чого протягом наступного року після завершення цього періоду було поведене адміністративне укрупнення решти муніципалітетів.

Наступна проблема, що виникає в процесі децентралізації, полягає у виборі між рівноправністю та ієрархією у відносинах між різними регіональними та місцевими інституціями. У французькій конституції, наприклад, закріплено принцип, що жодна місцева влада не може здійснювати владу або

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

здійснювати нагляд за іншими органами влади, але насправді це більше формальність, ніж практика. Натомість у правовому полі Німеччини пріоритетним є ієрархія відносин між різними рівнями влади: законодавчі акти, прийняті земельними органами, обов'язкові для органів місцевого самоврядування, розташованих на їхніх територіях, і більш високий рівень регіональних органів влади: (місцеві) органи влади мають право здійснювати нагляд за діяльністю нижчих. І перший, і другий підходи мають недоліки. У французькій системі формальної рівності це не відповідає реальній практиці відносин підпорядкування між різними рівнями влади, не сприяє розвитку співпраці між регіонами, департаментами або муніципалітетами і не виключає можливості конкуренції між ними, що призводить до розмивання відповідальності.

Обрана Німеччиною ієрархія сприяє повторній концентрації влади на рівні землі і суперечить формальним імперативам децентралізації. Однак, незважаючи на різноманітність національного досвіду, ідея забезпечення регіонального рівня відповідальності для підтримання єдності системи місцевого самоврядування знаходить все більше прихильників.

Чітке розмежування повноважень між державою та різними місцевими та регіональними органами влади є основною вимогою для ефективного державного управління. Європейська хартія місцевого самоврядування в статті 4 зазначає, що "основні повноваження та функції органів місцевого самоврядування визначаються Конституцією або законом. Однак це положення не виключає надання органам місцевого самоврядування повноважень та обов'язків для конкретних цілей відповідно до закону. Місцева влада в межах закону має повне право вільно вирішувати будь-яке питання, яке не вилучається з їхньої компетенції і яке не призначається жодній іншій установі. Хартія також стверджує, що повноваження, надані місцевим органам влади, як правило, повинні бути повноцінними і виключними. Вони не можуть бути припинені або обмежені іншими центральними або регіональними органами влади, якщо це не вимагається законом ".

Механізм виключної компетенції застосовується в Бельгії, де кожен авторитет наділений повноваженнями, присвяченими тільки йому: питання, пов'язані з суверенітетом, є обов'язком федеральних установ; культурні питання, охорона здоров'я та соціальна допомога належать до компетенції громад, а питання житлово-комунального господарства частково входять до компетенції регіонів. Виключний авторитет означає, що не може бути втручання з боку федерального уряду. Принцип спільної влади практикується у федеративній Німеччині. Згідно з Конституцією, Парламент Федерації має виключні повноваження в чітко визначених сферах; і землі позбавлені права прийняти законодавство в кількох сферах [8].

Інший тип реформ, які відбувалися в європейських країнах протягом останнього півріччя XX-го століття, часто визначають як організаційні реформи. Вони здійснювались переважно під значним впливом центральної влади та передбачали зміну внутрішньої структури територіальних одиниць і включали такі елементи: посилення ролі мерів та виборних рад; надання процесові прийняття рішень більш відкритого, публічного й демократичного характеру; розширення участі громадськості в прийнятті рішень; запровадження обов’язкових "раціональних" методів планування; зміни в складі місцевого персоналу, зміни місцевих правил організації діяльності органів влади тощо. Багато в чому ці заходи мали сприяти більш активній участі органів місцевого самоврядування в суспільно-політичному житті відповідних країн і перетворенню їх на надійних провідників державної політики (Італія, Велика Британія тощо) [9]. Тобто, в європейських країнах здійснювалась і все ще проводиться робота по інформуванню громадян в цілому про процес децентралізації, його позитивні сторони та результати впровадження. Наприклад, у Франції діє Національна комісія з публічних дебатів, яка відповідає за інформування громадян і врахування інших коментарів у процесі прийняття рішень.

В Україні також здійснюється ряд ініціатив щодо підвищення обізнаності громадськості про реформу децентралізації, однак їх ефективність викликає сумніви. Загально національне опитування громадської думки населення щодо реформи децентралізації станом на 28 серпня 2018 року показало, що за рік рівень обізнаності українців із реформою децентралізації дещо знизився. Добре знають, у чому полягає ця реформа 16% (у червні 2017 р. таких було 20%), щось чули – 60% (у 2017 р. – 62%). Відповідно, частка тих, хто нічого не знає про децентралізацію зросла з 18% до 23%. Найбільше про реформу знають у Центрі (загалом 83%), найменше – на Сході (53%). Про те, що вони добре знають про зміст повноважень місцевої влади, заявили лише 19% опитаних, тоді як 51% знайомі з цим питанням частково; натомість 32% – практично нічого про це не знають [10].

Для вирішення проблеми недостатньої інформованості української громадськості в питаннях децентралізації доцільно проводити інтерактивні заходи за участі широкої громадськості, представників територіальних громад, волонтерів та журналістів. Метою таких компаній повинні бути:

- сприяння кращому розумінню громадянами сутності реформи децентралізації;
- підвищення рівня обізнаності громадськості про позитивні зміни, що відбулися у населених пунктах;
- поширення позитивних практик територіальних громад;
- формування позитивного ставлення до процесу утворення громад та децентралізації в цілому;
- сприяння залученню громад до активної участі у соціальному, культурному та політичному житті громад.

Основними напрямками в проведенні реформи децентралізації в Україні на сьогоднішньому етапі

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

повинні стати укрупнення адміністративно-територіальних одиниць, чітке розмежування повноважень між державою та різними місцевими та регіональними органами влади та інформування громадськості про процес децентралізації і від так сприяння більш активній участі громадян у прийнятті рішень.

Змінюючи модель управління в Україна з акцентам на посилення місцевого самоврядування, важливо розв'язати проблеми у двох взаємопов'язаних сферах: територіальній – визначення базового рівня управління, на якому може забезпечуватися ефективне управління, і фінансовій – забезпеченість рівнів управління. При цьому ключовими постають проблеми, пов'язані з оптимізацією організації територіальних громад та місцевих видатків відповідно до галузевих норм навантаження на бюджетні установи та бюджетної спроможності фінансування цих установ.

Закордонний досвід укрупнення адміністративно-територіальних одиниць свідчить про те, що всі країни-реформатори здійснювали його примусово. Проте вибір пріоритетних напрямів у проведення адміністративного реформування залежить від економічних, географічних, історичних, етнічних особливостей і традиції кожної держави, розвиненості системи місцевого управління, жорсткості зв'язків між рівнями управління. Можна виокремити кілька загальних напрямів: перегляд кількості та розмірів адміністративно-територіальних одиниць, перерозподіл функцій і повноважень між рівнями управління, професіоналізація служб місцевого управління [11].

На даний час процес формування громад в Україні проходить здебільшого стихійно, без залучення результатів наукових досліджень та урахування висновків експертів. У результаті новостворені територіальні громади істотно різняться між собою за головними топологічними параметрами – розмірами території та кількістю населення, а також характеризуються значними регіональними відмінностями власних доходів і дотаційності бюджетів.

У разі укрупнення територіальних одиниць примусовим методом доцільно застосовувати заходи щодо пом'якшення реалізації реформи. В їх якості можуть передбачатися:

1. Часова адаптація. Перетворення займають досить тривалий проміжок часу. Так, реформування у Польщі первісно розраховувалося на 20 – 30 років, в Литві, Латвії, Фінляндії воно фактичне зайняло 15 – 16 років.

2. Поступовість. Вимагає ретельної підготовки, вивчення стану адміністративних територій.

3. Широке врахування думки населення. Установлюється необхідність проведення місцевих референдумів, соціологічних опитувань не лише під час перетворень, але й при опрацюванні концепції реформи, залучення громадськості, представників органів місцевого самоврядування до складу спеціальних органів з опрацювання та реалізації реформи.

4. Установлення критеріїв для створення нових адміністративно-територіальних одиниць без зазначення кількісних та якісних характеристик, можливість застосування індивідуального підходу до кожного регіону.

5. Можливість обрання способу укрупнення: об'єднання муніципалітетів або встановлення міжмуніципального співробітництва [12].

Ці механізми, з одного боку, пом'якшують процес реформ, з іншого – дуже часто призводять до його уповільнення і, як наслідок, необхідності застосування більш жорстких, адміністративних заходів.

Метою адміністративно-територіальних реформ повинно бути підвищення ефективності надання послуг населенню та наближення влади до людей.

Реформи мають здійснюватися комплексно на основі науково обгрунтованих, достовірних програм з урахуванням зарубіжного досвіду, власних помилок минулих років, особливостей та потенціалу регіонів.

Більш ефективними адміністративно-територіальними реформами є ті, які ініціювалися безпосередньо громадами, а не нав'язувалися "згори". Та навіть якщо має місце державна ініціатива, перетворенням мають передувати широке обговорення та врахування суспільної думки.

Більш доцільним є добровільне об'єднання територіальних громад. Держава при цьому може його стимулювати, надаючи певні преференції.

Проблеми викликом для реформаторів є те, що у районах, де ОТГ утворено в межах усієї території, відбувається дублювання повноважень органів місцевого самоврядування ОТГ, районних рад та РДА. Там одночасно функціонують райдержадміністрація та райрада із відповідними видатками на їх утримання, а також виконавчі органи ОТГ із визначеними законодавством повноваженнями та фінансуванням. Відповідні райради, як правило, приймають рішення щодо грошової оцінки землі та перерозподілу трансфертів із держбюджету. Райдержадміністрації також позбавлені переважної більшості повноважень, які за законом виконуються виконавчими органами ради ОТГ.

Однією з проблем, що виникають при реорганізації територіальних громад є проблема забезпечення реальної спроможності новостворених об'єднаних громад відповідної адміністративно-територіальної одиниці.

Ключовим моментом тут виявляється наявність відповідних кадрових ресурсів, фінансового забезпечення та розвитку інфраструктури.

Фактично, у процесі створення об'єднаних територіальних громад можна виділити три види фінансової спроможності.

- по-перше, це потенціальна чи розрахункова спроможність, якою мають володіти громади, визначені такими відповідно до перспективного плану;

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

- по-друге, це спроможність, яка юридично визнається Кабінетом Міністрів України відповідно до статті 9 Закону України "Про добровільне об’єднання територіальних громад";

- по-третє, це реальна спроможність, яка визначається вже після того, як об’єднана територіальна громада сформована і показує певні результати діяльності.

Практика показує, що потенціальна, юридично визнана та реальна спроможність збігаються, як правило, тільки для ОТГ, утворених навколо населених пунктів, які є районними центрами.

Натомість створення сільських об’єднаних територіальних громад навколо населених пунктів, які не мали статусу адміністративних центрів, одразу викликає проблему якісного кадрового забезпечення органів місцевого самоврядування. При цьому виникає потреба у таких кадрах, які б були здатні працювати в умовах розширення повноважень місцевого самоврядування і вирішувати завдання, які раніше не були притаманні місцевому самоврядуванню.

Якщо обсяг фінансових ресурсів чи стан об’єктів інфраструктури може бути заздалегідь прорахований, то формування кадрових управлінських ресурсів у сільській місцевості є фактично непередбачуваним процесом. Натомість сильна управлінська команда є значною мірою запорукою успіху громади [13].

Певні успішні кроки на шляху реформування публічної влади свідчать, що Україна обрала правильний напрямок, яким потрібно продовжувати рухатись. Однак без внесення відповідних змін до Конституції України щодо децентралізації завершити реформу та досягти європейського розвитку нашої країни буде неможливо. Зокрема, потрібно на конституційному рівні закріпити статус об’єднаної територіальної громади (ОТГ), привести у відповідність систему органів державної виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, узгодити їхні функції та повноваження, дотримуючись принципу субсидіарності та уникнувши дублювання.

Повноцінне впровадження реформи органів місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні можливе тільки у разі внесення відповідних змін до Конституції України, яке планувалось здійснити ще до кінця 2014 року. Внесення змін дозволить зафіксувати п’ять ключових положень:

- адміністративно-територіальний устрій поділяється на три ланки: громада, район, регіон. Це забезпечить основу для організації влади.

- право районних та обласних рад створювати власні виконавчі органи. Це забезпечить інституційну спроможність субрегіонального та регіонального рівня.

- зміну статусу місцевих адміністрацій. Це забезпечить збалансований перерозподіл повноважень.

- закріплення матеріальної і фінансової основи діяльності місцевого самоврядування. Це забезпечить гарантію на ресурси.

- введення інституту префекта. Це забезпечить контроль за діяльністю рад з боку держави.

Вивчення досвіду зарубіжних країн дозволяє виокремити наступні напрямки вдосконалення процесу децентралізації в Україні:

1) розмежування повноважень, прав та обов’язків різних рівнів влади відповідно до сутності демократичної держави, що дають змогу досягти балансу інтересів у системі публічних відносин;

2) розробка та реалізація регіональної політики спрямованої на забезпечення рівномірного місцевого і регіонального розвитку;

3) забезпечення реалізації принципу субсидіарності як способу подолання конфлікту інтересів між місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування;

4) забезпечення розширення прав територіальних громад щодо вирішення проблем їх життєзабезпечення;

5) проведення бюджетної реформи з урахуванням державних та місцевих інтересів [14].

На основі впровадження перших кроків процесу децентралізації в Україні, з урахуванням міжнародного досвіду та вітчизняних реалій для вирішення питання щодо забезпечення фінансової спроможності територіальних громад пропонується розвиток селищ міського типу та сіл навколо великих міст шляхом забезпечення робочих місць для молоді, розвитку інфраструктури, сприяння залученню інвестицій для реалізації перспективних інноваційних проектів, що дозволить підвищити їх конкурентоспроможність, а тим самим і фінансову спроможність [15].

Висновки

Таким чином, на сьогодні проблема реалізації стратегічного вибору України залишається досить складним завданням не лише на фоні зовнішньополітичного становища держави, а й через проблеми під час впровадження реформ внутрішньополітичного спрямування. Незважаючи на врахування досвіду інших країн щодо децентралізації, це поняття й досі залишається незрозумілим для більшості українців, адже впровадження такої системи за кордоном обумовлене історичним досвідом з урахуванням специфіки становлення та розвитку конкретної держави, тому запозичення певної моделі не гарантує досягнення успіху під час її впровадження в Україні.

Внесення змін до Конституції сьогодні є головною умовою імплементації норм Європейської хартії місцевого самоврядування. Повноцінне самоврядування повинно бути забезпечене на всіх рівнях. Без цього не можливо ефективно продовжувати процес децентралізації, відкрити другий етап реформ, забезпечити створення виконавчих комітетів, уникнути дублювання повноважень влади в регіонах, ввести інститут контролю за законністю прийняття рішень, який зараз називають префектурами.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Труднощі здійснення реформи децентралізації пов’язані не лише із потребою трансформації системи загалом, а й із наявністю можливих ризиків локального та загальнодержавного спрямування, причому формальне закріплення основ децентралізації потребує розробки чіткого механізму її використання на практиці, враховуючи різні рівні та види цього поняття (горизонтальну та вертикальну, політичну, соціально-економічну, екологічну децентралізацію тощо). Деякі організаційно-правові механізми, наприклад, фіскальні правила, можуть, в принципі, допомогти подолати проблеми координації між рівнями влади, підвищити фіскальну дисципліну шляхом виправлення стимулів, підвищення відповідальності та закріплення очікувань економічних агентів.

Вивчення міжнародного досвіду децентралізації показало, що Україні необхідно розробити концепцію впровадження децентралізації державної влади, яка стане підґрунтям для впровадження і підготовки відповідних законів.

Основним напрямком впровадження міжнародного досвіду в Україні є подальше укрупнення територій із збільшенням рівня їх фінансової спроможності, що потребує вдосконалення організаційно-правового та фінансового механізмів реалізації даного процесу. Вивчення кращих міжнародних практик вказує на те, що реформа децентралізації повинна базуватись на добровільному укрупненні територій в об’єднані громади при наявності контролю з боку держави в рамках виконання покладених на неї функцій.

Список літератури

1. Carniti, E., Cerniglia, F., Longaretti, R., Michelangeli A. (2019), "Decentralization and economic growth in Europe: for whom the bell tolls", *Regional Studies*, Vol.53, Issue 6, P. 775–789. DOI: https://doi.org/ 10.1080/00343404.2018.1494382
2. Ahmad, E, Bordignon, M. and Brosio, G. (2016), *Multi-level finance and the Euro crisis. Causes and Effects*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA.
3. Молдован О. О. Бюджетна децентралізація: досвід ефективної реформи Словаччини для України. *Вісник Донецького національного університету*. 2010. № 3. С. 32.
4. Децентралізація влади на основі кращих іноземних практик та українських законодавчих ініціатив. URL : http://www.uiip.org.ua/wp-content/uploads/2015/05
5. Allain-Dupré, D. (2017), *Decentralisation trends in OECD countries: a comparative perspective for Ukrain*e, Presentation Regional Development Policy Division: OECD.
6. Нападовська Г. Ю. Міжнародний досвід формування та просторове впорядкування територіальних громад, 2017. URL : http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/123456789/3816/1/Napadovskaya_s%20%d0%93%d0%be%d0%bc%d0%b5%d0%bb%d1%8c.pdf
7. Kartashov E. G. European lessons of decentralization, Public management : collection. № 1 (11) January 2018. Kyiv : ДП "Видавничий дім "Персонал", 2018. P. 175-184.
8. Міжмуніципальне співробітництво: вітчизняний та зарубіжний досвід: Навчально-практичний посібник / За заг. редакцією Толкованова В.В., Журавля Т.В. Київ, Deutsche Gesellschaft fu..r Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, проект "Реформа управління на сході України", 2017. 202 с.
9. Лелеченко А. П., Васильєва О. І., Куйбіда В. С., Ткачук А. Ф. Місцеве самоврядування в умовах децентралізації повноважень : навч. посіб. Київ. 2017. 110 с.
10. Фонд "Демократичні ініціативи" імені Ілька Кучеріва. Громадська думка населення щодо реформи децентралізації. URL : https://dif.org.ua/article/detsentralizatsiya-dosyagnennya-i-problemi-otsinki-gromadyan
11. Escolano, J., Eyraud, L., Moreno B. M., Sarnes, J. and Tuladhar, A. (2012), "Fiscal Performance, Institutional Design and Decentralization in European Union Countries", IMF Working Papers, Vol. 12, DOI: https://doi.org/ 10.5089/9781463936464.001
12. Забейворота Т. В. Зарубіжний досвід упровадження адміністративно-територіальної реформи в умовах проведення децентралізації влади. *Зовнішня політика та національна безпека*. 2014. Вип. 3 (46). С. 251–257.
13. Створення об’єднаних територіальних громад в Україні 2015-2017: Аналітична доповідь від громадськості у форматі Shadow Report. 2018. URL : http://parlament.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/Detsentralizatsiya-v-Ukrai-ni-2014-2017-rr.pdf
14. Пігуль Н. В., Люта О. В. Зарубіжний досвід проведення децентралізацій них реформ. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016. Вип. 9. С. 685–689.
15. Агломерації, міжнародний досвід, тенденції, висновки для України. Аналітична записка. 2017. 136 с. URL : https://www.csi.org.ua/books/aglomeratsiyi-mizhnarodnyj-dosvid-tendentsiyi-vysnovky-dlya-ukrayiny-analitychna-zapyska/

References

1. Carniti, E., Cerniglia, F., Longaretti, R., Michelangeli A. (2019), "Decentralization and economic growth in Europe: for whom the bell tolls", *Regional Studies*, Vol. 53, Issue 6, P. 775–789. DOI: https://doi.org/ 10.1080/00343404.2018.1494382
2. Ahmad, E., Bordignon, M. and Brosio, G. (2016), *Multi-level finance and the Euro crisis. Causes and Effects*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA.
3. Moldovan, O. O. (2010), "Budget decentralization: experience of effective Slovak reform for Ukraine" ["Biudzhetna detsentralizatsiia: dosvid efektyvnoi reformy Slovachchyny dlia Ukrainy"], *Bulletin of Donetsk National University*, No. 3, P. 32.
4. Decentralization of power based on best foreign practices and Ukrainian legislative initiatives [Detsentralizatsiia vlady na osnovi krashchykh inozemnykh praktyk ta ukrainskykh zakonodavchykh initsiatyv], available at : http://www.uiip.org.ua/wp-content/uploads/2015/05
5. Allain-Dupré, D. (2017), *Decentralisation trends in OECD countries: a comparative perspective for Ukraine*, Presentation Regional Development Policy Division : OECD.
6. Napadovska, H. Yu. (2017), International experience of formation and spatial arrangement of territorial communities [Mizhnarodnyi dosvid formuvannia ta prostorove vporiadkuvannia terytorialnykh hromad], available at : http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/123456789/3816/1/Napadovskaya_s%20%d0%93%d0%be%d0%bc%d0%b5%d0%bb%d1%8c.pdf

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2524-2296 (online)*

7. Kartashov, E. G. (2018), *European lessons of decentralization*, *Public management* : collection, Kyiv, State enterprise "Editorial House "Personal", No. 1 (11), P. 175–184.
8. Tolkovanova, V. V., Zhuravel, T. V. (2017), Inter-municipal cooperation: domestic and foreign experience : Educational and practical manual [Mizhmunitsypalne spivrobitnytstvo: vitchyznianyi ta zarubizhnyi dosvid : Navchalno-praktychnyi posibnyk], Kyiv, Deutsche Gesellschaft fu..r Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, project "Reform of management at East of Ukraine", 202 p.
9. Lelechenko, A. P., Vasylieva, O. I., Kuibida, V. S., Tkachuk, A. F. (2017), Local self-government in the conditions of decentralization of authority : teaching. manual [Mistseve samovriaduvannia v umovakh detsentralizatsii povnovazhen : navch. posib.], Kyiv, 110 p.
10. Public opinion on decentralization reform [Hromadska dumka naselennia shchodo reformy detsentralizatsii], Fund "Democratic initiatives" by Ilko Kucheriv, available at : https://dif.org.ua/article/detsentralizatsiya-dosyagnennya-i-problemi-otsinki-gromadyan
11. Escolano, J., Eyraud, L., Moreno, B. M., Sarnes, J. and Tuladhar, A. (2012), Fiscal Performance, Institutional Design and Decentralization in European Union Countries, Vol. 12, IMF Working Papers, DOI: https://doi.org/10.5089/9781463936464.001
12. Zabeivorota, T. V. (2014), "Foreign experience in implementing administrative and territorial reform in the context of decentralization of power" ["Zarubizhnyi dosvid uprovadzhennia administratyvno-terytorialnoi reformy v umovakh provedennia detsentralizatsii vlady"], *Foreign policy and national security*, Issue 3 (46), P. 251–257.
13. Creation of united territorial communities in Ukraine for 2015-2017: Analytical report from the public in the format of the Shadow Report [Stvorennia obiednanykh terytorialnykh hromad v Ukraini 2015-2017: Analitychna dopovid vid hromadskosti u formati Shadow Report] (2018), available at : http://parlament.org.ua/wp-content/uploads/2018/04/Detsentralizatsiya-v-Ukrai-ni-2014-2017-rr.pdf
14. Pihul, N. V., Liuta, O. V. (2016), Foreign experience of decentralization reforms [Zarubizhnyi dosvid provedennia detsentralizatsii nykh reform], Global and national problems of the economy, Issue 9, P. 685-689.
15. Agglomeration, international experience, trends, conclusions for Ukraine. Analytical note [Ahlomeratsii, mizhnarodnyi dosvid, tendentsii, vysnovky dlia Ukrainy. Analitychna zapyska] (2017), available at : https://www.csi.org.ua/books/aglomeratsiyi-mizhnarodnyj-dosvid-tendentsiyi-vysnovky-dlya-ukrayiny-analitychna-zapyska/

Надійшла (Received) 23.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бібік Наталя Валеріївна – кандидат економічних наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри економіки підприємств, бізнес адміністрування та регіонального розвитку, Харків, Україна; e-mail: nvbibik@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0924-6763.

Бибик Наталья Валерьевна – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, доцент кафедры экономики предприятия, бизнес администрирования и регионального развития, Харьков, Украина.

Bibik Natalya – PhD (Economics Sciences), O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Associate Professor of the Department of Economics of Enterprise, Business Administration and Regional Development, Kharkiv, Ukraine.

Шаповал Галина Миколаївна – кандидат економічних наук, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, доцент кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: galia198@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8098-2240.

Шаповал Галина Николаевна – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, доцент кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

Shapoval Galyna – PhD (Economics Sciences), O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Associate Professor of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Auditing, Kharkiv, Ukraine.

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБЩИН И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ЕГО ВНЕДРЕНИЯ В УКРАИНЕ

Предметом исследования является процесс развития территориальных общин европейских стран и перспективы внедрения лучшего международного опыта на территории Украины. **Целью** статьи является изучение и обобщение опыта европейских стран по развитию территориальных общин и внедрение децентрализованной системы управления, и определение направлений его внедрения в Украине. Основными **задачами** исследования являются: изучение опыта развитых европейских стран в развитии объединенных территориальных общин и разработка рекомендаций по основным направлениям внедрения международного опыта развития территориальных общин в Украине. **Методы**. При написании работы применялись такие общенаучные методы: теоретического обобщения, сравнительного анализа, графический, аналитический, анализа и синтеза. **Результаты**. Изучен опыт Европейских стран по развитию объединенных территориальных общин, определены основные направления совершенствования данного процесса в Украине с учетом международного опыта. **Выводы**. Таким образом, на сегодняшний день проблема реализации стратегического выбора Украины остается достаточно сложной задачей не только на фоне внешнеполитического положения страны, но и из-за проблем при внедрении реформ внутриполитического направления. Несмотря на учет опыта других стран по децентрализации, это понятие до сих пор остается непонятным для большинства украинский, ведь внедрение такой системы за рубежом обусловлено историческим опытом с учетом специфики становления и развития конкретного государства, так заимствования определенной модели не гарантирует достижения успеха во время ее внедрения в Украине. Трудности осуществления реформы децентрализации связаны не только с необходимостью трансформации системы в целом, но и с наличием возможных рисков локального и общегосударственного направления, причем формальное закрепление основ децентрализации требует разработки четкого механизма ее использования на практике, учитывая различные уровни и виды этого понятия (горизонтальную и вертикальную, политическую, социально-экономическую, экологическую децентрализацию и т.д.). Изучение международного опыта децентрализации показало, что Украине необходимо разработать концепцию внедрения децентрализации государственной власти, которая станет основой для внедрения и подготовки соответствующих законов. Основным направлением внедрения международного опыта в Украине является дальнейшее укрупнение территорий с увеличением уровня их финансовой состоятельности, что требует совершенствования организационно-правового и финансового механизмов реализации данного процесса. Изучение лучших международных практик указывает на то, что реформа децентрализации должна базироваться на добровольном укрупнении территорий в объединенные общины при наличии контроля со стороны государства в рамках выполнения возложенных на нее функций.

Ключевые слова: децентрализация; объединенные территориальные общины; укрупнение административно-территориальных единиц; реальная способность ОТГ; местное самоуправление.

AN ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL COMMUNITIES AND THE DETERMINATION OF THE DIRECTIONS OF ITS IMPLEMENTATION IN UKRAINE

The **subject** of the study is the process of development of the territorial communities of European countries and the prospects of introducing a better international experience on the territory of Ukraine. The **purpose** of the article is to study and generalize the experience of European countries regarding the development of territorial communities and the introduction of a decentralized management system and determine the directions of its implementation in Ukraine. The main **objectives** of the study are: studying the experience of developed European countries in the development of united territorial communities and developing recommendations on the main directions of implementation of international experience of the development of territorial communities in Ukraine. **Methods.** During the writing of the work, the following general scientific methods were used: theoretical generalization, comparative analysis, graphical, analytical, analysis and synthesis. **Results.** The experience of European countries regarding the development of the united territorial communities has been studied, the main directions of improvement of this process in Ukraine are determined taking into account international experience. **Conclusions.** Thus, today the problem of implementing a strategic choice of Ukraine remains a rather difficult task not only against the background of the foreign policy situation of the state but also because of problems during the implementation of reforms of the domestic policy direction. Notwithstanding the experience of other countries in terms of decentralization, this concept remains unclear for most Ukrainians, since the introduction of such a system abroad is due to historical experience, taking into account the specifics of the formation and development of a particular state, therefore the borrowing of a particular model does not guarantee success in its implementation in Ukraine. The difficulties of implementing the decentralization reform are not only related to the need to transform the system as a whole but also to the availability of possible risks for local and national government, and the formal consolidation of the foundations of decentralization requires the development of a clear mechanism for its use in practice, taking into account different levels and types of this concept (horizontal and vertical, political, socio-economic, ecological decentralization, etc.). The study of international experience of decentralization has shown that Ukraine needs to develop a concept for the introduction of decentralization of state power, which will become the basis for the implementation and preparation of relevant laws. The main direction of implementation of international experience in Ukraine is the further consolidation of territories with the increase of their financial capacity, which requires improvement of organizational and legal and financial mechanisms for the implementation of this process. The study of the best international practices indicates that decentralization reform should be based on the voluntary consolidation of territories in the united community in the presence of state control in the framework of the fulfillment of its functions.

Keywords: decentralization; united territorial communities; consolidation of administrative-territorial units; real capacity of UTC; local self-government.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Бібік Н. В., Шаповал Г. М. Аналіз міжнародного досвіду розвитку територіальних громад та визначення напрямків його впровадження в Україні. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 5–14. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.005.

Bibik, N., Shapoval, G. (2019), "An analysis of international experience of the development of territorial communities and the determination of the directions of its implementation in Ukraine", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 5–14. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.005.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

UDC 658.012 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015

S. BUSHUYEV, D. BUSHUIEV, B. KOZYR

DEVELOPMENT PROJECT MANAGEMENT CAPABILITY OF THE INFRASTRUCTURE PROGRAM. CHERNOBYL CASE

The Project Management methodology became one of the bases for the development of the ChNPP. The **subject** of research is the process of development the project management capability for infrastructure program based on the Chernobyl case. **Objective**: to develop and apply a tool for development key competence as the organization capability for managing infrastructure program using Chernobyl NPP experience. **Tasks**: to analyze the historical facts, factors influencing the organizational competence and the possibility of introducing key competence in the organization‘s activities, to obtain a general algorithm for the development project management capability. Research methods: historical analysis, logical generalization, analysis and synthesis, structural analysis. **Results**: The article considers the key competence of the organization as the main component of the management capability of the complex program the company implements. The facts given above say that the activity which is carried out on a platform of the Chernobyl NPP, in many aspects is innovative and at creation on the Chernobyl NPP of an effective Knowledge Management System of project implementation experience, this knowledge can be applied as the professional development of acting project managers of the ChNPP (for example, to development of target courses), and to transfer of the accumulated experience (through realization of the benchmarking mechanism) to external costumers. The weighed system approach to Knowledge management according to the Methodology of project management can not only render invaluable service to system of preparation of the personnel of the NPP, but also to promote definition of possible ways of collecting, storage and commercial realization of intangible assets of the **Conclusions**: The state-owned enterprise ChNPP stands at the border of a radical reorganization, when project-oriented business management is implemented alongside the existing standard organizational structure of business management. The activities at the Chernobyl NPP site are in many respects innovative and must be taken into account when organizing work. In order to create an effective project management system, the professional knowledge of the existing Chernobyl NPP project managers must be applied, and the accumulated experience (through the implementation of the benchmarking mechanism) to external customers must be transferred. A weighted systemic approach to knowledge management in accordance with the project management methodology can not only provide an invaluable service to the NPP personnel training system, but also help to identify possible ways of collecting, storing and selling intangible assets.

Keywords: diversification; unique experience; management of knowledge; innovations; project-oriented business management; project management methodology; benchmarking.

Introduction

In a competitive world the organisation need to meet the high expectations of their stakeholders regarding the management of projects, programmes and project portfolios (PP&PM). Therefore, it is crucial for organisations to know their actual competence and capability status with the areas for improvement. Based on these findings an organisation can continuously improve and develop its competence for managing of projects, programmes and project portfolios.

The International Project Management Association (IPMA®), a leader in project management competence certification, offers a wide range of beneficial services for individuals, projects, and organisations. IPMA offers the Certification in the domains project, programme and portfolio management, as well as the IPMA Project Excellence Award® which annually honours project teams that achieve top performance worldwide [1].

On June 12–14, 2013 on construction site of object "Shelter" of the ChNPP the next (second) lifting of east section of the New Safe Confinement (further NSC), Arch is executed, then its general height reached 85 meters. It is one of six planned operations of lifting of large metalwork of NSC (3 lifting on each of Arch sections: east and western). On April, 26, 2012 building of a new shelter began above the 4th blasted power unit of the NPP. New protective building is the arched construction with a 257,4 meter flight, 108,4 meter high and 150 meter long. An object is counted on 100 years of operation and will give the chance to carry out extraction of fuel-bearing materials and their conditioning for the subsequent safe storage. Conditioning – process at which the steady firm form of the waste suitable for temporary storage and burial is created. It was starting point of development project management capability and competence for this infrastructure program.

Less than 2 years ago on an assembly site of the Arch wasn't delivered any metal construction. For comparison, we will look at the photo of this site in November, 2011. Financing of works on the international project (the plan of implementation of measures on "Shelter" object) is carried out at the expense of the donor countries of the international Chernobyl fund "Shelter" (ChFS).

For ensuring the completion of works on NSC creation in April, 2011 the European bank of reconstruction and development (ERDB) provided the help to the government of Ukraine in the organization of the international conference on fund raising for a covering of missing financing of projects of Chernobyl fund "Shelter" and "Account of nuclear safety". As a whole, construction of an arch of a new sarcophagus on the ChNPP will cost about 1 billion euro. New Safe Confinement is shown on fig. 1.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Fig. 1. Final view of NSC

A historical analysis of the program

In 80th years of the XX century – Chernobyl NPP is the most powerful nuclear power plant in the USSR [1]. According to the strategic development plans of power industry of the Soviet Union, the ChNPP had to become the largest nuclear power plant in the world and consist of six power units with an electric power of 1000 MWt everyone (on 3200 MWt of thermal power correspondingly). During accident of 1986, construction of 2 new power units was stopped.

Reactor explosion on the 4th power unit of the Chernobyl NPP on April 26, 1986 made the correction in strategic plans of the Soviet energetics. As a result of accident there was an emission of a huge amount of radioactive materials in environment. About 600 thousand people participated in elimination of consequences of the largest accident in the history of nuclear power, 200 thousand people were evacuated and moved, health of 1,7 million people is undermined. The quantity of the death connected with Chernobyl accident, including died from cancer years later, in official sources of information is estimated at 125 thousand people.

In 1986 in only six months, in difficult radiation conditions, scientists and experts of the former Soviet Union designed and constructed a protective cover for the breakdown reactor, called later officially "Shelter" object and received the historical name – "Sarcophagus".

Implementation of design decisions during construction of "Shelter" object in a difficult radiation situation demanded performance of a complex of organizational and technical actions for ensuring radiation protection of the personnel. Practical realization of the fundamental principles of radiation safety when carrying out dangerous works was reliably supported with the most strict discipline and quickly developed and put into operation instructions and regulations of performance of all radiation-hazardous works. In 1994 the world community in the person of leaders of "the big seven" and the European Union addressed to Ukraine with the offer to stop an operating Chernobyl NPP. In 1995 the Memorandum of understanding in which Ukraine undertook to stop power units of the Chernobyl NPP in 2000 was signed.

On December 15, 2000 Ukraine fulfilled the obligations for the termination of operation of "Chernobyl" power units and finally stopped the last working 3rd power unit of the ChNPP. For this moment were absent – the project of removal from operation of ChNPP which according to norms had to be approved in 5 years before to station stop, and also Fund of removal from operation. The initial view of construction site is shown of the fig. 2.

Fig. 2. Platform for Arch assembly, November 2011

On June 15, 2001 – the State specialized enterprise "Chernobyl NPP" (SSE ChNPP) - the enterprise for removal from operation of power units of nuclear stations and to transformation of "Shelter" object into ecologically safe system was registered [2].

Main tasks of SSE ChNPP were defined as:

- the safe operation of nuclear facilities, facilities for radioactive waste operation and other equipment of nuclear power plants;
- safe removal from operation of the first, second and third power units of the Chernobyl NPP and nuclear power plants of Ukraine;
- transformation of "Shelter" object to ecologically safe system;
- safety assurance due to the radioactive waste operation, which has been accumulated at an industrial site of this NPP and zone of alienation of the Chernobyl NPP, and also which are formed at removal from operation and during transformation of "Shelter" object to ecologically safe system;
- ensure the safe handling of spent nuclear fuel of the Chernobyl nuclear power plant;
- construction and operation of objects of the infrastructure necessary for removal of the Chernobyl NPP from operation and transformation of "Shelter" object into ecologically safe system;
- preparation and professional development of personnel;
- environmental monitoring of surrounding habitat in a zone of an arrangement of the Chernobyl NPP;
- development of technologies, accumulation and use of scientific and technical experience concerning removal of nuclear installations from operation, overcoming of consequences of beyond design basis accident, and also construction and use of storages for temporary and long-term storage of radioactive waste;
- organization, coordination and performance of scientific applied researches, introduction of scientific and technical and other development, establishment of communications with scientific institutions, including foreign;
- participation in coordinating of works and implementation of the international projects connected

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

with removal from operation of the Chernobyl NPP and transformation of "Shelter" object into ecologically safe system.

In 2001-2003 transition from functions and structure of the Chernobyl nuclear power plant to the specialized enterprise for removal of power units of nuclear stations from operation and to transformation of "Shelter" object into ecologically safe system was carried out. It allowed to solve problems of increase of safety of the Chernobyl NPP more effectively.

On March 22, 2002 the State committee of nuclear regulation of Ukraine gave to SSE ChNPP the license for removal from operation of the Chernobyl NPP. Earlier, the license for "Shelter" object operation and its transformation to ecologically safe system on December 30, 2001 was obtained.

In parallel with problems of removal from operation of power units of the ChNPP works on increase of safety of "Shelter" object were performed.

Within the TACIS project "Chernobyl power unit 4. Short-term and long-term actions – Actions 2 + 4" in 1996 was developed "The recommended course of actions" in which offered to develop potential short-term and long-term actions and a complex of prime measures for transformation of "Shelter" object into ecologically safe system. According to this document approved by the decision of the Interdepartmental commission on the complex solution of problems of the Chernobyl NPP from March 12, 2001, transformation of "Shelter" object into ecologically safe system is reached by realization of three main stages:

Stage 1: stabilization of a condition of existing object, increase of operational reliability and durability of structures and systems which provide stabilization and control of indicators of safety of "Shelter". The stage – is executed.

Stage 2: creation of the additional protective barriers, first of all a new safe confinement that will provide necessary conditions for technical activity at a stage 3 and safety of the personnel, the population and environment, the preparatory technical work directed on development of technologies of extraction from SO of fuel-bearing materials (FBM) at a stage 3, infrastructure creation for the operation with RAW "Shelter" object. It is planned to finish a stage in 2015 (except readiness of infrastructure of the address with RAW of "Shelter" object).

Stage 3: extraction from OU of fuel-bearing materials and long existing RAW, their conditioning with the subsequent storage and burial in RAW storages according to existing standards, removal from operation of "Shelter" object.

Dismantling of unstable structures of the "Shelter" (almost all the major steel structures, except in places where localized fuel containing material (FCM) is planned to carry out till 2023.

However, work activities for transformation of "Shelter" object don't come to the end with it, there is still a problem of extraction of FCM. It is a problem of higher level both of complexity, and of expenses as by estimates of experts in "Shelter" object is concentrated over 150 tons of fuel of the destroyed reactor, about 5,5 tons of fresh and 15 tons of spent fuel. A significant amount yet not revealed fuel can be in blockages of the central hall of the destroyed power unit. All of this makes process of extraction of fuel-bearing masses by the most dose costly type of works and demands joint efforts of experts in the field of nuclear safety and radiation protection of all developed countries for the solution of this problem. In 1997, with the assistance of the European Commission, the United States, Ukraine, and a group of international experts at the meeting of the countries of the Big seven the Plan of implementation of actions for transformation of "Shelter" object into ecologically safe system (further SIP).

On September 17, 2007 the contract between SSE CHNPP and consortium NOVARKA formed by the leading French companies (VINCI Construction Grands Projets – 50% / Bouygues Travaux Publics – 50%) as "the turnkey project" which includes "Design, construction and NSC commissioning" is signed.

Formulation of the problems

The purpose of this article is to develop and apply organization development tools and key competencies for managing an infrastructure program based on the experience of the Chernobyl NPP.

To achieve this goal, the article must solve the following tasks:

- analyze the historical facts of the Chernobyl NPP design solutions;
- to analyze the factors affecting organizational competence and the possibility of introducing key competences in the organization's activities;
- construction of a generalized algorithm for developing project management potential. Research methods: historical analysis, logical generalization, analysis and synthesis, structural analysis.

Presentation of the main material

For development project management capability Ukrainian Project Management Association prepares and implemented training and couching program for the ChNPP Project Management Unit. As the reference model in this case was proposed to apply IPMA Delta for assessment of organisational competence (capability) in Project Management [2, 3].

One of the important problem which the Chernobyl NPP management has faced, there was an absence of personnel experience of removal from operation including, design activity management which affected on success of projects implementation on the Chernobyl NPP platform. This argument sounded more than once in the analysis of temporary failures during construction of objects of infrastructure of removal from operation.

Results of implementation of projects on a platform of the Chernobyl NPP more and more define success of performance of a complex of works on removal of power units of the ChNPP from operation and to transformation of "Shelter" object into ecologically safe system.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Introduction and development according to the international standards of Project and Program Management Methodology on the Chernobyl NPP, and specifically in Project Management Unit (further SIP-PMU), allows to operate projects realized on a platform of the Chernobyl NPP more effectively, including the project on creation of the New safe confinement [4,5].

In recent years the management of the State specialized enterprise "Chernobyl NPP" with support of the Ukrainian association of management (further UPMA) made big efforts for the professional development of the personnel of the ChNPP which taking direct part in implementation of projects on a site.

Below is a far from complete list of training and master classes on which were trained, both the personnel of SIP-PMU, and the personnel of the Customer (SSE CHNPP) is provided [6,7]:

- Seminar on the organization of documentation management in the NSC project.
- Project management master class of the professor, Dr.Sc. Bushuyev S. D.
- Seminar on Construction project management.
- Certification passing on competence of area of management of projects according to the international requirements of IPMA.
- Development and implementation of process approach in project quality management.
- Master class: «Organizational development of Engineering and Innovation projects and Programs based on Japanese companies experience», by professors Bushuyev S. D. and H. Tanaka (Japan) and others.

Training of specialists of the ChNPP in a Master program in the Kiev National University of Construction and Architecture on Project Management chair is organized. Only since 2009 more than 100 specialists of the ChNPP received second higher education – the master in the field of project and program management [8, 9].

During this time more than 30 experts of the Chernobyl NPP were certified by system of the International Project Management Association IPMA, two experts are certified by Japanese Project Management Association PMAJ.

Now for the Chernobyl Nuclear Power Station works:

3 certified consultants in the field of project management (IPMA® PMC);

5 certified top project managers (IPMA® Level B).

A noticeable step forward in increase of level of professional project management on site of the Chernobyl NPP was carrying out of certification procedures by the UPMA, Kiev with delivery on December 16, 2008 to the Chernobyl NPP of the certificate No. K.01.0018.2008 about assignment to SSE CHNPP of 1 level of a technological maturity in the field of professional project management. It is necessary to specify also that the contract organizations participating in implementation of projects on "Shelter" object, also developing in areas of professional project management (so JSC Yuzhteploenergomontazh (YuTEM) in 2008 was certified on the 3rd level of a technological maturity in the field of project management).

As a result of further development of methodology and procedure of national approach to certification of the companies in the field of project management, in 2008-2009, this approach was adapted by UPMA (in close cooperation with IPMA) under the international requirements and now is realized as the IPMA 4 LC standard within International Project Management Association (IPMA) which, certainly, raised level and practical value of participation in this procedure of the enterprises and the organizations practicing application of project and program management methodology in the activity [10 – 12].

An organisation capability is assessed against the criteria for the five IPMA Delta® Competence Classes (Initial, Defined, Standardised, Managed and Optimising). The size and complexity of the certified organisation is identified. It is not intended that all organisations aim for IPMA Delta Competence Class 5. The management of the organisation decides which of the five IPMA Delta Competence Classes they want to achieve (table 1).

Table 1. *Definition of Competence (capability) classes*

IPMA Delta® Competence Classes				
Class1: Initial	**Class 2: Defined**	**Class 3: Standardised**	**Class 4: Managed**	**Class 5: Optimising**
The achievements of Project Management are at a **personal level**. There are individuals who perform well, but performance is coincidental. The organisation has no formal PM standards, structures and processes in place.	There are partially defined PP&PM standards, structures and processes in place which are **partially applied** in the organisation.	There are fully defined PP&PM standards, structures and processes in place which are **mostly applied** throughout the organisation.	There are fully defined PP&PM standards, structures and processes in place which are **fully applied** throughout the organisation, which the Management actively controls.	There are fully defined PP&PM standards, structures and processes in place which are fully applied throughout the organisation, which the Management **actively controls and continuously develops.**

Certification of organisations competence (capability) in project management is one means of providing assurance that the certified organisation meets the requirements of the IPMA Delta Certification Scheme. Confidence in the respective certification scheme for the project, programme and portfolio management competence of organisations is achieved by means of a globally accepted process of assessment and periodic re-assessments of the competence of organisations that are certified [13, 16, 17].

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2522-9818 (print) ISSN 2524-2296 (online)

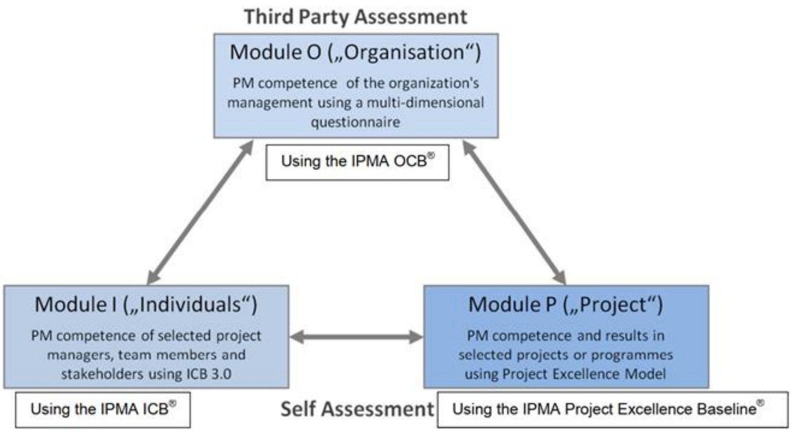


Fig. 3. IPMA Delta® Modules I, P and O

Module I shall be used as self-assessment for selected project managers, team members and other stakeholders.

With Module P, selected projects and programmes shall be evaluated in a self-assessment with regard to the application of project management and project results – through the eyes of the project manager and individual project team members.

Module O shall be for third party assessment only and is comprehensive. It serves the assessors as check list and documentation baseline for the on-site visit.

During the on-site visit the results of the self-assessments of module I and P shall be double-checked.

In each module the links to the other modules shall be cross-checked through defined questions, for example, one question in Module I shall be whether the organisation informs the individuals about its mission, vision and goals regarding PM [18].

Example of self-assessment according module Individual is presented on the table 2.

Example of self-assessment according module Projects is presented on the table 3.

Table 2. *Fragment of self-assessment module Individual according competence classes*

3	**Perspective**				
3.1	Strategy				
Purpose	To understand the strategy and strategic processes, thus enabling a certain management domain (project, programme or portfolio) to manage their project, program or portfolio within the contextual aspects.				
Score	1	2	3	4	5
3.2	Governance, structures and processes				
Purpose	To enable the individual to effectively participate in and manage the impact of governance, structures and processes on projects, programmes or portfolios.				
Score	1	2	3	4	5
3.3	Compliance, standards and regulations				
Purpose	To enable the individual to influence and manage the alignment of the relevant standards and regulations within the permanent organisation; the relevant sources of legislation and the standards and norms of both the organisation and the wider society and to improve the organisation’s approach to these areas.				
Score	1	2	3	4	5

Table 3. *Fragment of self-assessment module Projects according competence classes*

A	**People & Purpose**
A1	***Leadership & Values***
A1a	Role model for excellence
Question	Do the Leaders communicate and live up to their values, follow ethical standards and act as role models?
In practice, leaders of excellent projects: *• Are role models for integrity, social responsibility, ethical behaviour and the project excellence philosophy, both within the project and its environment and ensure the project team members adopt and live up to these values;* *• Promote the organisation’s values in the project;* *• Understand the concept of continuous improvement and champion its application in the project and beyond;* *• Actively seek feedback from different stakeholders to improve their leadership approach;* *• Regularly take time to reflect on their own role, behaviour and impact;* *• Review and improve the effectiveness of leadership behaviour including their own;* *• Strive for personal excellence by reviewing and improving their own competences;* *• Inspire project team members to strive for excellence in their behaviour and working methods, keeping in mind the objectives of the project;* *• Systematically integrate project team members into the continuous improvement process;* *• Foster innovation in the project and encourage project team members to do the same.*	

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Example of assessment Checklist according module Organisation is presented on the table 4.

Table 4. *Fragment of assessment according module Projects according competence classes*

Competence element	ID etc.	Question	Area to check
PP&P Mission, vision & strategy			
PP&P Mission, vision & strategy	S	Does the organisation have a PP&P mission, vision and strategy?	Check website, brochures, mission statements, PM Regulations and Guidelines, Handbook, long-term and medium-term development of the organization and its PP&Ps
PP&P Mission, vision & strategy	S	Are the PP&P mission, vision and strategy aligned with the organisation´s overall mission, vision and strategy?	Check relevance of PP&Ps for the organisation, kind and number of projects, directions of the top management. Compare PP&P mission, vision and strategy with overall mission, vision and strategy
PP&P Mission, vision & strategy	T	Does top management effectively communicate the PP&P mission, vision and strategy to all stakeholders and provide the necessary resources?	Check website, brochures, mission statements concerning products and services of the organisation and the corresponding PP&Ps

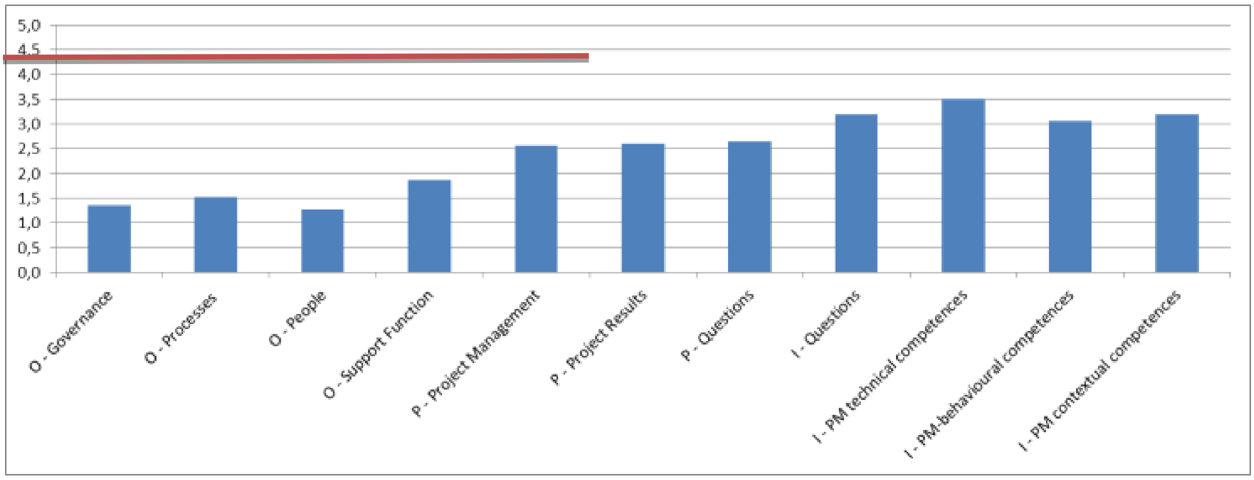


Fig. 4. Scoring of Competence (capability) assessment

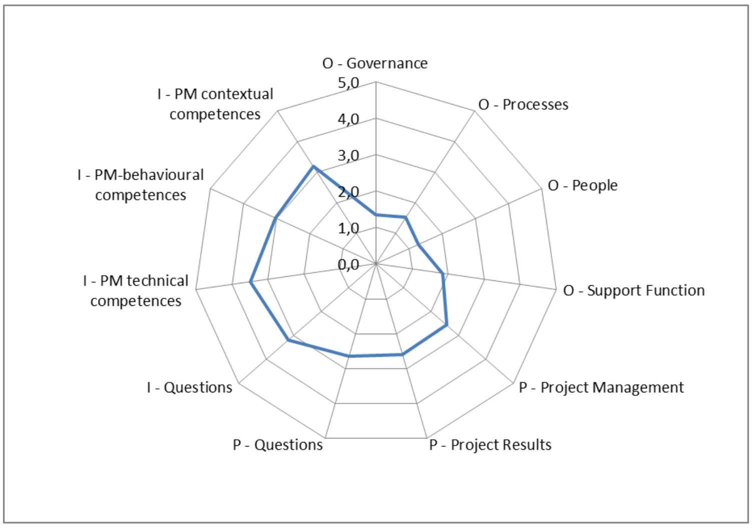


Fig. 5. Visualisation of Competence (capability) assessment

Basis of certified processes according to the IPMA Delta standard is "benchmarking" procedure (transfer of the best experience). In separate coordination with IPMA in December, 2009 on the Chernobyl NPP the Europe's first pilot certification of the enterprise according to IPMA requirements is carried out. At declared by SSE CHNPP 2nd class, by results of the carried-out certification the decision by assessors on delivery to SIP-PMU, of SSE CHNPP of the certificate of 3 class of a technological maturity in the field of professional project management in accordance to criteria of IPMA was made [15, 16].

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)


IPMA
CERTIFIED ORGANISATION

UPMA-Cert
Certification body

Certificate

This is to certify that

SIP-PMU Chernobyl NPP

has attained the required class of competence to be granted

Standardised
IPMA Class 3

for large size organizations in the construction sector
by UPMA-Cert
the Certification Body of the Ukrainian Project Management Association

using
the Regulations of UPMA-Cert and the ICB Version 3.0
as validated by the International Project Management Association (IPMA®).

This certification process was conducted in the English language.

AO.UA.3.2010.01
Certificate number

28th March 2015
Valid until

Kiev, 29th March 2010
Initial certification

For the Certification Body
Sergey Bushuyev

For the assessors
Reinhard Wagner

UPMA-Cert: ISO 9001:2000 certified No. UA.2.034715

Fig.6. IPMA certificate of organization competence

Results of this certification will be considered as "standard" for carrying out procedures of similar certifications at other enterprises of Ukraine and Europe.

Modern reality

Now at an industrial site of the Chernobyl NPP active work of creation of infrastructure of removal from operation and transformation of "Shelter" object is carried out, which in many aspects has innovative character.

For a past after final stops of power units of the ChNPP time are carried out basic changes of functions and personnel structure, a financial and economic and production activity, fixed assets of the enterprise.

It is necessary to consider also that after accident of 1986 the collective of the Chernobyl NPP was considerably updated. More and more skilled experts leave from the Chernobyl NPP on age or on a state of health. Less workers, direct participants of creation of the Sarcophagus ("Shelter" object) work at the Chernobyl NPP. The extensive experience for which it is paid by health and lives of liquidators of accident is lost.

At the time of a final stop of power units at the Chernobyl NPP worked 9051 persons (in 1996 – 1997 number was about 12000 people). In April, 2013 the number of employees of the ChNPP is 2764 persons.

Typical for the majority of construction projects the tendency on "extension" of the schedule of the project, wasn't an exception and for the objects erected on a platform of the Chernobyl NPP. So, at construction of "dry" Storage of the Fulfilled Nuclear Fuel (HOYaT-2) which is one of important objects of infrastructure of removal from operation of ChNPP, postponement is:

- 2003 – 2005 – 2013 – 2016.

Similar picture and with New Safe Confinement (NSC) commissioning:

- 1998 – 2005 – 2010 – 2012 – 2015.

However now there is a confidence that the situation with the NSC project is absolutely changed, the project passed to a "visible" final stage [11, 14].

This also was noted during visit of the Chernobyl NPP on June 4, 2013 by representatives of the investor countries of the Account of nuclear safety and Chernobyl fund "Shelter", and also technical advisers of Board of directors and representatives of Department of nuclear safety of the European bank of reconstruction and development. Guests visited directly a site of assembly of the Arch.

Uniqueness of work performance

Let's consider the main problems which are solved now by the personnel of the Chernobyl NPP.

In the Statute of the Chernobyl NPP one of the purposes of creation of the State specialized enterprise is defined as task realization of a problem of removal from operation of the Chernobyl NPP and other nuclear stations of Ukraine. The ChNPP – the first nuclear station which is laid off in Ukraine, and considering the volume (at the same time removal from operation is carried out on three RBMK-1000 power units) and work conditions (existence on a platform of 1986 of the fourth power unit destroyed by beyond design basis failure), experiment on the organization of carrying out these works is demanded for power industry of Ukraine and other countries where RBMK reactors (Russia, Lithuania) are operated or laid off.

Since 1986, activity on a site of the Chernobyl NPP is under close attention of world science and the public. Numerous international scientific and public forums and conferences are held. On "Chernobyl subjects" a large number of theses is protected and many scientific works are written. It is removed a lot of art, documentary and educational films. Numerous excursions in the Chernobyl

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

zone of alienation and on the Chernobyl NPP are annually organized.

In 2000 Ukraine declared an innovative way of development. There were developed national programs and infrastructure which had to support innovations. It is obvious that realization of strategy of innovative development demands transfer of the best experience of the leading countries in this field. Regarding to this experience of Japanese companies is seems to be interesting. So, in accordance to developed by Japanese project management association (PMAJ) system of knowledge of P2M for management of innovative projects and programs, two of five components of strategy of new economic recovery of the organizations, enterprises and the country as a whole are defined as "intellectual potential (technologies and intellectual property)" and "knowledge (ability of management creatively to use various resources)".

Let's define assets which the personnel of the Chernobyl NPP, the people of Ukraine, the world community by results of activity on a platform of the Chernobyl NPP have:

1. Brand known for the whole world – "Chernobyl NPP". It isn't required to spend considerable money for its advertising. It is necessary to give to it new sounding, not "a source of the largest in the world of a technogenic catastrophe", but "a source of advanced technologies, the rich saved up experience and skilled competent staff".

2. On a site of the ChNPP unique for the whole world works on implementation of the Plan of implementation of actions on "Shelter" object are performed.

3. On a site of the Chernobyl Nuclear Power Station are carried out unique for power industry of Ukraine (Russia, Lithuania) works on simultaneous removal from operation of three channel reactors of big power.

Conclusion

The historical facts and factors affecting organizational competence and the possibility of key competence in the organization were analyzed. P key competence of the organization is considered as the main component of the management ability of the integrated program that the company implements.

These facts indicate that the activities carried out at the site of the Chernobyl nuclear power plant are innovative. In order to create an effective project management system, the professional knowledge of the existing Chernobyl NPP project managers must be applied, and the accumulated experience (through the implementation of the benchmarking mechanism) to external customers must be transferred. A weighted systemic approach to knowledge management in accordance with the project management methodology can not only provide an invaluable service to the NPP personnel training system but also help identify possible ways of collecting, storing and selling intangible assets.

The introduction and development of international standards and methodologies for managing projects and programs make it possible to make a more effectively manage projects implemented on the platform of the Chernobyl NPP, including the project to create new safe confinement.

To increase the level of professional project management at the Chernobyl accident site, UPMA certification procedures have been developed. An example of an organization’s self-assessment by competency levels is given. Certification of an organization’s competence in project management has been one way to ensure that a certified organization meets the requirements of the IPMA Delta certification scheme.

References

1. Bushuyev, S. D., Molokanova, V. M. (2017), "Formalization of the method of taking into account value memes in the development portfolios of organizations and ICTs - tools for its implementation" ["Formalizatsiya metodu vrakhuvannya tsinnisnykh memiv u portfelyakh rozvytku orhanizatsiy ta YKT – instrumentiv yoho realizatsiyi"], *Information Technologies and Learning Tools*, Vol. 62, No. 6. P. 1–15.
2. *Individual competence baseline for Project, Programme and Portfolio management (IPMA ICB)* (2017), IPMA. Version 4.0, 431 p.
3. *IPMA Organisational Competence Baseline (IPMA OCB)* (2013), IPMA, 67 p.
4. Bushuyev, S., Bushuyeva, N., Babaev, I. and etc. (2010), *Creative technologies of project and program management*: "Summit-Book", 768 p.
5. Bushuyev, S., Wagner, R. (2014), "IPMA Delta and IPMA Organisational Competence Baseline (OCB): New approaches in the field of project management maturity", *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 7, Issue 2, P. 302–310.
6. Bushuyev, S. (2015), "Development of innovation methods and models of project management on the basis of convergence", *Managing the development of complex systems*, No. 23, P. 30–37.
7. Kovi, S. (2007), *7 skills of highly effective people*: Powerful personal development tools for Alpina Business Books, 375 p.
8. Bushuyev, S., Bushuyev, D., Yaroshenko, R., (2017), "Deformation field of competence in innovative projects", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management*, No. 2 (1224), P. 3–7. DOI: https://doi.org/10.20998/2413-3000.2017.1224.1
9. Bushuyev, S., Kharitonov, D., Rogozina, V., (2012), "Organizational Pathologies of Project Management" ["Organizatsionnyye patologii upravleniya proyektami"], *Management rozvitkom folding systems number*, No. 10, P. 5–8.
10. Kerzner, H. (1998), *In search of excellence in Project Management*, VNB, 274 p.
11. Guariano, N., Giaretta, P. (1995), "Ontologies and Knowledge Bases. Towards a Terminological Clarification", *Towards Very Large Knowledge Bases : Knowledge Building and Knowledge Sharing*, Amsterdam : IOS Press, P. 25–32.
12. Lytvynenko, D., Dorokhina, A., Artiukh, R. (2019), "Analyzing the interests and interaction of the participants of a transport system development project", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 69–74. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.069

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

13. Chernova, L., Mazurkevych, O., Chernova, L. (2018), "The model of assessing the general intensity of resistance to changes in an organization", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (6), P. 77–83. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.077
14. Gruber, T. (1995), "Towards principles for the design of Ontologies used for knowledge sharing", *International Journal of Human-Computer Studies*, No. 43 (5/6), P. 907–928.
15. Kerzner, H. (2001), *Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model*, John Wiley & Sons Inc, 256 p.
16. Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H. (2005), *Visualizing Project Management, 3rd edition*, John Wiley and Sons, New York, NY, P. 108–116, 242–248, 341–360.
17. Slivotsky, A. (2006), *Migration of Value* [*Migratsiya tsennosti*], Mann, Ivanov and Ferber, 432 p.

Received 24.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бушуєв Сергій Дмитрович – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри управління проектами, Київ, Україна; e-mail: SBushuyev@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7815-8129.

Бушуев Сергей Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, заведующий кафедрой управления проектами, Киев, Украина

Bushuyev Sergey – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Kiev National University of Construction and Architecture, Head of the Department of Project Management, Kyiv, Ukraine.

Бушуєв Денис Антонович – кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри інформаційних технологій, Київ, Україна; e-mail: BushuyevD@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5340-5165.

Бушуев Денис Антонович – кандидат технических наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры информационных технологий, Киев, Украина.

Bushuiev Denis – PhD (Engineering Sciences), Kiev National University of Construction and Architecture, Associate Professor of the Department of Information Technology, Kyiv, Ukraine.

Козир Борис Юрієвич – кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри управління проектами, Київ, Україна; e-mail: KozyrB@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3400-4571.

Козырь Борис Юрьевич – кандидат технических наук, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, доцент кафедры управления проектами, Киев, Украина.

Kozyr Boris – PhD (Engineering Sciences), Kiev National University of Construction and Architecture, Associate Professor of the Department of Information Technology, Kyiv, Ukraine.

РОЗВИТОК ПОТЕНЦІАЛУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПРОГРАМ. ЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ КЕЙС

Методологія управління проектами стала однією з основ потенціалу розвитку ЧАЕС. **Предметом** дослідження є процес розробки потенціалу управління проектами інфраструктурної програми на основі Чорнобильського кейсу. **Мета**: розробити та застосувати інструмент розвитку потенціалу на основі ключових компетенцій організації для управління інфраструктурною програмою з використанням світового досвіту та досвіду Чорнобильської АЕС. **Завдання**: проаналізувати історичні факти, фактори, що впливають на організаційну компетентність і можливість ввести ключову компетенцію в діяльності організації, отримати загальний алгоритм розвитку потенціалу управління проектами. **Методи** дослідження: історичний аналіз, логічне узагальнення, аналіз і синтез, структурний аналіз. **Результати**: розглядається ключова компетенція організації як основний компонент управлінської спроможності комплексної програми, яку реалізує компанія. Наведені факти говорять про те, що діяльність, що здійснюється на майданчику Чорнобильської АЕС, багато в чому є інноваційною і при створенні на Чорнобильській АЕС ефективної системи управління знаннями досвіду реалізації проекту, ці знання можуть бути застосовані як до професійний розвиток діючих керівників проектів ЧАЕС (наприклад, розробка цільових курсів), а також передача накопиченого досвіду (через реалізацію механізму бенчмаркінгу) зовнішнім клієнтам. Зважений системний підхід до управління знаннями відповідно до Методології управління проектами може не тільки надати неоціненну послугу системі підготовки персоналу АЕС, але й сприяти визначенню можливих шляхів збору, зберігання та комерційної реалізації нематеріальних активів. **Висновки**: Державне підприємство ЧАЕС стоїть на кордоні радикальної реорганізації, коли поруч із існуючою стандартної організаційною структурою управління бізнесом реалізується проектно-орієнтоване управління бізнесом. Діяльність на майданчику Чорнобильської АЕС у багатьох відношеннях є інноваційною і її необхідно враховувати при організації робіт. Для створення ефективної системи управління реалізацією проекту повинні бути застосовані професійні знання діючих керівників проектів ЧАЕС, а також здійснена передача накопиченого досвіду (через реалізацію механізму бенчмаркінгу) зовнішнім клієнтам. Зважений системний підхід до управління знаннями відповідно до методології управління проектами може не тільки надати неоціненну послугу системі підготовки персоналу АЕС, але й сприятиме визначенню можливих шляхів збору, зберігання та комерційної реалізації нематеріальних активів.

Ключові слова: диверсифікація; унікальний досвід; управління знаннями; нововведеннями; проектно-орієнтованого управління бізнесом; методологія управління проектами; бенчмаркінг.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

РАЗВИТИЕ ПОТЕНЦИАЛА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОГРАММ. ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ КЕЙС

Методология управления проектами стала одной из основ потенциала развития ЧАЭС. **Предметом** исследования является процесс разработки потенциала управления проектами инфраструктурной программы на основе Чернобыльского кейса. **Цель**: разработать и применить инструмент развития потенциала на основе ключевых компетенций организации для управления инфраструктурной программе с использованием мирового рассвета и опыта Чернобыльской АЭС. **Задача:** проанализировать исторические факты, факторы, влияющие на организационную компетентность и возможность ввести ключевую компетенцию в деятельности организации, получить общий алгоритм развития потенциала управления проектами. **Методы** исследования: исторический анализ, логическое обобщение, анализ и синтез, структурный анализ. **Результаты**: рассматривается ключевая компетенция организации как основной компонент управленческой способности комплексной программы, которую реализует компания. Приведенные факты говорят о том, что деятельность, осуществляемая на площадке Чернобыльской АЭС, во многом инновационной и при создании на Чернобыльской АЭС эффективной системы управления знаниями опыта реализации проекта, эти знания могут быть применены как к профессиональное развитие действующих руководителей проектов ЧАЭС (например, разработка целевых курсов), а также передача накопленного опыта (через реализацию механизма бенчмаркинга) внешним клиентам. Взвешенный системный подход к управлению знаниями в соответствии с Методологии управления проектами может не только оказать неоценимую услугу системе подготовки персонала АЭС, но и способствовать определению возможных путей сбора, хранения и коммерческой реализации нематериальных активов. **Выводы**: Государственное предприятие ЧАЭС стоит на границе радикальной реорганизации, когда рядом с существующей стандартной организационной структурой управления бизнесом реализуется проектно-ориентированное управление бизнесом. Деятельность на площадке Чернобыльской АЭС во многих отношениях является инновационной и ее необходимо учитывать при организации работ. Для создания эффективной системы управления реализацией проекта должны быть применены профессиональные знания действующих руководителей проектов ЧАЭС, а также осуществлена передача накопленного опыта (через реализацию механизма бенчмаркинга) внешним клиентам. Взвешенный системный подход к управлению знаниями в соответствии с методологией управления проектами может не только оказать неоценимую услугу системе подготовки персонала АЭС, но и способствовать определению возможных путей сбора, хранения и коммерческой реализации нематериальных активов.

Ключевые слова: диверсификация; уникальный опыт; управление знаниями; нововведениями; проектно-ориентированного управления бизнесом; методология управления проектами; бенчмаркинг.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Бушуєв С. Д., Бушуєв Д. А., Козир Б. Ю. Розвиток потенціалу управління проектами інфраструктурних програм. Чорнобильський кейс. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 15–24. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015.

Bushuyev, S., Bushuiev, D., Kozyr, B. (2019), "Development project management capability of the infrastructure program. Chernobyl case", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 15–24. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.015.

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2522-9818 (print)* *ISSN 2524-2296 (online)*

УДК 004.4'22 + 658.5 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.025

С. С. Великодний, Ж. В. Бурлаченко, С. С. Зайцева-Великодна

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕВИМ ПЛАНУВАННЯМ РЕІНЖИНІРИНГУ ПРОГРАМНОГО ПРОЕКТУ

Предмет дослідження – програмний засіб побудови графічної мережевої моделі реінжинірингу програмного проекту. **Мета** дослідження – розробка системної архітектури програмного засобу для автоматизованого проектування мережевих графіків організації виробництва з реінжинірингу програмних систем у рамках управління проектами. Поряд з лінійними графіками й табличними розрахунками мережеві методи планування знаходять широке застосування при розробці перспективних планів і моделей створення складних виробничих систем та інших об'єктів довгострокового використання. **Завданням** перед створенням програмного засобу є здатність працювати з усіма типами мережевих графіків із можливостями їх всебічної трансформації. **Методи.** В основу статті закладено методи мережевого планування за методологію PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique), використання елементів теорії графів та методу діаграм Ганта, як облікового для здійснення управління проектами. Моделювання системної архітектури програмного забезпечення виконується у рамках методології UML (Unified Modeling Language) 2.5 із використанням CASE-інструментарію Enterprise Architect 14. **Результати.** У статті розроблено програмний засіб для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проекту. **Висновки.** Архітектура розроблена у вигляді декількох структурних та поведінкових діаграм, а саме: діаграма варіантів використання, що надає аналітику детальної уяви про галузь застосування програмного засобу; діаграма послідовності, яка призначена для формування уяви програміста про порядок виконання дій при роботі з майбутнім програмним засобом; діаграма станів, що необхідна для наочного подання тих станів, у яких програмний засіб може знаходитися у різні моменти часу; діаграма класів, яка використовуються для проектування основного формового наповнення майбутнього програмного засобу; діаграма компонентів, що призначена для вивчення складу компонентів майбутнього програмного засобу та вказівки послідовності компіляції та збірки окремих модулів. Чисельна та часова оцінка параметрів планування будується за даними, що отримані із проектних діаграм Ганта.

Ключові слова: управління проектом; граф; мережевий графік; програмний засіб; реінжиніринг; CASE-засіб; UML-діаграма.

Вступ

Процес створення проекту, прототипу, прообразу майбутнього об'єкта, стану та способів його виготовлення називається проектуванням. У техніці під проектуванням розуміють розробку проектної, конструкторської та іншої технічної документації, призначеної для забезпечення створення нових видів та зразків. У проектуванні застосовують системний підхід, який полягає у встановлені структури системи, типу зв’язків, визначені атрибутів, аналізуванні впливів зовнішнього середовища. В процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, схеми, графіки, пояснювальні записки, кошториси, калькуляції та описи.

Однією з головних складових проектування – є планування, що визначається як заздалегідь намічений порядок дій або оптимальний розподіл ресурсів, необхідних для досягнення поставленої мети.

Мережеве планування – це одна з форм графічного відображення змісту робіт й тривалості виконання стратегічних планів і довгострокових комплексів проектних, планових, організаційних та інших видів діяльності підприємства.

Поряд з лінійними графіками й табличними розрахунками мережеві методи планування знаходять широке застосування при розробці перспективних планів і моделей створення складних виробничих систем та інших об'єктів довгострокового використання. Мережеві плани робіт підприємств по створенню нової конкурентоздатної продукції містять не тільки загальну тривалість всього комплексу проектно-виробничої та фінансово-економічної діяльності, але й тривалість та послідовність здійснення окремих процесів чи етапів, а також потребу необхідних економічних ресурсів.

Завданням, що ставиться перед створенням програмного засобу управління мережевим плануванням є здатність працювати з усіма типами мережевих графіків із можливостями їх всебічної трансформації.

Аналіз досліджень і публікацій

Поняття "мережевий графік", згідно з [1] – це динамічна модель виробничого процесу, яка відображає технологічну залежність та послідовність виконання комплексу робіт, що погоджує їх завершення у часі з урахуванням витрат ресурсів й вартості робіт з виділенням при цьому вузьких (критичних) місць. Одночасно, мережевий графік – граф, вершини якого відображають стани деякого об'єкта (наприклад, будівництва), а дуги – роботи, що ведуться на цьому об'єкті. Часто мережевий графік будується так, що розташування вершин по горизонталі відповідає часу досягнення стану, відповідного заданої вершини (популярна складова методології PERT – Program (Project) Evaluation and Review Technique).

Мережевий графік заснований на використанні математичної моделі – графа. Будь-яка послідовність робіт у мережевому графіку, в якому кінцева подія кожної роботи цієї послідовності, збігається з початковою подією наступної за нею роботою, називається шляхом. Для різних областей використання види графів можуть відрізнятися орієнтованістю, обмеженнями на кількість зв'язків і додатковими даними про вершини або ребра. Велика

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

кількість структур, які мають практичну цінність в математиці та інформатиці, можуть бути представлені графами [2, 3]. Наприклад, будову Вікіпедії можна змоделювати за допомогою орієнтованого графу, в якому вершини – це статті, а дуги (орієнтовані ребра) – посилання на інші статті.

Для опису графів в цілях, придатних для машинної обробки і, одночасно, зручному для людського сприйняття – використовується кілька стандартизованих мов [4], серед яких: DOT (мова), Graph ML, Trivial Graph Format, GML, GXL, XGMML, DGML, Java [5].Відзначимо спеціалізовані програми для побудови графів [6]. До найбільш вдалих відносяться комерційні ILOG, GoView, Lassalle Add Flow, LEDA. З безкоштовних можна відзначити Boost Graph Library. Для візуалізації графів можна використовувати Graphviz (на думку експертів, вона добре працює для орграфов) або LION GraphVisualizer [7]. Особливо відзначимо програму Графоаналізатор – це російськомовна програма, з вельми простим для користувача інтерфейсом [8].

Діаграми Ганта (англ.Gantt chart, стрічкова діаграма, графік Ганта) – це популярний тип діаграм, який використовується для ілюстрації плану, графіка робіт за будь-яким проектом. Ці діаграми є одним з методів планування та управління проектами [9]. Діаграма Ганта представляє собою відрізки (графічні плашки), розміщені на горизонтальній шкалі часу. Кожен відрізок відповідає окремому завданню або підзадачі. Завдання і підзадачі, складові плану, розміщуються по вертикалі. Початок, кінець і довжина відрізка на шкалі часу відповідають початку, кінцю і тривалості завдання. На деяких діаграмах Ганта також показується залежність між завданнями. Діаграма може використовуватися для представлення поточного стану виконання робіт: частина прямокутника, що відповідає завданню, заштриховується, відзначаючи відсоток виконання завдання; показується вертикальна лінія, що відповідає моменту "сьогодні". Найчастіше діаграма Ганта використовується спільно з таблицею зі списком робіт, рядки якої відповідають окремо взятій задачі, зображеній на діаграмі, а стовпці – містять додаткову інформацію про задачу [10].

PERT (англ.) – техніка оцінки та аналізу програм (проектів), яка використовується при управлінні проектами [11]. PERT – це спосіб аналізу завдань, необхідних для виконання проекту, особливо, аналізу часу, який потрібен для виконання кожної окремої задачі, а також визначення мінімального необхідного часу для виконання всього проекту (рис. 1) [12].

Найпопулярнішою частиною PERT – є метод критичного шляху, що спирається на побудову мережевого графіку (мережевої діаграми PERT). Метод критичного шляху – ефективний інструмент планування розкладу та управління термінами проекту. В основі методу лежить визначення найбільш тривалої послідовності завдань від початку проекту до його закінчення з урахуванням їх взаємозв'язку. Завдання, що лежать на критичному шляху (критичні завдання) мають нульовий резерв часу виконання та у разі зміни їх тривалості змінюються терміни всього проекту.

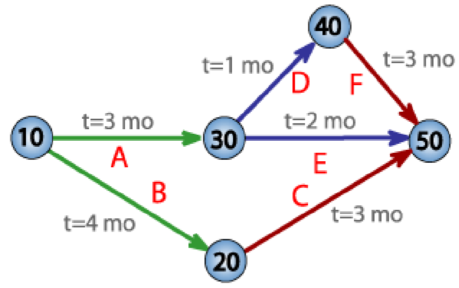


Рис. 1. Приклад мережевої діаграми PERT для проекту тривалістю у сім місяців із п'ятьма проміжними точками (від 10 до 50) і шістьма діяльностями (від A до F)

У зв'язку з цим при виконанні проекту критичні завдання вимагають більш ретельного контролю, зокрема, своєчасного виявлення проблем та ризиків, що впливають на терміни їх виконання і, отже, на строки виконання проекту в цілому [13]. У процесі виконання проекту критичний шлях проекту може змінюватися тому, що при зміні тривалості задач деякі з них можуть опинитися на критичному шляху. Найвідоміша частина PERT – це діаграми взаємозв'язків робіт і подій. PERT пропонує використовувати діаграми-графи з роботами на вузлах, з роботами на стрілках (мережеві графіки), а також діаграми Ганта.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

На вітчизняних підприємствах, циклові або лінійні графіки, звичайно, застосовуються у процесі короткострокового чи оперативного планування виробничої діяльності. Основним недоліком таких планів-графіків – є відсутність можливості тісної взаємозв'язки окремих робіт в єдину виробничу систему або загальний процес досягнення запланованих кінцевих цілей підприємства (фірми). Мережеві графіки служать не тільки для планування різноманітних довгострокових робіт, але і для їх координації між керівниками та виконавцями проектів [14], також мережеві графіки необхідні для визначення необхідних виробничих ресурсів та їх раціонального використання.

Автоматизовані системи планування ресурсів виробництва (ERP), зазвичай включають комп'ютерні програми [15], які у тій, чи іншій мірі автоматизують деякі етапи складання та коригування мережевих графіків, проте подібні програми мають досить високу ліцензійну ціну та непід'ємні для вітчизняного виробника.

Таким чином, **метою дослідження** є – розробка системної архітектури програмного засобу (ПЗ) для автоматизованого проектування мережевих графіків організації виробництва з реінжинірингу програмних систем у рамках управління проектами.

Об’єктом роботи є мережеве планування виробничого процесу.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Предметом дослідження є ПЗ побудови графічної мережевої моделі реінжинірингу програмного проекту.

Матеріали і методи

В основу статті закладено: мережеве планування за методологію PERT, використання елементів теорії графів та методу діаграм Ганта, як облікового для здійснення управління проектами. Моделювання системної архітектури програмного забезпечення виконується у рамках методології UML (Unified Modeling Language) 2.5 із використанням CASE-інструментарію Enterprise Architect 14.

Результати досліджень

Розробку системної архітектури програмного засобу для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проекту (далі – ПЗ) розпочнемо із проектування діаграми варіантів використання. Вони використовуються для надання аналітику детальної уяви про галузь застосування програмного забезпечення, що розробляється. З діаграми варіантів використання стає зрозуміло для чого призначений продукт, які підсистеми та модулі він має, якими зв'язками поєднані елементи та сутності у ньому. Центральним елементом спроектованої діаграми варіантів використання – є мережевий графік (МГ), який зображено у вигляді актору зі стереотипом "business actor" (рис. 2). Від актору "МГ" відходять різноманітні зв'язки, більшість з яких асоціації зі стереотипом "uses" (використання), проте також присутні залежності. З діаграми варіантів використання видно, що МГ використовуються у всіх галузях застосування, пов'язаних із наведеним переліком.

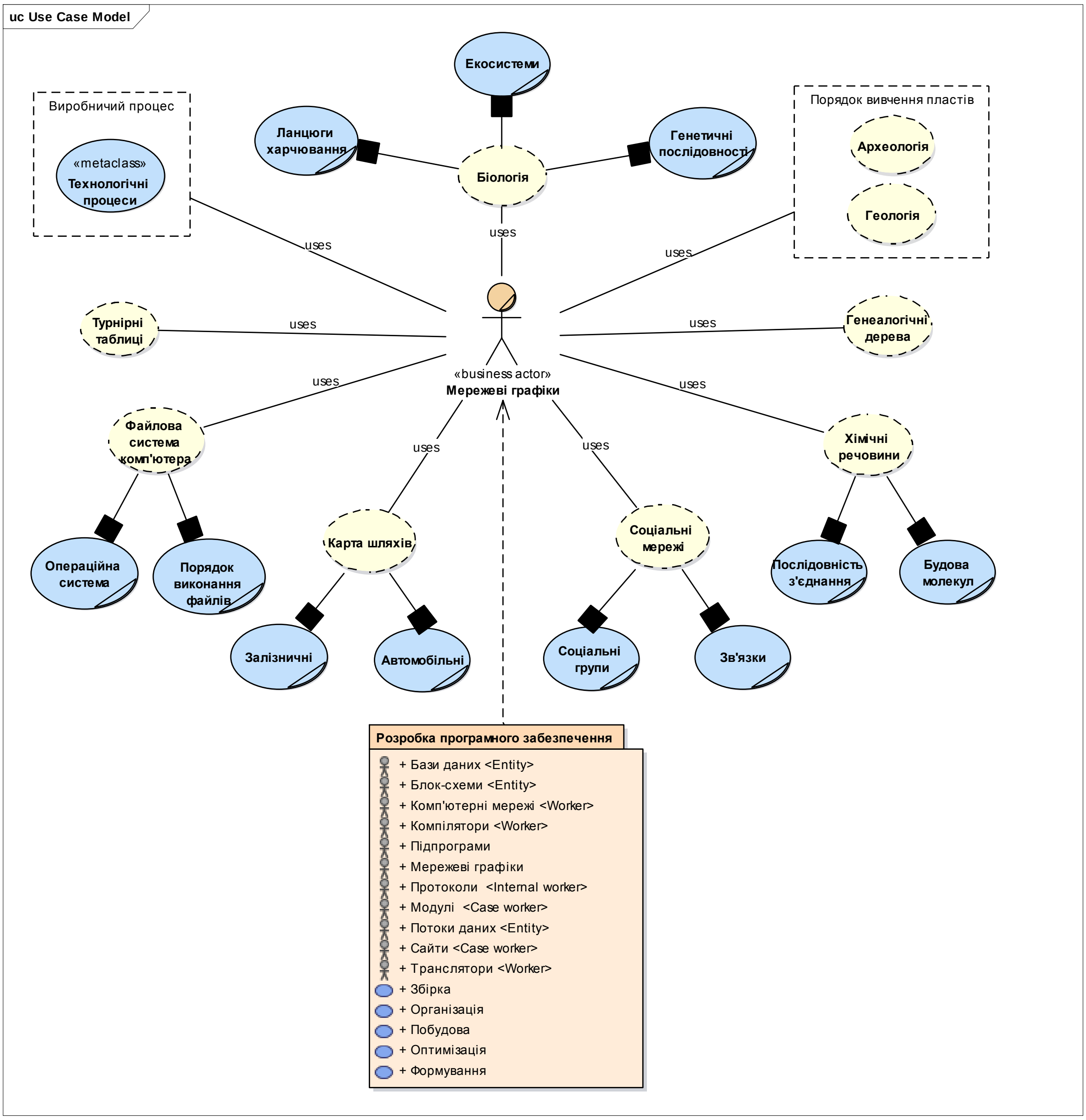


Рис. 2. Діаграма варіантів використання

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Перейдемо до розгляду сутності, що об’єднана з МГ типом зв’язку залежність "dependency". На діаграмі варіантів використання – це пакет "Розробка програмного забезпечення", виконання якого дійсно базується (залежить) від МГ. До складу пакету входять багато сутностей, об’єднаних зв’язками, сукупність яких являє вкладену спроектовану піддіаграму діаграми варіантів використання (рис. 3), що має графоподібну топологію.

Інженерія програмного забезпечення та комп'ютерні науки взагалі є однією з тих галузей, де МГ застосовуються найчастіше, тому поданий пакет й винесено у вигляді окремої залежної структури (рис. 3). Складність та велика кількість модулів і протоколів у сучасних програмних продуктах сильно ускладнює розуміння їх роботи, керування нею та її оптимізацію. Тому дуже часто складаються МГ програм, причому найчастіше це робиться автоматично трансляторами, компіляторами чи парсерами.

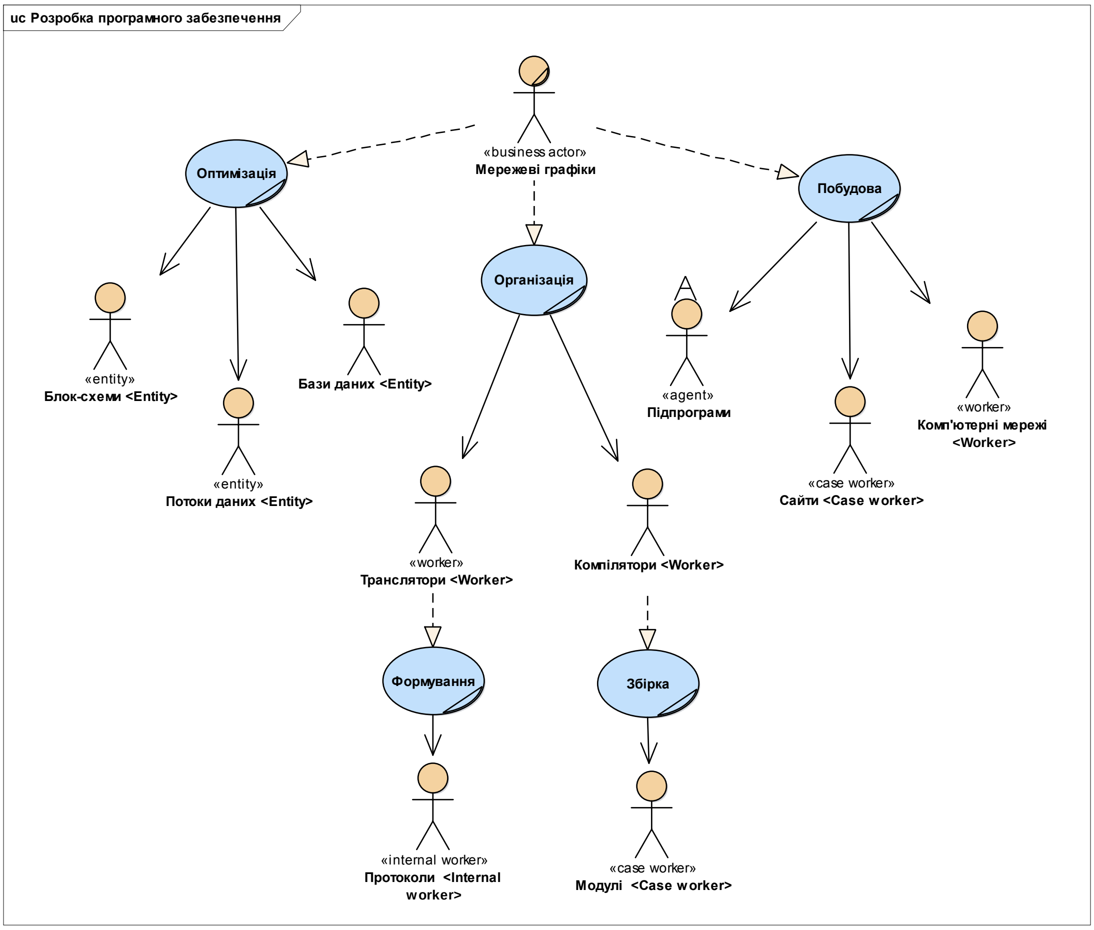


Рис. 3. Діаграма-пакет "Розробка програмного забезпечення"

Діаграми послідовності призначені для формування уяви програміста про порядок виконання дій при роботі з майбутнім ПЗ, які сформовані системним архітектором. Стандартно існує діаграми послідовності двох основних типів: для відображення дій програміста при розробці ПЗ та для відображення дій користувача при подальшій роботі з майбутнім ПЗ. Діаграми послідовності саме другого типу використовуються для створення інструкцій користувача, які є складовою частиною програмно-методичних комплексів (ПМК).

Саме такий тип діаграм послідовності спроектовано у поданій статті (рис. 4), оскільки для виконання реінжинірингу програмного проекту, необхідно розуміти принципи роботи ПЗ.

Діаграма станів необхідна для наочного подання тих станів ПЗ, у яких він може знаходитися в різні моменти часу. Іншими словами, можна сказати, що стани описують поведінку ПЗ, яка, в свою чергу, може залежати як від вказівок користувача, так і від обчислювальних процедур самого ПЗ.

Як видно з самої назви діаграми – ключовими моментами у ній – є стани (state), які представляють собою, у своєму роді, точки зупинки роботи ПЗ або збору статистичної та технічної інформації (протоколювання). Кожен стан має точки входу та виходу у цей стан, причому, таких точок може бути декілька (як для входів так і для виходів) – саме для фіксування цих позицій у межах стану – існує таке поняття, як «історія стану», яка опційно вмикається у специфікації кожного стану та має позначення: літера "H" (history), що подається у колі.

Крім того, важливими на діаграмах станів, також, є й переходи (transfer), що являють собою зв’язки між

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

станами. Кожен перехід має синтаксис, який розкриває математичний або фізичний процес, що викликав цей перехід. Синтаксис, у свою чергу, крім назви переходу, може містити обмежуючу умову (подається у прямокутних дужках [ ]) – при невиконанні якої – перехід неможливий.

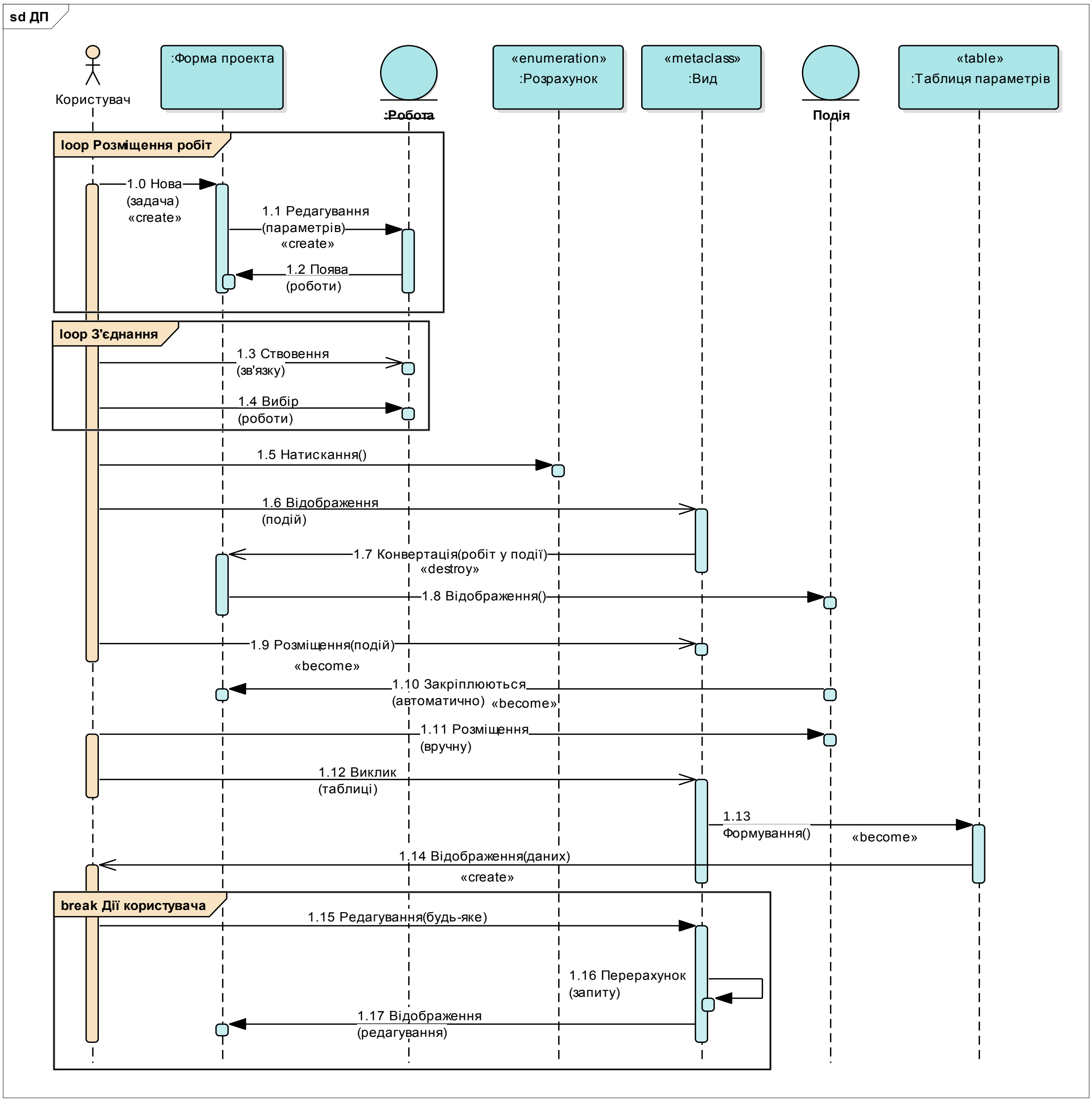


Рис. 4. Діаграма послідовності роботи із ПЗ

Спроектовану діаграму станів ПЗ приведено на рис. 5. Діаграма станів, як видно з рисунку, являє собою каскадну модель задуму створення ПЗ, де у якості поступового каскаду реалізації станів, виступає головна діагональ діаграми з багатьма розгалуженнями (у залежності від точок виходу з конкретних станів) у різні боки.

Діаграми класів використовуються для проектування основного формового наповнення майбутнього ПЗ. Стосовно до нотації UML, класи містять атрибути (власно інкапсульовані дані різного походження) та операції (дії на цими або іншими даними).

Кожні конкретні атрибути та операції класів, що спроектовані у поданому ПЗ подані на рис. 6. Крім класів на діаграмі також важливими для аналізу є зв’язки або відношення (це більш точне визначення стосовно до ДК). Взагалі, сутностей або відношень, щодо методології діаграмі класів – існує багате розмаїття, проте зупинимося лише на тих, що присутні у спроектованій діаграмі класів ПЗ (рис. 6) та потребують додаткових роз’яснень.

Центральним класом на діаграмі – є клас-інтерфейс ("interface"), що являє собою графічний інтерфейс користувача ПЗ. Цей клас першим постає перед користувачем у вигляді завантажувального примітивного класу (primitive) "Форма проекту", що

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

має з класом "Інтерфейс" композиційну залежність та визначає первинні геометричні розміри вікна інтерфейсу. Також перед користувачем з'явиться панель меню, елементи якої – є атрибутами класу "Інтерфейс".

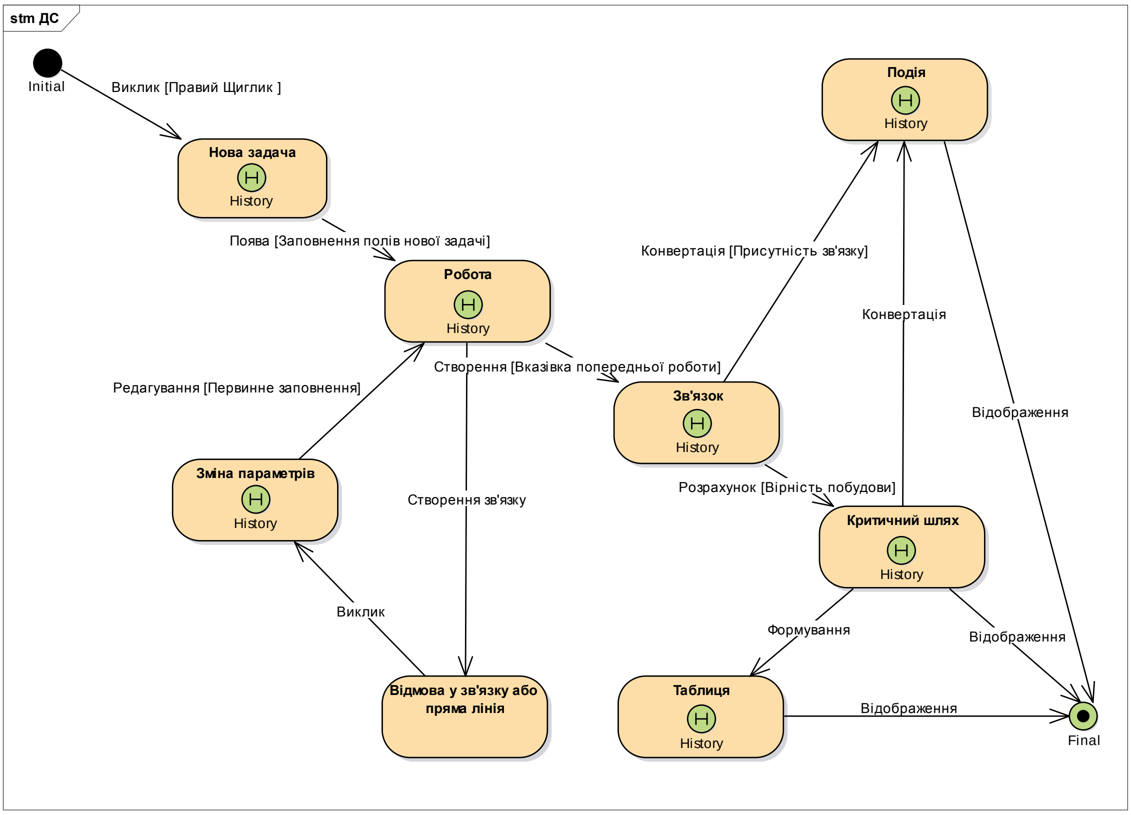


Рис. 5. Діаграма станів для ПЗ

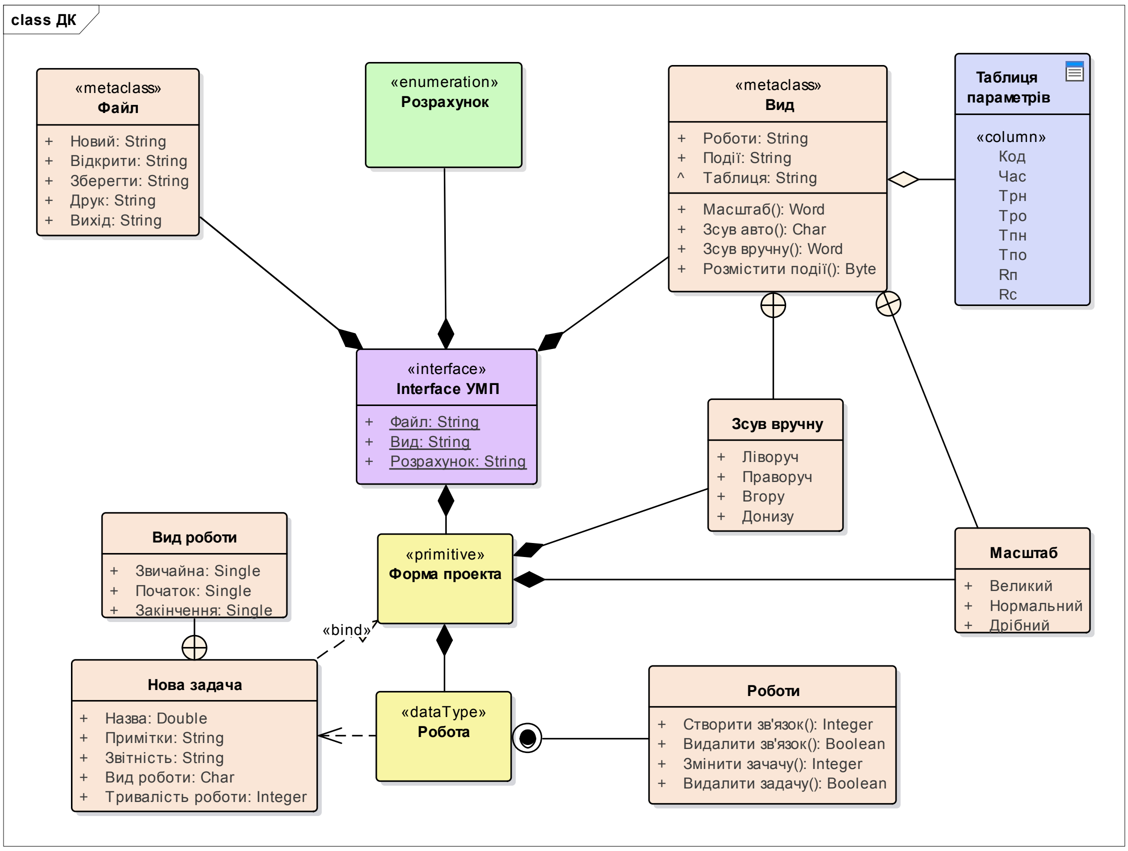


Рис. 6. Діаграма класів ПЗ

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Клас підрахунків (enumeration) "Розрахунок", пов'язаний композиційною залежністю із класом "Інтерфейс", виконує реалізацію чисельних (табличні параметри представлення) та графічних (критичний шлях) параметрів МГ.

Клас "Нова задача", що прив'язано (відношення "Bind") до "Форми проекту", призначено для створення нового та наступного редагування існуючого типу даних (Data Type) "Робота", що являє собою графічне зображення сутності "Робота".

Вкладений (nesting) клас "Вид роботи" – вкладено до класу "Нова задача". Він формує види робіт, що відрізняються наявністю або відсутністю вхідних та вихідних зв'язків.

Діаграма компонентів призначена для вивчення складу компонентів майбутнього ПЗ та вказівки послідовності компіляції та збірки окремих модулів. Головною вимогою до діаграми компонентів – стандартно висунуто – відсутність циклів, тобто послідовність компонентів повинна бути чіткою та прозорою. Програміст працює із компонентами, які можуть бути йому досяжні – у зворотному порядку.

Спроектована діаграма компонентів ПЗ приведена на рис. 7. Розглянемо детальніше її склад.

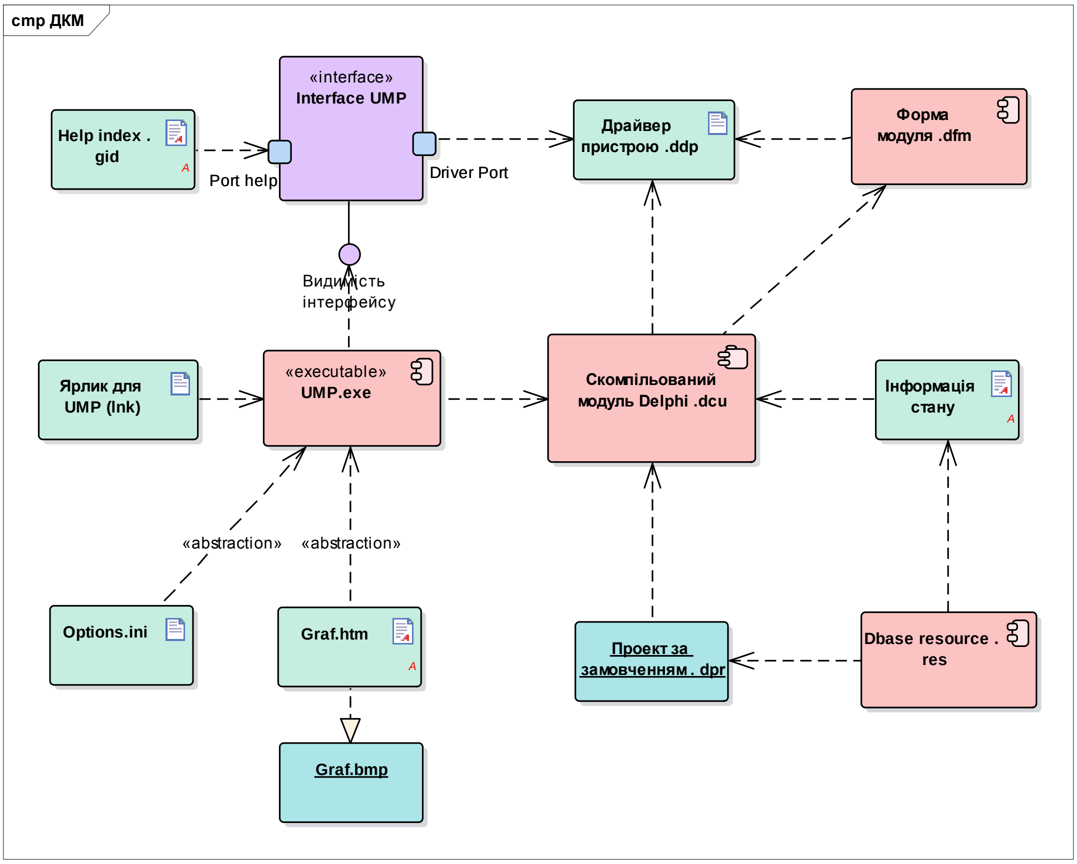


Рис. 7. Діаграма компонентів

Першим компонентом, із яким співпрацює програміст є засіб ідентифікації (artifact) або ярлик виклику "Ярлик для UMP . lnk", що прикріплено до виконавчого файлу (executable) "UMP . exe", що запускає новий проект, через відкритий компонент інтерфейсу (exposed interface) "Видимість інтерфейсу".

Цей компонент служить входом до самого інтерфейсу "Interface UMP", що містить порти допомоги (Porthelp) та драйверу (Port Driver). До порту допомоги (Port help) підключено контекстну допомогу (document artifact) "Helpindex . gid", яка може бути опційно викликана користувачем при виниканні складної ситуації із проектом. Через порт драйвера (Port Driver) – підключено об'єкт (artifact), що містить спеціальні дані – Device Driver Profile "Драйвер пристрою . ddp". Від цього драйверу й залежить вигляд та підтримка розрішувальної здатності усього інтерфейсу ПЗ.

Також від "Драйвер пристрою . ddp" залежать компонент (component) форми Delphi-модуля "Форма модуля . dfm" та пакетний компонент (packaging component) скомпільованого модуля Delphi "Скомпільований модуль . dcu", що також залежить від "Форма модуля . dfm". Таким чином, пакетний компонент "Скомпільований модуль . dcu" має подвійну впорядкованість (рис. 7).

Пакетний компонент "Скомпільований модуль . dcu" виступає головним для цілої низки компонентів, а саме для:

- виконавчого файлу (executable) "UMP . exe", який описано вище;
- службового протоколу (document artifact) "Інформація стану", що містить технічну інформацію щодо поточного та останнього стану проекту;
- об'єкту (object) "Проект за замовченням . dpr", який завантажується у вигляді шаблону при створенні

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

нового проекту та який (при необхідності) може бути змінено та доповнено.

Компонент (component) накопичувальної бази даних "Dbase resource . res" має подвійну впорядкованість та компілюється кожного разу при додаванні або зміні інформації у службовому протоколі (document artifact) "Інформація стану" та об'єкту (object) "Проект за замовченням . dpr".

Виконавчий файл (executable) "UMP . exe" є головним для:

- засобу ідентифікації (artifact) або ярлика виклику "Ярлик для spu . lnk", що описано вище;
- службового протоколу (document artifact) опцій та параметрів ПЗ "Options . ini", що містить технічну інформацію щодо останнього геометричного розміру форми проекту, встановленої користувачем;
- браузерної сторінки (Web-document artifact) "Graf . htm", яка відображує остаточну сформовану топологію розміщення задач на МГ; причому браузерна сторінка (Web-document artifact) "Graf . htm" формує (реалізує) само графічне зображення (object) "Graf . bmp" у вигляді самостійного (автономного) bmp-файлу, що може бути як збережено (надруковано, відправлено тощо), так і відредаговано.

Причому, службовий протокол (document artifact) "Options . ini" та браузерна сторінка (Web-document artifact) "Graf . htm" впорядковані абстрактними (abstraction) залежностями (dependency), що означають створення них самих, як сутностей, тільки за потреби користувача та із неодмінною його участю (внесення змін розміру, команди друку чи Web-конвертації.

Екранні знімки спроектованих мережевих графіків планування реінжинірингу програмного забезпечення із розрахунками критичного шляху за допомогою розробленого програмного засобу наведені на рис. 8 (для випадку "вершини-роботи") та на рис. 9 (для випадку "вершини-події").

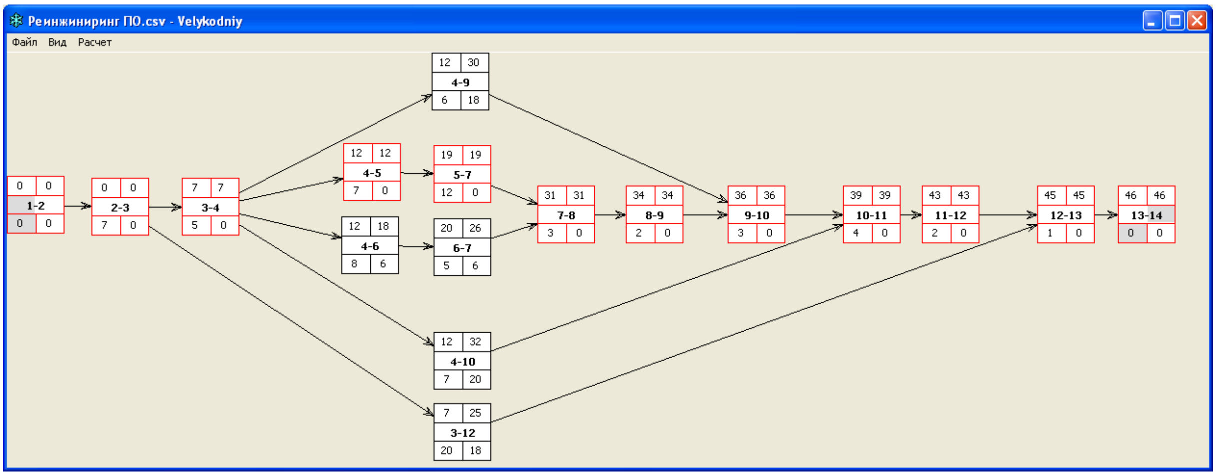


Рис. 8. Мережевий графік у вигляді "вершини-роботи" із розрахованим критичним шляхом

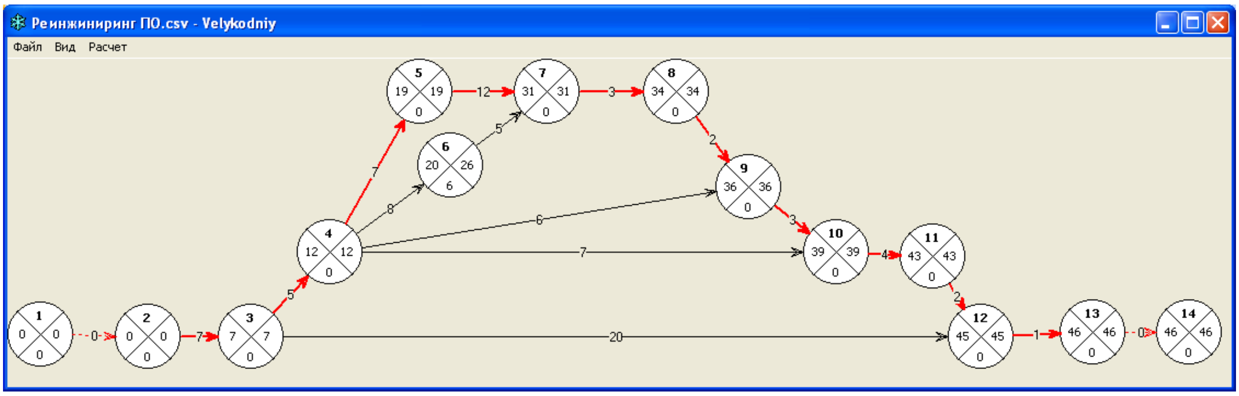


Рис. 9. Мережевий графік у вигляді "вершини-події" із розрахованим критичним шляхом

Обговорення

При аналізі та обговоренні результатів проекту, системними архітекторами було висловлено багато думок щодо засобів реалізації ПЗ. Ці думки стосувалися технологій та мови реалізації, кількості задіяних кодувальників та тестувальників тощо, проте все це складові вже нового етапу реалізації ПЗ. На теперішньому етапі, незалежно від обраних засобів, мов та технологій кодування ПЗ, його архітектура вже є розробленою та готовою. При обранні мови програмування, знадобиться тільки переробка ДКМ.

Висновки та перспективи подальшого розвитку

Слід зазначити, що хоча у сучасних платних спеціалізованих пакетах комп'ютерних програм планування та оперативного управління, в основному, використовується тип графіків "вершини-роботи" – створений ПЗ здатен працювати з усіма типами

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

мережевих графіків із можливостями їх всебічної трансформації.

Результатом статті є проекті рішення, що запропоновані авторами. Зміст проектної частини визначається, по-перше, специфікою планування реінжинірингу програмних проектів, по-друге, особливостями конкретних технічних пропозицій до проекту, що піддається управлінню.

У поданій статті спроектована архітектура (проектний "каркас") програмного засобу для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проекту. Архітектура розроблена у вигляді декількох діаграм різної природи, виконаних із дотриманням нотації UML 2.5 із використанням CASE-інструментарію Enterprise Architect 14. В основу розробки закладені методи мережевого планування за методологію PERT та використання елементів теорії графів. Чисельна та часова оцінка параметрів планування будується за даними, що отримані за методом діаграм Ганта, як облікового для здійснення управління програмними проектами.

Перспективи створення цього ПЗ полягають у кодуванні продукту для кінцевого галузевого користувача (фахівця з управління програмним проектом), якому важливо знати лише послідовність робіт з реінжинірингу програмної системи та тривалість кожної із стадій, і не має особливого значення, яким способом сформований графік, тобто якого він типу, оскільки сам тип мережевого графіку може бути взаємно переконвертований.

Для роботи зі створеним ПЗ буде створено ПМК, у складі якого буде розроблено інструкції користувача із застосування необхідного програмного забезпечення, що доповнені коментарями, відносно роботи спроектованого ПЗ.

Список літератури

1. Program Evaluation and Review Technique (PERT). URL : https://www.inc.com/encyclopedia/program-evaluation-and-review-technique-pert.html (дата звернення : 01.05.2019).
2. Bondy J. A., Murty U. S. R. Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008. 655 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5.
3. Емеличев В. А., Мельников О. И., Сарванов В. И. Лекции по теории графов. Изд. 2. Москва : Наука, 2009. 392 с.
4. Jungnickel D. Graphs, Networks and Algorithms. Fourth Edition. Berlin : Springer, 2013. 677 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-32278-5.
5. Sedgewick R. Algorithms in Java, Third Edition, Part 5: Graph Algorithms. Boston : Addison Wesley, 2003. 528 p.
6. Коммерческие специализированные программы для построения графов. URL : http://www.boost.org/ (дата звернення : 02.04.2019).
7. LION Graph Visualizer. URL :http://lion.disi.unitn.it/intelligent-optimization/visualizer.html (дата звернення : 03.04.2019).
8. Графоанализатор – среда визуализации графов. URL :http://grafoanalizator.unick-soft.ru/ (дата звернення : 03.04.2019).
9. Jalote P. Software project management in practice. Indianapolis: Addison-Wisley, 2005. 242 p.
10. Великодний С. С. Метод представлення оцінки реінжинірингу програмних систем за допомогою проектних коефіцієнтів. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 1 (7). С. 34–42. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.034.
11. Punmia B. C., Khandelwal K. K. Project Planning and Control with PERT and CPM.New Delhi :Laxmi Publications, 2016. 258 p.
12. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Eight Edition. New Jersey : John Wiley & Sons, 2003. 914 p.
13. Великодний С. С., Тимофєєва О. С., Зайцева-Великодна С. С. Метод розрахунку показників оцінки проекту при виконанні реінжинірингу програмних систем. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2018. № 4. С. 135–142. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-13.
14. Великодний С. С. Реінжиніринг систем моніторингу та дистанційного управління судновими енергетичними установками. XXII Міжн. конф. з автом. управл. "Автоматика 2015", 10–11 вер., 2015. Одеса. С. 133–134.
15. Невлюдов И. Ш., Великодный С. С., Омаров М. А. Использование CAD/CAM/CAE/CAPP при формировании управляющих программ для станков с ЧПУ. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т. 2. Вып. 2 (44). С. 37–44.

References

1. "Program Evaluation and Review Technique (PERT)", available at : https://www.inc.com/encyclopedia/program-evaluation-and-review-technique-pert.html (last accessed 01.05.2019).
2. Bondy, J. A., Murty, U. S. R. (2008), *Graph Theory*. Springer, San Francisco, 655 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5.
3. Emelichev, V. A., Mel'nikov, O. I., Sarvanov, V. I. (2009), *Lectures on graph theory. 2nd ed.* [*Lektsii po teorii grafov. Izd. 2*], Moscow, 392 p.
4. Jungnickel, D. (2013), Graphs, Networks and Algorithms. 4th ed., Springer, Berlin, 677 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-32278-5.
5. Sedgewick, R. (2003), *Algorithms in Java, 3rd ed., Part 5: Graph Algorithms*, Addison Wesley, Boston, 528 p.
6. "Commercial specialized programs for graph construction" ["Kommercheskie spetsializirovannye programmy dlya postroeniya grafov"], available at : http://www.boost.org/ (last accessed 02.04.2019).
7. "LION Graph Visualizer", available at :http://lion.disi.unitn.it/intelligent-optimization/visualizer.html (last accessed 03.04.2019).
8. "Graph analyzer – graph visualization environment" ["Grafoanalizator – sreda vizualizatsii grafov"], available at :http://grafoanalizator.unick-soft.ru/ (last accessed 03.04.2019).
9. Jalote, P. (2005), *Software project management in practice*, Addison-Wisley, Indianapolis, 242 p.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

10. Velykodniy, S. (2019), "Method of presenting the assessment for reengineering of software systems with the project coefficients help" ["Metod predstavlennia otsinky reinzhynirynhu prohramnykh system za dopomohoiu proektnykh koefitsiientiv"], Innovative Technologies And Scientific Solutions For Industries, No. 1 (7), P. 34–42. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.034
11. Punmia, B. C., Khandelwal, K. K. (2016), *Project Planning and Control with PERT and CPM.* Laxmi Publications, New Delhi, 258 p.
12. Kerzner, H. (2003), Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, 8ht ed., John Wiley & Sons New Jersey, 914 p.
13. Velykodniy, S. S., Tymofieieva, O. S., Zaitseva-Velykodna, S. S. (2018), "The calculation method for indicators project estimation in the implementation of software systems re-engineering" ["Metod rozrakhunku pokaznykiv otsinky proektu pry vykonanni reinzhynirynhu prohramnykh system"], *Radio Electronics, Computer Science, Control*, No. 4, P. 135–142. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-13.
14. Velykodniy, S. (2015), "Reengineering of SCADA-systems by shipping energy plants ["Reinzhiniring sistem monitoringu ta distantsiynogo upravlinnya sudnovimi energetichnimi ustanovkami"], *22th International Conference "Automatic 2015", 10–11 sep. : proceedings*, Odessa, P. 133–134.
15. Nevlyudov, I. Sh., Velykodniy, S. S., Omarov, M. A. (2010), "Using CAD / CAM / CAE / CAPP when forming control programs for CNC machines" ["Ispol'zovanie CAD/CAM/CAE/CAPP pri formirovanii upravlyayushchikh programm dlya stankov s ChPU"], *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 2, Issue 2 (44), P. 37–44.

Надійшла (Received) 15.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Великодний Станіслав Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, Одеський державний екологічний університет, доцент кафедри інформаційних технологій, Одеса, Україна; e-mail: velykodniy@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8590-7610.

Великодный Станислав Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, Одесский государственный экологический университет, доцент кафедры информационных технологий, Одесса, Украина.

Velykodniy Stanislav – PhD (Computer Science), Associate Professor, Odessa State Environmental University, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Odessa, Ukraine.

Бурлаченко Жанна Вікторівна – Одеський державний екологічний університет, аспірант кафедри інформаційних технологій, Одеса, Україна; e-mail: 7035373@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8451-5527.

Бурлаченко Жанна Викторовна – Одесский государственный экологический университет, аспирант кафедры информационных технологий, Одесса, Украина.

Burlachenko Zhanna – Odessa State Environmental University, Post-graduate Student of the Department of Information Technologies, Odessa, Ukraine.

Зайцева-Великодна Світлана Сергіївна – Одеський державний екологічний університет, аспірант кафедри інформатики, Одеса, Україна; e-mail: svetlana.zaytseva@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7453-8821.

Зайцева-Великодная Светлана Сергеевна – Одесский государственный экологический университет, аспирант кафедры информатики, Одесса, Украина.

Zaitseva-Velykodna Svitlana – Odessa State Environmental University, Post-graduate Student of the Department of Information Technologies, Odessa, Ukraine.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМ ПЛАНИРОВАНИЕМ РЕИНЖИНИРИНГА ПРОГРАММНОГО ПРОЕКТА

Предмет исследования – программное средство построения графической сетевой модели реинжиниринга программного проекта. **Цель** исследования – разработка системной архитектуры программного средства для автоматизированного проектирования сетевых графиков организации производства по реинжинирингу программных систем в рамках управления проектами. Наряду с линейными графиками и табличными расчетами сетевые методы планирования находят широкое применение при разработке перспективных планов и моделей создания сложных производственных систем и других объектов долгосрочного использования. **Задачей** перед созданием программного средства является способность работать со всеми типами сетевых графиков с возможностями их всесторонней трансформации. **Методы**. В основу статьи заложена методы сетевого планирования по методологии PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique), использование элементов теории графов и метода диаграмм Ганта, как учетного для осуществления управления проектами. Моделирование системной архитектуры программного обеспечения выполняется в рамках методологии UML (Unified Modeling Language) 2.5 с использованием CASE-инструментария Enterprise Architect 14. **Результаты.** В статье разработано программное средство для управления сетевым планированием реинжиниринга программного проекта. **Выводы.** Архитектура разработана в виде нескольких структурных и поведенческих диаграмм, а именно: диаграмма вариантов использования, иллюстрирующая аналитику детальное представления об области применения программного средства; диаграмма последовательности, предназначенная для формирования представления программиста о порядке выполнения действий при работе с будущим программным средством; диаграмма состояний, необходимая для наглядного представления тех состояний, в которых программное средство может находиться в разные моменты времени; диаграмма классов, использующаяся для проектирования основного формового наполнения будущего программного средства; диаграмма компонентов, предназначенная для изучения состава компонентов будущего программного средства и указания последовательности компиляции и сборки отдельных модулей. Численная и временная оценка параметров планирования строится по данным, полученные из проектных диаграмм Ганта.

Ключевые слова: управление проектом; граф; сетевой график; программное средство; реинжиниринг; CASE-средство; UML-диаграмма.

ARCHITECTURE DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR MANAGING NETWORK PLANNING OF SOFTWARE PROJECT REENGINEERING

Subject of the research is a software tool for construction of graphic network model of reengineering the software project. **Purpose** of the research is the development of technical architecture of software tool for automated design of network schedules for organization of production the software systems reengineering within the framework of project management. Along with the linear charts and table calculations, network planning methods are extensively used in the development of long-term plans and models for the creation of complex production systems and other objects of the long-term use. **The task** before creating a software tool is the ability to work with all types of network charts with the possibilities of their comprehensive transformation. **Methods.** The article is based on the methods of network planning for the PERT (Program Evaluation and Review Technique) methodology, the use of elements of graph theory and the Gantt chart method as an accounting method for project management. Simulation of the system software architecture is carried out within the UML (Unified Modeling Language) 2.5 methodology using the CASE toolkit Enterprise Architect 14. **Results.** The software architecture for managing network planning of software project reengineering is designed in the article. **Conclusions.** The architecture is developed in the form of several structural and behavioral diagrams, namely: use case diagram, which provides an analyst with a detailed idea of the software field of application; sequence diagram that is designed to create a programmer's imagination on how to perform actions when working with a future program tool; state chart diagram that is required for a visual representation of those states in which the software can be at different times; class diagrams that are used to design the main form filling of the future software; component diagram that is designed to examine the composition of the components of the future software and indicate the sequence of compilation and assembly of individual modules. The numerical and temporal estimation of the planning parameters is based on the data obtained from the Gantt design charts.

Keywords: project management; graph; network schedule; software; reengineering; CASE-tool; UML-diagram.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Великодний С. С., Бурлаченко Ж. В., Зайцева-Великодна С. С. Розробка архітектури програмного засобу для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проекту. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 25–35. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.025.

Velykodniy, S., Burlachenko, Zh., Zaitseva-Velykodna, S. (2019), "Architecture development of software for managing network planning of software project reengineering", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 25–35. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.025.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) *Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)*

УДК 004.7 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.036

С. Ю. Гавриленко

СИНТЕЗ ІДЕНТИФІКАЦІЙНИХ ВИМІРІВ В КОМП'ЮТЕРНІЙ СИСТЕМІ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Предметом дослідження є методи та засоби ідентифікації стану комп'ютерної системи критичного призначення. **Метою** даної статті є проведення аналізу та розробки загальної схеми синтезу ідентифікаційних вимірів в системі ідентифікації стану комп'ютерної системи критичного призначення. У статті вирішені наступні **завдання.** Проаналізовано методи відбору інформативних показників ідентифікації стану та методи синтезу ідентифікаційних вимірів в комп'ютерній системі критичного призначення. У **результаті** проведеного аналізу сформульовано основні оптимізаційні задачі та наведено приклад можливого використання відомого математичного апарату при їх вирішенні. При розв'язанні поставлених завдань були використані **методи** багатокритеріального оцінювання, дискримінантного та кластерного аналізу, математичної статистики та компараторний підхід. Отримані **результати**. Проведені дослідження показали, що загальна схема ідентифікації стану комп'ютерної системи критичного призначення повинна включати методи ідентифікації аномалій та методи ідентифікації зловживань, а завдання ідентифікації аномалій в ній повинно бути вирішено в умовах дуже складних обмежень на достовірність результатів ідентифікації, причому оперативність вирішення цього завдання не повинно бути гірше встановлених керівними документами вимог. В результаті синтезовано загальну схему ідентифікації стану комп'ютерної системи критичного застосування, що відрізняється від відомих комплексним використанням вдосконалених методів ідентифікації, та їх адаптацією до можливих змін вхідних даних; експериментальним шляхом визначено множину можливих вхідних показників для ідентифікації стану; проведено порівняльний аналіз методів ідентифікації стану; отримані графіки часу ідентифікації зловживань у комп'ютерній системі критичного призначення в залежності від кількості реєстрованих даних. **Висновок**: комплексне використання методів ідентифікації аномалій дозволило до 1,9 разів підвищити достовірність ідентифікації, а комплексне використання методів ідентифікації зловживань в комп'ютерних системах критичного застосування дозволило підвищити оперативність ідентифікації до 2 разів.

Ключові слова: ідентифікація стану; комп'ютерна система критичного застосування; ідентифікаційні виміри; ідентифікації зловживань.

Вступ

В ході ідентифікації стану комп'ютерних систем критичного призначення (КСКП) одним із актуальних завдань залишається синтез результатів ідентифікаційних вимірів. При вирішенні та реалізації цього завдання дослідники зустрічаються зі складностями окремих часткових задач, наприклад, визначення найбільш інформативних метрик та їх ранжування, визначення критеріїв ідентифікації, оптимізації за множинами функціональних і вартісних показників тощо. Рішення цих задач передбачає безпосередній розгляд змісту розробленої системи ідентифікації стану КСКП. Для цього необхідно використовувати сукупність моделей, методів та засобів ідентифікації, які описані у [1–3]. Слід відзначити, що методи реалізації функцій ідентифікації стану, що наведені в цих роботах, а також вхідні дані та обмеження, суттєво звужують перелік технологій ідентифікації, що дозволяють ефективно вирішувати поставлені завдання. Отже, предметом дослідження є методи та засоби ідентифікації стану комп'ютерної системи критичного призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проведений аналіз літератури [1–15] показав, що на даний час існує багато підходів щодо ідентифікації технічних систем. Так, наприклад, в роботах [1, 7] наведено ряд моделей ідентифікації технічних систем, основаних на аналітичному, експериментальному та аналітично-експериментальному методах. Аналітичний метод передбачає отримання математичного опису об'єкта на основі законів фізики, механіки, хімії тощо. Такий підхід дає позитивний результат, якщо даний об'єкт досить простий за структурою і добре вивчений. Якщо ж об'єкт вивчений недостатньо або ж настільки складний, що аналітичний опис його математичною моделлю практично неможливий, то вдаються до експериментальних методів, суть яких зводиться до статистичної обробці технологічних даних. При експериментально-аналітичному методі апріорна модель, отримана аналітичним шляхом, уточняється у відповідних експериментах.

Слід зауважити що у більшості наведених робіт за основу математичної формалізації пропонується обрання систем диференційних рівнянь різного рівня складності. Нажаль, ця загальна класифікація та моделі не дають можливості врахування багатьох факторів, як нештатних ситуацій функціонування КСКП так і зовнішніх впливів. Але вибір структури моделі повинен диктуватися як умовами реалізації, так і вимогою адекватності.

В роботах [8, 9] зроблена спроба усунення вказаних недоліків. В цих роботах вказано, що в умовах апріорної невизначеності інтуїція є однією з складових процесу прийняття рішення про структуру моделі. При цьому на перший план виходить аналіз даних з метою отримання додаткових структурних властивостей даних, що відображають ті чи інші характерні риси системи. В цих роботах пропонується напрям, що дозволяє отримати додаткову інформацію про структуру об'єкта (інформаційний портрет), що задана в просторі "вхід-вихід".

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Дуже схожий к вищевказаному підхід описаний в роботах [4, 7]. В них математичну інтерпретацію процесу функціонування технічної системи пов'язують з поняттям функціонального стану. У математичній формі ця інтерпретація може бути записана в такому вигляді: $R \subset Q,$ де Q – відношення еквівалентності, визначене на множині станів моделі таким чином, щоб множина його класів на цій множині взаємно-однозначно відповідало множині імен цілей в управлінні об'єктом. Всі моделі, що задовольняють даній умові, можуть бути використані для вирішення завдань ситуаційного управління поведінкою об'єктів в просторі їхніх статків. В цих роботах визнається, що функціональний стан – це атрибут детермінованої моделі керованих змін в процесах функціонування технічного об'єкта, котрий:

а) характеризує в моделі стійку і рівноважну фазу цих процесів щодо заданої підмножини впливів зовнішнього середовища і обраного інтервалу часу існування об'єкта;

б) має унікальне ім'я, семантичну інтерпретацію і ідентифікується у значеннях параметрів цих процесів, знання яких і надаються на об'єкт, яким управляють.

Нажаль, вказаний перелік наукових досліджень також має певні обмеження використання, що суттєво ускладнює їх застосування в КСКП. Наприклад, при побудові інформаційних портретів немає чітких правил обрання інформаційних показників, їх градації та рекомендацій при використанні різними методами ідентифікації станів. При формуванні функціональних станів та відповідному математичному опису цього підходу не враховуються залежності змін функціональних станів від відповідних правил прийняття рішень та ін.

Аналіз літератури та проведені дослідження показали, що одним з найбільш ефективних підходів синтезу методів ідентифікації стану КСКЗ може бути компараторний підхід. Дана технологія ретельно досліджена та описана в роботах [1, 7]. Так в роботі [7] визначено, що однією з першочергових задач вважається задача синтезу моделей для скалярного багатокритеріального оцінювання варіантів. При цьому пропонується автоматичне оцінювання та вибір рішень за множиною часткових критеріїв з використанням методології компараторної ідентифікації переваг експертами. Але при вирішенні основного завдання найважливішою задачею стає визначення метрики для їх ранжування. Методологічною основою для побудови метрики пропонується використання теорії корисності [9], відповідно до якої для кожного з рішень з допустимої множини X може бути визначено значення його загальної корисності (цінності) $P(q,x)$, де q – вектор параметрів функції.

Визначення метрики $P(q,x)$ для ранжування рішень з множини $x \in X$ допустимих рішень полягає в розв'язанні задачі ідентифікації переваг особи, що приймає рішення, і передбачає розв'язання підзадач структурного та параметричного синтезу функції загальної корисності $P(q,x)$. У загальному випадку це передбачає вибір критерію подібності, набору інформативних вхідних даних, структури та параметрів функції, оцінки її точності (адекватності до переваг особи, що приймає рішення). За умови визначеної структури моделі $P(q,x)$ задача зводиться до визначення найкращих значень її параметрів з множини допустимих $q \in Q$ [1].

Слід відзначити, що в якості критерію ідентифікації, у залежності від умов функціонування КСКЗ при рішенні задач можна використовувати мінімум сумарної, сумарної квадратичної, максимальної, абсолютної чи відносної похибки оцінки загальної корисності, максимум функції точності вибору тощо [1].

Як зазначено у [1, 7] моделі багатокритеріального оцінювання та вибору синтезуються на основі адитивних, мультиплікативних або змішаних функцій загальної корисності з використанням вагових коефіцієнтів λ_i та функцій корисності $\zeta_i(x)$ часткових критеріїв $k_i(x)$, $i=\overline{1,m}$ [1]. При цьому найбільш поширеною функцією корисності часткових критеріїв є функція:

$$\zeta_i(x) = \left(\frac{k_i(x) - k_i^-}{k_i^+ - k_i^-} \right)^{\alpha_i}, \tag{1}$$

де α_i – параметр, що визначає вид залежності (1).

Як вказано в [1], недоліком функції корисності часткових критеріїв (1) вважається її нездатність реалізовувати S- та Z-подібні залежності, що більш адекватно описують ситуації вибору багатокритеріальних рішень з використанням нечіткої математики [9].

З метою врахування групового аргументу та структурно-параметричного синтезу моделей багатокритеріального оцінювання в цих роботах пропонується використання моделі на основі поліному Колмогорова-Габора [1]:

$$P(q,x) = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i \zeta_i(x) + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} \lambda_{ij} \zeta_i(x) \zeta_j(x) + \ldots,$$

де m – кількість часткових критеріїв;

λ_i, λ_{ij} – вагові коефіцієнти часткових критеріїв $k_i(x)$ та їх добутків, $\lambda_i \geq 0$, $\lambda_{ij} \geq 0$;

$\zeta_i(x)$ – функція корисності часткових критеріїв;

q – вектор параметрів моделі.

Незважаючи на існуючи переваги цього підходу ідентифікації та широку увагу до нього серед дослідників, ці методи також мають недоліки. Існує декілька причин, що ускладнюють використання цього математичного апарату при вирішенні завдання ідентифікації стану КСКП. Наприклад, однією із таких причин є фіксованість структури

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

опорних поліномів, яка обумовлює наступний факт: в процесі самоорганізації опису принципово відсутня можливість синтезу довільного полінома Колмогорова-Габора в процесі еволюційного відбору, породжуються і беруть участь в конкуренції тільки деякі з усіх можливих поліномів.

Формулювання мети статті

Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій у напрямі, який розглядається, показав, що актуальним є завдання розробки методів відбору найбільш інформативних показників та синтезу результатів ідентифікаційного вибору а також адаптація до умов функціонування загальної схеми ідентифікації стану КСКП.

Отже метою даної статті є проведення аналізу та розробки загальної схеми синтезу ідентифікаційних вимірів в системі ідентифікації стану комп'ютеризованої системи критичного призначення.

Результати досліджень

Виходячи з даних, отриманих у роботах [4–15] та узагальнюючи результати досліджень можна прийти до висновку, що загальна схема ідентифікації стану КСКП повинна включати до себе методи ідентифікації аномалій та методи ідентифікації зловживань.

Проведені дослідження показали що завдання ідентифікації аномалій в КСКП повинно бути вирішено в умовах дуже складних обмежень на достовірність результатів ідентифікації, причому оперативність вирішення цього завдання не повинно бути гіршим встановлених керівними документами вимог.

Математична формалізація цього завдання полягає у вирішенні оптимізаційної задачі мінімізації ймовірності помилки ідентифікації стану КСКП та виглядає таким чином.

$$P_{пом} \to \min, \mathrm{t}_{ід} \le t_{доп},$$

де $P_{пом}$ – ймовірність помилки ідентифікації стану КСКП;

$\mathrm{t}_{ід}$ – час, необхідний для ідентифікації аномалій КСКП;

$t_{доп}$ – допустимий час, необхідний для ідентифікації аномалій КСКП.

Декілька іншою виглядає постановка оптимізаційного завдання при синтезі ідентифікаційних зловживань. У зв'язку з достатньою достовірністю інтелектуальних методів ідентифікації стану існує необхідність мінімізації часу, при встановлених межах ймовірності помилки. Математично цю задачу можна формалізувати наступним чином.

$$\mathrm{t}_{ід} \to \min, P_{пом} \le P_{пом\,доп},$$

де $P_{пом\,доп}$ – допустима ймовірність помилки ідентифікації стану КСКП.

В цілому загальну систему ідентифікації стану КСКП можна представити у вигляді схеми, наведеної на рис. 1. На цій схемі наведено таки можливі вхідні дані, що визначені експериментальним шляхом:

X_1 – показник завантаження центрального процесору;

X_2 – показник завантаження оперативної пам'яті;

X_3 – показник кількості операцій запису на диск;

X_4 – показник об'єму переданих/отриманих даних;

X_5 – кількість операцій зчитування з диску;

X_6 – показник завантаження центрального процесору;

X_7 – температура функціонування центрального процесору;

V_1 – швидкість операцій зчитування з диску;

V_2 – швидкість передавання/отримання даних;

V_3, V_4 – сигнатури різних класів шкідливого програмного забезпечення;

V_5 – сигнатури різних видів вторгнень.

Слід зауважити, що основні наукові та практичні результати, отримані за допомогою методів ідентифікації стану на основі BDS-тестування, показника Херста, контрольних карт, дискримінантного та кластерного аналізу, з використанням нейронної мережі, Fuzzi Logic технології та ймовірнісних автоматів наведено у роботах [2–10].

Крім того, у зв'язку з різною характеристикою вихідних параметрів при синтезі ідентифікаційних вимірів аномалії та зловживань, об'єднання цих функцій в одну єдину схему на даний час не представляється можливим. Але і дані окремих ідентифікаційних вимірів стану КСКП, що отримані в схемах ідентифікації аномалій та зловживань, мають практичну цінність при визначені стану технічної системи.

Використовуючи дані та результати досліджень [2–7] проведено порівняльний аналіз розроблених методів ідентифікації аномалій в схемі синтезу ідентифікаційних вимірів КСКЗ. Показниками аналізу в цьому прикладі стали ймовірності хибнонегативної ідентифікації та ймовірності хибнопозитивної ідентифікації. Результати порівняльного аналізу наведено на рис. 2.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

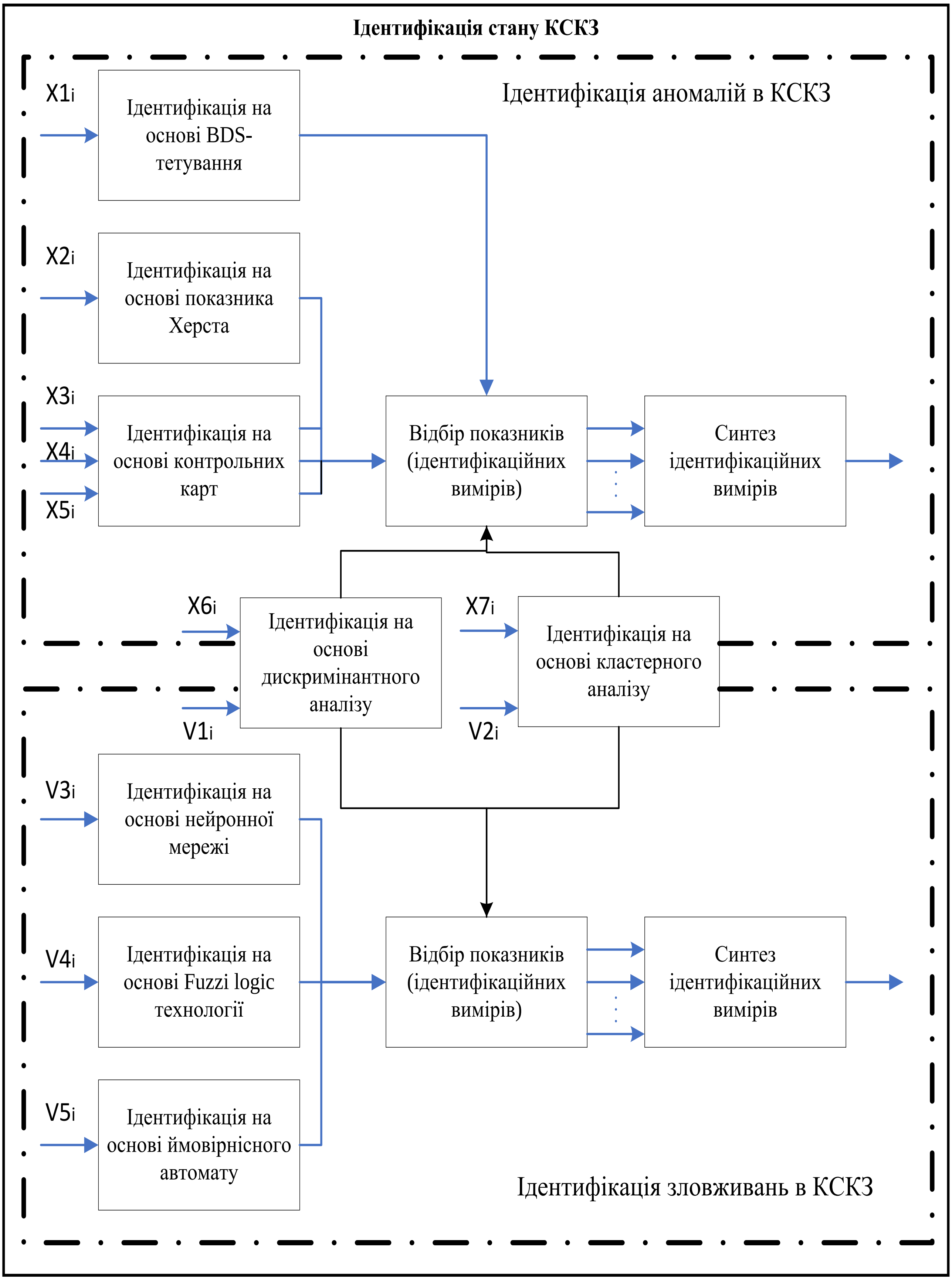


Рис. 1. Загальна система ідентифікації стану КСКП

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

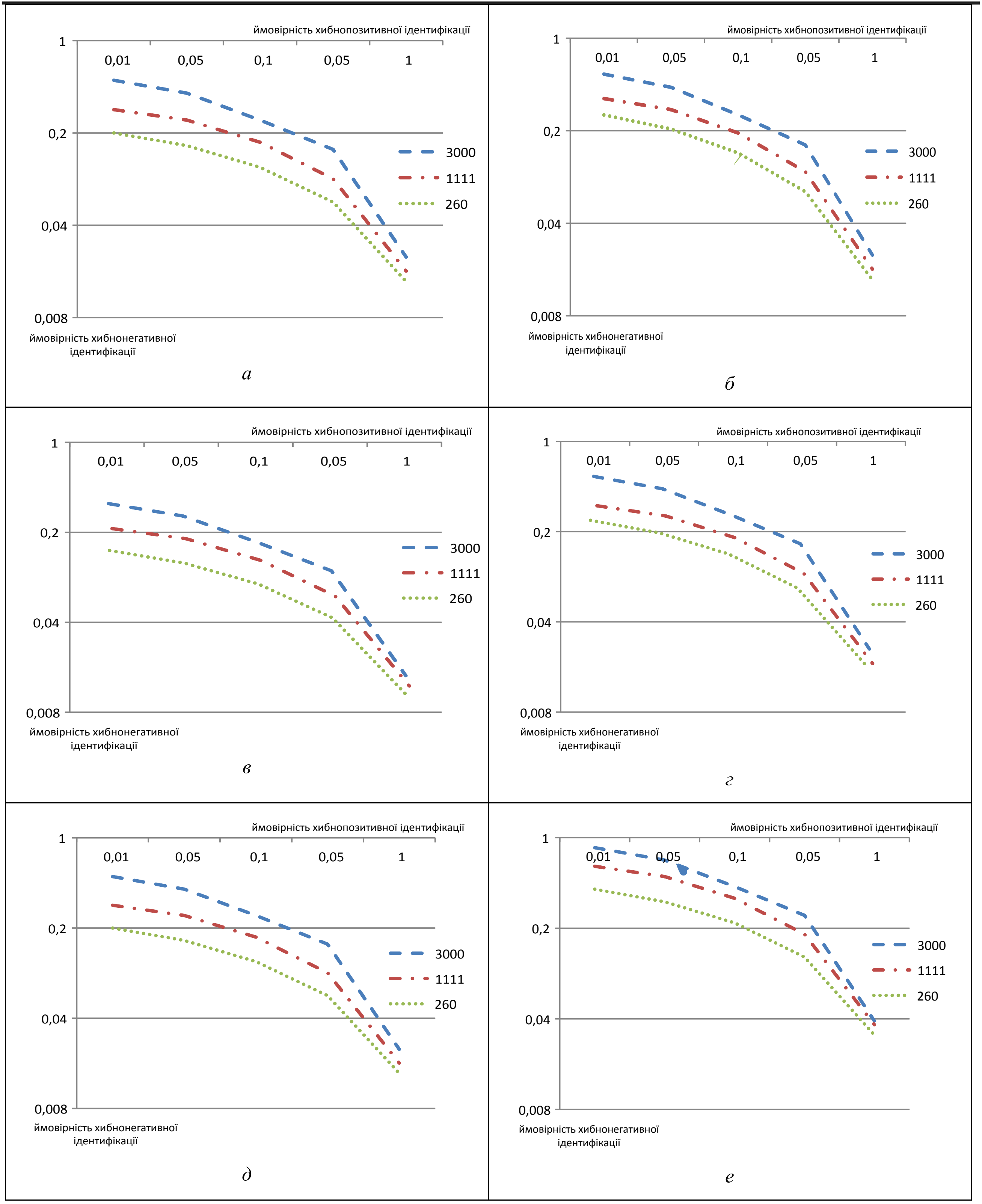


Рис. 2. Результати порівняльного аналізу методів ідентифікації стану

На цьому рисунку графіки 2, а відповідають результатам ідентифікації аномалії з використанням розробленої схеми, а графіки 2, б, в, г, д, е – результатам виконання функції ідентифікації за допомогою BDS-тестування, показника Херста, контрольних карт, дискримінантного та кластерного аналізу відповідно, для реєстрованих даних розміром 3000, 1111, 260.

Як бачимо, комплексне використання методів ідентифікації аномалій КСКП (рис. 1) дозволить підвищити достовірність ідентифікації (знизити ймовірність $P_{пом}$ помилки) до 1,9 разів в порівнянні з звісними методами, або використанням тих же методів, але окремо.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Проведено порівняльний аналіз розроблених методів ідентифікації зловживань в схемі синтезу ідентифікаційних вимірів КСКЗ. Результати аналізу у вигляді графіків часу ідентифікації в залежності від кількості реєстрованих даних наведено на рис. 3.

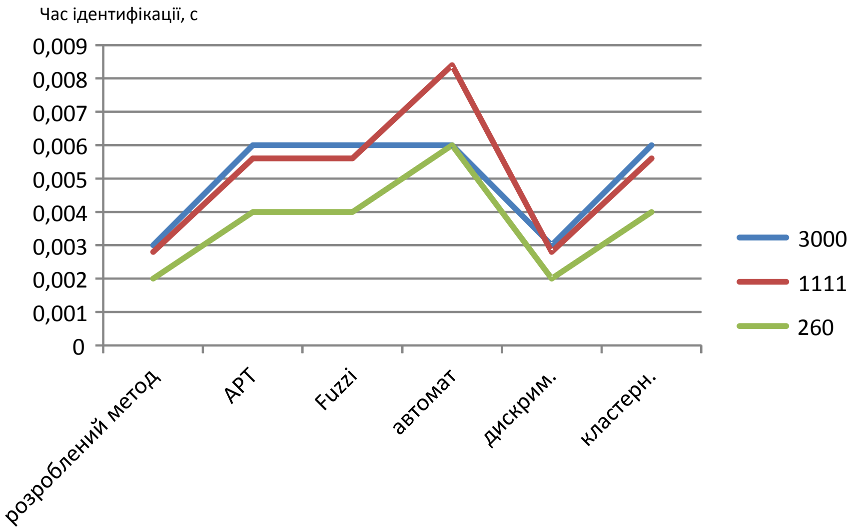


Рис. 3. Графіки часу ідентифікації зловживань КСКЗ в залежності від кількості реєстрованих даних

Як видно з цих графіків комплексне використання методів ідентифікації зловживань в КСКП дозволить підвищити оперативність ідентифікації (знизити час $t_{i\partial}$) до 2 разів в порівнянні з звісними методами (у тому числі з використанням нейронної мережі).

Висновки

Таким чином, у статті проведено аналіз методів синтезу ідентифікаційних вимірів в комп'ютеризованій системі критичного застосування. Визначено основні перспективні напрямки подальших досліджень. У результаті визначеної класифікації методів ідентифікації стану КСКП сформульовано основні оптимізаційні задачі та наведено приклад можливого використання звісного математичного апарату при їх вирішенні. Це дозволило синтезувати загальну схему ідентифікації стану КСКП, що відрізняється від відомих комплексним використанням вдосконалених методів ідентифікації та їх адаптацією до можливих змін вхідних даних.

Комплексне використання методів ідентифікації аномалій дозволило до 1,9 разів підвищити достовірність ідентифікації, а комплексне використання методів ідентифікації зловживань в КСКП дозволило підвищити оперативність ідентифікації до 2 разів.

Список літератури

1. Безкоровайний В. В., Драз О. М., Семенець В. В. Синтез моделей багатокритеріального оцінювання методом компараторної ідентифікації. Матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання", м. Івано-Франківськ, 14-19 травня 2018 року. Івано-Франківськ : 2018. С. 266–269.

2. Kuchuk, G. A., Kovalenko, A. A., Mozhaev, A. A. (2010), "An Approach To Development Of Complex Metric For Multiservice Network Security Assessment", *Statistical Methods Of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proc. Int. Conf., October 13-14, 2010*, Kyiv : NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP, P. 158–160.

3. Гавриленко С. Ю., Горносталь А. А. Разработка адаптивных шаблонов фиксации аномального поведения компьютерной системы. *Системи обробки інформації*. 2016. № 3 (140). С. 11–14.

4. Семенов С. Г., Гавриленко С. Ю., Челак В. В. Разработка шаблонов идентификации состояния компьютерных систем на основе BDS-тестирования. *Вісник НТУ "ХПІ": Інформатика та моделювання*. Харків, 2016. № 21. С. 118–125.

5. Kosenko, V. (2017), "Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, P. 4–9. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01

6. Гавриленко С. Ю., Семенов С. Г., Челак В. В. Разработка метода выявления аномального поведения компьютерной системы на основе вероятностного автомата. *Безпека інформації*. Київ, 2018. Т. 24, № 3. С. 163–168. DOI: 10.18372/2225-5036.24.13427

7. Петров К. Э. Компараторная идентификация модели формирования индекса устойчивого развития. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2009. № 1. С. 36–46.

8. Gavrilenko, S., Gavrilenko, S. Yu. (2015), "Formation and study of heuristics in antivirus analyzers using the Mamdani algorithm", *Journal of Qafqaz university, Azerbadhan, Mathematics and computer science*, Vol. 3, No. 3, P. 116–120.

9. Semenov, S., Sira, O, Gavrylenko, S., Kuchuk, N. (2019), "Identification of the state of an object under conditions of fuzzy input data", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1, No. 4 (97), P. 22–29. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157085

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

10. Гавриленко С. Ю., Семенов С. Г., Бабенко А.С. Розробка системи виявлення комп'ютерних вірусів на основі нейронної мережі АРТ-1. *Системи обробки інформації*. Харків : ХУПС, 2015. Вип. 10 (135). С. 126–129.
11. Manikandan, V., Porkodi, V., Amin Salih Mohammed, Sivaram, M. (2018), "Privacy preserving data mining using threshold based fuzzy cmeans clustering", *ICTACT Journal On Soft Computing*, Vol. 09, Issue 01, P. 1813–1816.
12. Semenov, S., Sira, O, Kuchuk, N. (2018), "Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm", *Eastern-European journal of enterprise technologies*. No. 2/4 (92), P. 39–46. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127210
13. Ruban, I., Kuchuk, H., Kovalenko, A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), P. 75–81. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075
14. Коваленко А. А., Кучук Г. А., Рубан И. В. Использование временных шкал при аппроксимации длины очередей компьютерных сетей. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2018. № 2 (4). С. 12–18. DOI: http://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012
15. Amin Salih Mohammed, Yuvaraj, D., Sivaram Murugan, M., Porkodi, V. (2018), "Detection and removal of black hole attack in mobile ad hoc networks using grp protocol", *International Journal of Advanced Computer Research*, Vol. 9, No. 6, P. 1–6. DOI: http://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335

References

1. Bezkorovayny, V. V., Dras, O. M., Semenec, V. V. (2018), "Synthesis of models of multicriterion estimation by the method of comparative identification" ["Syntez modeley bahatokryterialʹnoho otsinyuvannya metodom komparatornoyi identyfikatsiyi"], *Materials of the articles of the International scientific and practical conference "Information Technologies and Computer Modeling", Ivano-Frankivsk, May 14-19, 2018*, Ivano-Frankivsk, P. 266–269.
2. Kuchuk, G. A., Kovalenko, A. A., Mozhaev, A. A. (2010), "An Approach To Development Of Complex Metric For Multiservice Network Security Assessment", *Statistical Methods Of Signal and Data Processing (SMSDP – 2010): Proc. Int. Conf., October 13-14, 2010*, Kyiv : NAU, RED, IEEE Ukraine section joint SP, P. 158–160.
3. Gavrilenko, S. Iu., Gornostal, A. A. (2016), "Development the adaptive templates for fixing of the anomalous behavior of the computer system" ["Razrabotka adaptivnykh shablonov fiksatsii anomalnogo povedeniia kompiuternoi sistemy"], *Information Processing Systems*, Vol. 3 (140), P. 11–14.
4. Semenov, S., Gavrilenko, S., Chelack, V. (2016), "Design templates for identification state of computer systems are based on BDS-test", *Herald of the National Technical University "KhPI" : Series "Informatics And Modeling"*, No. 21, P. 118–125. DOI: https://doi.org/10.20998/2411-0558.2016.21.13
5. Kosenko, V. (2017), "Mathematical model of optimal distribution of applied problems of safety-critical systems over the nodes of the information and telecommunication network", *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 2, P. 4–9. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.2.01
6. Gavrilenko, S., Semenov, S., Chelack, V. (2018), "Development of anomalous computer behavior detection method based on probabilistic automaton", *Ukrainian Scientific Journal of Information Security*, Vol. 24, No. 3, P. 163–168. DOI: 10.18372/2225-5036.24.13427
7. Petrov, K. E. (2009), "Comparative identification of the model for the formation of the index of sustainable development" ["Komparatornaya ydentyfykatsyya modely formyrovanyya yndeksa ustoychyvoho razvytyya"], *System research and information technology*, No. 1, P. 36–46.
8. Gavrilenko, S., Gavrilenko, S. Yu. (2015), "Formation and study of heuristics in antivirus analyzers using the Mamdani algorithm", *Journal of Qafqaz university, Azerbadhan, Mathematics and computer science,* Vol. 3, No. 3, P. 116–120.
9. Semenov, S., Sira, O, Gavrylenko, S., Kuchuk, N. (2019), "Identification of the state of an object under conditions of fuzzy input data", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1, No. 4 (97), P. 22–29. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.157085
10. Semenov, S. H., Havrylenko, S. Yu., Hloba, S. M., Babenko, O. S. (2015), "Development of computer viruses detection system based on ART-1 neural network", *Information Processing Systems*, Vol. 10 (135), P. 126–129.
11. Manikandan, V., Porkodi, V., Amin Salih Mohammed, Sivaram, M. (2018), "Privacy preserving data mining using threshold based fuzzy cmeans clustering", *ICTACT Journal On Soft Computing*, Vol. 09, Issue 01, P. 1813–1816.
12. Semenov, S., Sira, O, Kuchuk, N. (2018), "Development of graphic-analytical models for the software security testing algorithm", *Eastern-European journal of enterprise technologies*. No. 2/4 (92), P. 39–46. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127210
13. Ruban, I., Kuchuk, H., Kovalenko, A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (1), P. 75–81. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.075
14. Kovalenko, A., Kuchuk, H., Ruban, I. (2018), "Using time scales while approximating the length of computer networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (4), P. 12–18. DOI: http://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.4.012
15. Amin Salih Mohammed, Yuvaraj, D., Sivaram Murugan, M., Porkodi, V. (2018), "Detection and removal of black hole attack in mobile ad hoc networks using grp protocol", *International Journal of Advanced Computer Research*, Vol. 9, No. 6, P. 1–6. DOI: http://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i6.6335.

Надійшла (Received) 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гавриленко Світлана Юріївна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", професор кафедри обчислювальна техніка та програмування, Харків, Україна; e-mail: gavrilenko08@gmail.com; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-6919-0055.

Гавриленко Светлана Юрьевна – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", профессор кафедры вычислительная техника и программирование, Харьков, Украина.

Gavrylenko Svitlana – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Professor of the Department of Computer Science and Programming, Kharkiv, Ukraine.

СИНТЕЗ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЕ КРИТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Предметом исследования являются методы и средства идентификации состояния компьютерной системы критического назначения. **Целью** данной статьи является проведение анализа и разработки общей схемы синтеза идентификационных измерений в системе идентификации состояния компьютерной системы критического назначения. В статье решены следующие **задачи**. Проанализированы методы отбора информативных показателей идентификации состояния и методы синтеза идентификационных измерений в компьютерной системе критического назначения. В результате проведенного анализа сформулированы основные оптимизационные задачи и приведен пример возможного использования известного математического аппарата при их решении. При решении поставленных задач были использованы **методы** многокритериального оценивания, дискриминантного и кластерного анализа, математической статистики и компараторный подход. Полученные **результаты**. Проведенные исследования показали, что общая схема идентификации состояния компьютерной системы критического назначения должна включать методы идентификации аномалий и методы идентификации злоупотреблений, а задача идентификации аномалий в ней должна быть решена в условиях очень сложных ограничений на достоверность результатов идентификации, причем оперативность решения этой задача не должна быть хуже установленных руководящими документами требований. В результате синтезирована общая схема идентификации состояния компьютерной системы критического применения, которая отличается от известных комплексным использованием усовершенствованных методов идентификации и их адаптацией к возможным изменениям входных данных; экспериментальным путем определено множество возможных входных показателей для идентификации состояния; проведен сравнительный анализ методов идентификации состояния; получены графики времени идентификации злоупотреблений в компьютерной системе критического назначения в зависимости от количества регистрируемых данных. **Вывод:** комплексное использование методов идентификации аномалий позволило в 1,9 раза повысить достоверность идентификации, а комплексное использование методов идентификации злоупотреблений в компьютерных системах критического применения позволило повысить оперативность идентификации до двух раз.

Ключевые слова: идентификация состояния; компьютерная система критического применения; идентификационные измерения; идентификация злоупотреблений.

SYNTHESIS OF IDENTIFICATION MEASUREMENTS IN THE COMPUTER SYSTEM OF CRITICAL PURPOSE

The **subject** of the study is the methods and means for identifying the state of a computer system of critical purpose. The **aim** of this article is to conduct an analysis and development of a general scheme for the synthesis of identification measurements in the system of identification of the state of a computer system of critical purpose. The article solves the following **tasks**. The methods of selection of informative indicators of state identification and methods for the synthesis of identification measurements in a computer system of critical purpose are analyzed. As a result of the analysis, the main optimization problems are formulated and an example of the possible use of the known mathematical device in their solution is given. When solving the tasks, **methods** of multi-criteria evaluation, discriminant and cluster analysis, mathematical statistics and comparative approach were used. **Results** obtained. Studies have shown that the general scheme for identifying the state of a computer system of critical purpose should include methods for identifying abnormalities and methods for identifying abuses. The task of identifying anomalies should be solved under very difficult constraints on the authenticity of the results of identification, and the efficiency of the solution to this problem should be worse than the requirements set forth in the guideline documents. As a result, a general scheme for identifying the state of a computer system of critical purpose that differs by the complex use of advanced identification methods and their adaptation to possible changes in input data is synthesized. The set of possible input indicators for state identification was experimentally determined. A comparative analysis of state identification methods was conducted. The timetables for identifying abuses in a computer system of critical purpose, depending on the number of recorded data were received. **Conclusion**: the complex use of the methods of identification of anomalies allowed to increase the authenticity of identification to 1,9 times, and the complex use of methods for identifying abuses in computer systems of the critical purpose allowed to increase the efficiency of identification up to 2 times.

Keywords: state identification; computer system of critical purpose; identification dimensions; identification of abuses.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Гавриленко С. Ю. Синтез ідентифікаційних вимірів в комп’ютерній системі критичного призначення. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 36–43. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.036.

Gavrylenko, S. (2019), "Synthesis of identification measurements in the computer system of critical purpose", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 36–43. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.036.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

УДК 004.94 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.044

А. В. Ищенко

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ОТСКАНИРОВАННЫХ ДОКУМЕНТОВ НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Предметом исследования в статье является модуль сегментации, созданный на базе комбинированного метода сегментации изображений, и внедренный в интеллектуальную систему обработки отсканированных документов, используемую в Одесской полиграфической компании "Студия "Печать". **Целью** работы является разработка модуля сегментации изображений для повышения оперативности интеллектуальной системы обработки отсканированных документов полиграфической компании "Студия "Печать". Для этого используется комбинированный метод сегментации изображений отсканированных документов, который позволяет сократить время обработки изображения. В статье решаются следующие **задачи**: анализ существующих методов сегментации изображений, которые используются в интеллектуальных системах обработки отсканированных документов; разработка процедур для модуля сегментации на основе комбинированного метода сегментации изображений для интеллектуальной системы обработки отсканированных документов. В работе используются **методы**: методы цифровой обработки изображений, методы фильтрации и морфологического анализа изображений, методы математического анализа, нейронные сети. Получены следующие **результаты**: результаты обработки изображений с помощью интеллектуальной системы обработки отсканированных документов на базе предложенного модуля сегментации подтверждают работоспособность процедур модуля сегментации изображений. Среднее время обработки изображений отсканированных документов составило 5,3 с по сравнению с ранее полученным – 42 с, что позволяет сделать вывод об увеличении оперативности исследуемой интеллектуальной системы обработки отсканированных документов. **Выводы**: Внедрение разработанного модуля сегментации изображений в интеллектуальную систему обработки отсканированных документов полиграфической компании "Студия "Печать" позволило сократить время обработки изображений отсканированных документов в 8 раз при сохранении достаточного качества, благодаря чему увеличилась оперативность данной интеллектуальной системы.

Ключевые слова: сегментация изображений; отсканированные документы; обработка документов; интеллектуальная система.

Введение

Современные предприятия все чаще переходят на использование электронных архивов документов, т. к. работа с ними имеет преимущества: облегчается поиск и хранение информации в больших базах данных, облегчается передача документов по цифровым каналам связи, качество документов со временем не ухудшается, в связи с чем увеличивается надежность их хранения. В зависимости от задач и целей предприятий обработка таких документов выполняется с помощью различных интеллектуальных систем обработки отсканированных документов (ИСООД).

В связи с научно-техническим прогрессом объем документации на предприятиях имеет тенденцию к постоянному росту. Часто приходится сканировать печатные документы с целью последующей пересылки по электронной почте или архивного хранения, поэтому возникает задача обработки большого количества отсканированных документов. В связи с этим возрастают требования к оперативности обработки печатных документов, следовательно, и к оперативности интеллектуальных систем. Недостаточная оперативность ИСООД приводит к: 1) длительному времени обработки документов; 2) невозможности предоставления документов в установленные сроки; 3) увеличению времени на поиск документов в больших БД и их подготовки при аудиторских проверках.

Таким образом, актуальным является усовершенствование существующих ИСООД для повышения их оперативности.

Анализ проблемы и существующих методов

Существует большое разнообразие ИСООД, используемых на различных предприятиях, например, наиболее распространенные – FineReader, ABBYY FormReader, OCR CuneiForm, Readiris Pro7, OmniPage 11 и др. Они отличаются оперативностью и качеством обработки документов.

Предполагается, что недостаточная оперативность существующих ИСООД во многом может определяться недостаточной оперативностью блока сегментации, который используется в таких системах. Сегментация является важным этапом в работе интеллектуальных систем обработки документов. При качественном сканировании изображения документов часто имеют достаточно большой размер, использование которых неэффективно в электронных архивах. Сегментация предназначена для уменьшения обрабатываемой информации, и чем меньше времени уходит на обработку изображения, тем выше оперативность интеллектуальной системы. Качество обработки документов интеллектуальной системой определяется качеством сегментации изображения, которое должно быть достаточным для конечного пользователя.

Определим качество сегментации как процент пикселей изображения, которые правильно сегментированы как определенный класс: текст, фото, графика и фон. Будем считать его достаточным, если вероятность сходства изображения,

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

сегментированного экспертом, и изображения, сегментированного определенным методом, составляет не менее 85%. Такое числовое значение выбрано исходя из предварительных исследований оценки качества сегментации изображения исследователями.

Сегментация – важный этап обработки документа в ИСООД, целью которого является разделение изображения на однородные области по определенному признаку. Такие области могут содержать, например, только текст, или таблицы, или графику, или фотоизображения и др. Сегментация изображений отсканированных документов широко используется в системах оптического распознавания символов (OCR) [1]. В большинстве случаев качество распознавания символов в системах OCR зависит от результата сегментации. В системах, использующих модель растрового контента (MRC) [2, 3], изображение представляется в виде слоев, каждый из которых содержит объекты определенного типа и независимо сжимается выбранными кодерами. Использование MRC-модели для представления изображений предназначено для определенных типов документов и иногда приводит к значительному искажению изображения документа. В [4] сегментация применяется для извлечения графики и текста из изображений, содержащих чертежи, в работе также решается проблема пересечения областей графики и текста. В [5] – сегментация используется для извлечения текста, фото и линий разделителей из статей, рекламных буклетов, визиток. Сегментация с помощью классификации связных компонент изображений на текстовые области и нетекстовые используется в [6].

Для решения задачи сегментации изображений отсканированных документов с целью повышения оперативности ИСООД необходимы методы, которые удовлетворяют быстрой обработке изображения. Для эффективности работы ИСООД качество сегментации таких документов должно быть достаточным для цели обработки качества.

Целью данной статьи является повышение оперативности ИСООД, которая используется в полиграфической компании "Студия "Печать" (г. Одесса) путем сокращения времени обработки изображения. Для сокращения времени обработки изображения отсканированного документа разрабатывается модуль, который для сегментации изображения использует комбинированный метод сегментации изображения отсканированного документа [7].

Постановка задачи исследования

Одним из направлений работы полиграфической компании полиграфической компании "Студия "Печать" (г. Одесса) является обработка изображений отсканированных документов с целью упорядочивания и хранения информации.

Как уже было замечено, хранение документов в электронном виде удобно для быстрого поиска необходимой информации, передачи их по электронной почте и много другого. Поэтому ЧП "Студия "Печать" предоставляет сервис по переводу документов в цифровую форму для создания и наполнения электронных архивов и каталогов предприятий, а также наполнений систем документооборота библиотек, коммерческих и некоммерческих компаний с помощью ИСООД Cognitive PDF/A (рис. 1) [1].

Документ, поступивший на сканирование в компанию "Студия "Печать", проходит несколько этапов обработки: определяется объем документа – количество страниц, формат, параметры сканирования; этап сканирования; изображения отсканированных документов вводятся в компьютер, и, согласно схеме (рис. 1), обрабатываются для распознавания и архивируются для дальнейшего хранения; обработанные изображения отсканированных документов копируются на удобный для клиента носитель.

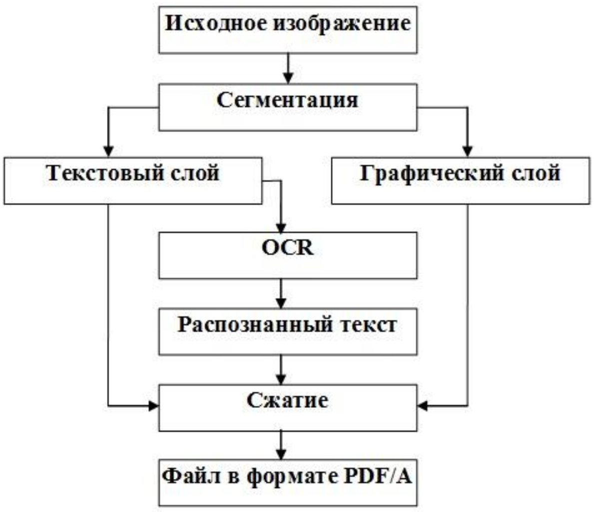


Рис. 1. Общая схема ИСООД Cognitive PDF/A [1]

Сканирование документов на предприятии происходит с помощью поточных сканеров Fujitsu-fi-5950, которые предназначены для сканирования больших объемов документов. Скорость сканирования на таком оборудовании составляет 125 стр./мин. Также данный вид сканера позволяет выполнять двусторонне сканирование, что влияет на скорость сканирования. Это обеспечивает быструю подготовку пакета документов, например, для аудита. Также на предприятии "Студия "Печать" предоставляется услуга по сканированию чертежей, планов, схем больших размеров (до 1000 мм). Для этого используются сканеры Colortrac (Smart LF Ci 40).

Перед компанией "Студия "Печать" клиенты ставят следующие задачи: скорость обработки большого количества документов в периоды аудита при достаточном качестве сегментации изображений отсканированных документов на текст, фото и графику.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Однако система, представленная на рис. 1, не обеспечивала достаточно быструю обработку изображений отсканированных документов. Предположительно, это связано с тем, что модуль сегментации изображений не удовлетворял требованиям одновременно к быстрой обработке и достаточному качеству сегментации изображений отсканированных документов.

Разработка модуля сегментации изображений для ИСООД, используемой в компании "Студия "Печать"

Учитывая перечисленные задачи в предыдущем подразделе, которые ставятся перед компанией "Студия "Печать", предлагается использовать модуль сегментации на основе комбинированного метода сегментации изображения отсканированного документа вместо модуля сегментации ИСООД Cognitive PDF/A, которая используется в компании "Студия "Печать".

В системе оцифровки документов Cognitive PDF/A компании "Студия "Печать" реализован модуль сегментации для различных типов документов, например, финансовых документов, журнальных статей и других документов, которые содержат текст, графику, фото.

На рис. 2 приведена схема ИСООД Cognitive PDF/A с внедренным разработанным модулем сегментации (выделено серым). Согласно данной схеме в первом модуле происходит сбор данных, в котором печатные документы из внешней среды поступают на сканер. Во втором модуле отсканированные документы сохраняются в базе данных используемых изображений документов. В третьем модуле изображение отсканированного документа проходит предварительную обработку, и затем сегментируется.

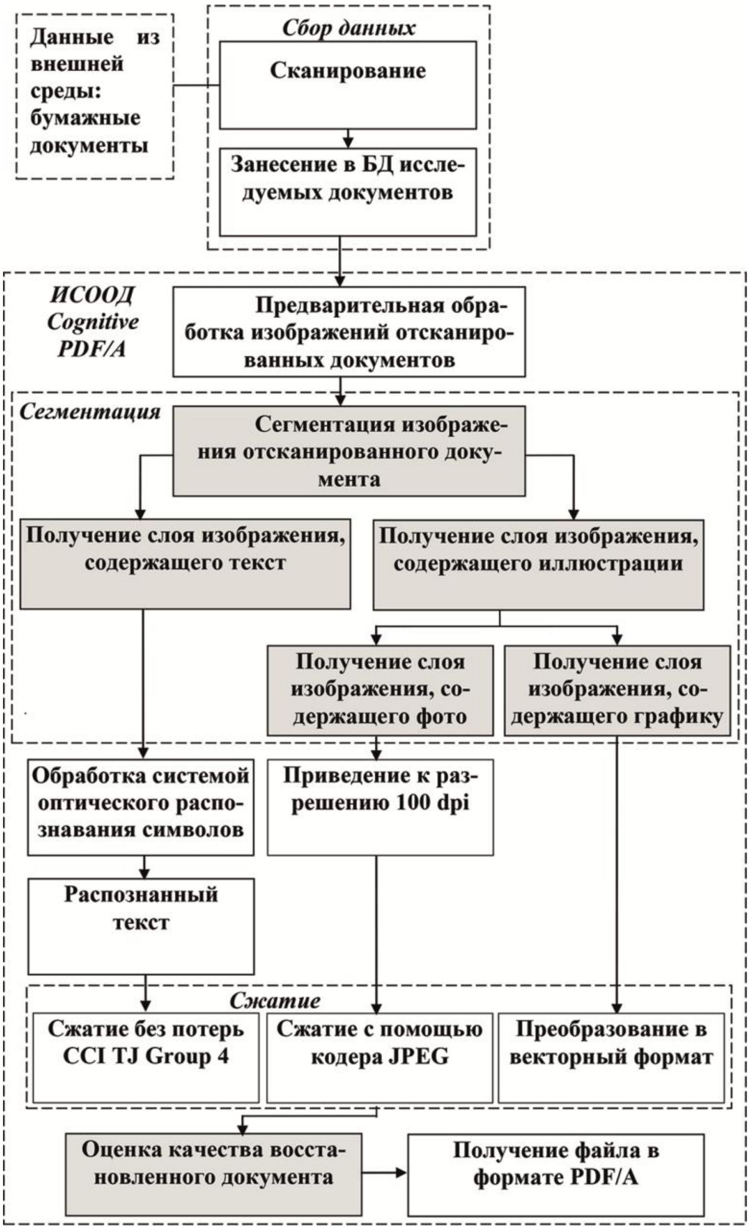


Рис. 2. Схема усовершенствованной ИСООД Cognitive PDF/A

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

В результате сегментации изображение отсканированного документа представляется в виде трех изображений, или слоев. Первый слой содержит области исходного изображения отсканированного документа, соответствующее текстовой информации, второе изображение слоя содержит графику, третье – фото. Такое представление изображения позволяет распознать текстовые области с помощью модуля оптического распознавания символов.

В качестве модуля распознавания символов в системе Cognitive PDF/A используется OCR CuneiForm с открытым исходным кодом. Заключительным модулем системы является архивирование полученных изображений слоев и распознанного текста в формате PDF/A. Данный формат базируется на описании стандарта PDF версии 1.4 от Adobe Systems Inc. и предназначен специально для долговременного архивного хранения электронных документов.

Существующая в компании "Студия "Печать" ИСООД не отвечает требованиям оперативности, т. к. имеет модуль сегментации, не удовлетворяющий требованиям к достаточному качеству сегментации и времени обработки изображений отсканированных документов. Поэтому для повышения оперативности ИСООД вместо существующего модуля сегментации предлагается использовать модуль, процедуры которого реализуют разработанный в [7] комбинированный метод сегментации и идентификации однородных областей изображений отсканированных документов на базе разработанной модели [8] представления этих изображений.

Этапы комбинированного метода сегментации.

1. Сегментация изображения отсканированного документа на области, содержащие иллюстрации (фото и графику), и текстовые области, и фон, используя метод с усредняющей фильтрацией [9]. Данный метод основан на методе сегментации Блумберга с заполнением отверстий [10]. Метод выделения областей иллюстраций Блумберга с заполнением отверстий использует операцию уменьшения изображения, которая используется для сокращения обрабатываемой информации. Рассмотрим операцию порогового уменьшения изображения 4×1 более подробно.

Пусть имеется бинарное изображение, в котором значения фоновых пикселей равны 1, а значения остальных пикселей равны 0. Изображение разбивается на блоки размерности 2×2. Каждый блок пикселей изображения размерностью 2×2 заменяется одним пикселем. Значение пикселя, на которое заменяется блок 2×2 равно либо 0, либо 1 в зависимости от выбранного порога, который может принимать значения от 1 до 4. Значение пикселя, на которое заменяется блок пикселей 2×2 равно 1, если сумма значений четырех пикселей блока больше либо равна выбранному порогу, в противном случае значение пикселя равно 0. После однократной операции уменьшения 4×1 количество пикселей изображения уменьшается с 2^n до 2^{n-2}, где n – размерность блока (рис. 3).

В отличие от метода Блумберга вместо операции уменьшения изображения, которая ухудшает качество сегментации, используется усредняющая фильтрация с пороговым преобразованием. Это позволяет сохранить достаточное качество сегментации изображения на текстовые области и области, содержащие иллюстрации.

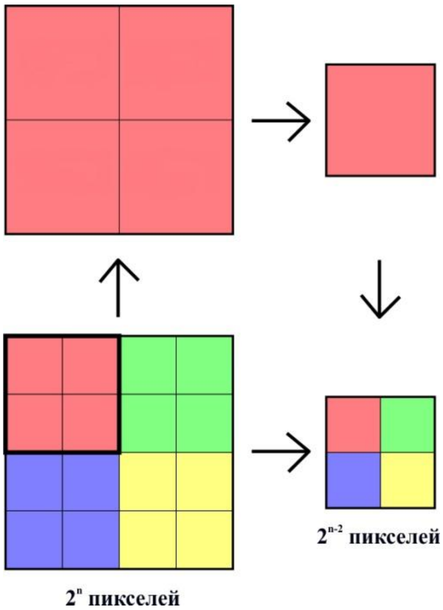


Рис. 3. Операция порогового уменьшения изображения 4×1

2. Идентификация областей фото и графики. Для этого используется метод идентификации областей графики и фото [7] с вычислением статистическо-геометрических признаков, а именно: оценки математического ожидания высоты перепада интенсивности на границах областей однородной интенсивности – признак $f_1(i, j)$ и соотношения размеров объектов – признак $f_2(i, j)$. При этом используется блочная обработка для сокращения времени обработки изображения. Полученные значения признаков для каждого блока l нормировались по формуле:

$$z_k(i, j) = \frac{p_k(i, j)}{p_{k\max}}\ , \ k = 1, 2\ , \qquad (1)$$

где $z_k(i, j)$ – нормированное значение признака k-го признака в блоке с индексами i, j, $p_k(i, j)$ – исходное ненормированное значение k-го признака блока с индексами i, j; $p_{k\max}$ – максимальное значение k-го признака по всем блокам областей, содержащих графику/фото для всех изображений.

На рис. 4 изображены примеры обучающей выборки в пространстве двух данных признаков z_1 и z_2 для 5 изображений. Маркеры "×", "□" отображают примеры обучающих выборок, которые имеют значения выходов "графика" и "фото" соответственно.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

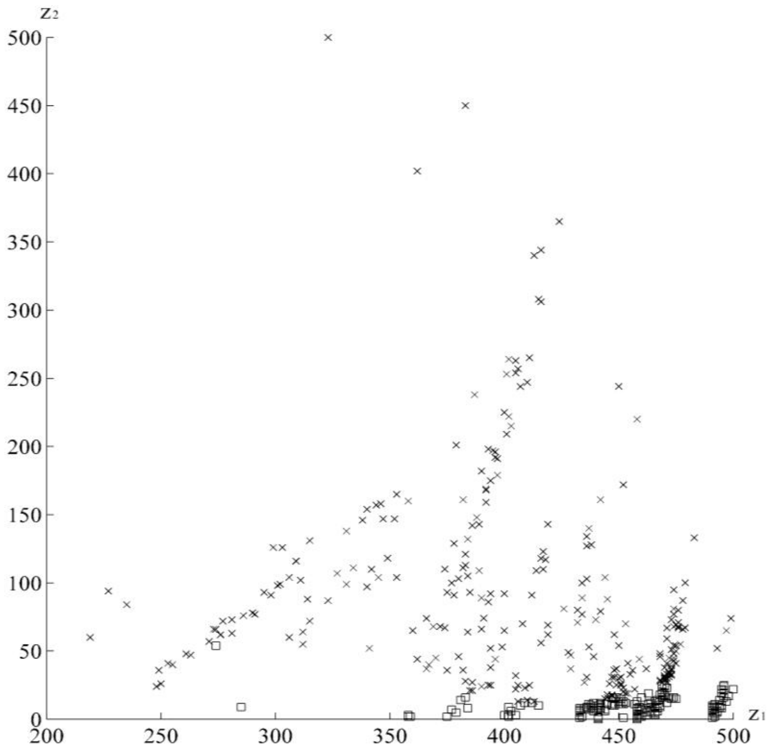


Рис. 4. Примеры обучающей выборки в пространстве двух признаков

3. Классификация областей графики и фото полиномиальной машиной опорных векторов. Выбор классификации анализируемых областей машиной опорных векторов обоснован тем, что для классификации методом опорных векторов, в отличие от большинства других методов, достаточно небольшого набора данных, что делает его наиболее быстрым для нахождения решающих правил. Работа данного метода сводится к решению задачи квадратичного программирования, которая всегда имеет единственное решение, и находит разделяющую гиперплоскость максимальной ширины, что позволяет осуществлять наиболее точную классификацию.

Машина опорных векторов в работе предназначена для классификации объектов на 2 класса. На вход каждой машины опорных векторов подается объект, который ранее не классифицировался. Далее рассчитывается расстояние от неизвестного объекта до границы каждого из классов. Затем неизвестный объект относится к тому классу, расстояние до границы которого наименьшее.

В работе с помощью машины опорных векторов [12] классифицируются области, содержащие фотоизображения, и области графики. На этапе 1 комбинированного метода сегментации на каждом изображении выделяются области, содержащие графику и фото. Затем эти области разбиваются на блоки размерности $N \times N$, и для каждого блока вычисляется вектор признаков $p^{train}\left(i,j\right)=\left(p_1\left(i,j\right),p_2\left(i,j\right)\right)$, который нормируется по формуле (1). Обучающую выборку составляют нормированные вектора признаков $z^{train}\left(i,j\right)=\left(z_1\left(i,j\right),z_2\left(i,j\right)\right)$ для каждого блока изображения. В нее также входят целевые значения $y(i,j)$ для каждого блока. В качестве целевых значений принимается мода, т.е. наиболее часто встречающееся значение всех меток пикселей для данного блока, т. к. она показывает наиболее вероятную принадлежность к определенному классу.

4. Выделение текстовых фрагментов из фона, используя обработку в окрестности каждого пикселя, а именно: сначала используется низкочастотная фильтрация, которая сглаживает значения интенсивности изображения внутри однородных областей текста и фона, затем применяется пороговое преобразование.

Для эксперимента были отобраны документы трех различных компаний-клиентов "Студия "Печать": аудиторской компании, медицинского центра и учебного заведения. Размеры изображений отсканированных документов составляли 2550×3506 со средним размером файла 2,44 Мб. Сканирование этих документов производилось с разрешением в 300 точек/дюйм.

Результаты обработки изображений (рис. 5) с помощью усовершенствованной ИСООД путем предложенного модуля сегментации подтверждают его работоспособность. Среднее время обработки изображений отсканированных документов составило 5,8 с по сравнению с использованием настоящего модуля сегментации – 42 с. Сокращение время обработки документов позволяет сделать вывод об увеличении оперативности усовершенствованной ИСООД.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Рис. 5. Результаты обработки изображений отсканированных документов разработанным модулем сегментации:
а – исходные изображения; *б* – результат экспертной разметки; *в* – результат сегментации.
(светло-серым обозначена графика, серым – текст, темно-серым – фото)

Методы сжатия, используемые в интеллектуальной системе Cognitive PDF/A

Для увеличения коэффициента сжатия слой изображения, содержащий графику и фото, и слой, содержащий текст, сжимаются разными способами. Этот модуль в системе обработки документов не менялся. Рассмотрим его более подробно.

Слой, содержащий фотоизображение, преобразуется к разрешению 100 dpi, а затем кодируется методом сжатия JPEG. Метод сжатия JPEG основан на дискретном косинусном преобразовании (ДКП), в результате которого происходит потеря информации, но обеспечивается высокий коэффициент сжатия при минимальной потере данных для графики и фотоизображений, в которых различие между соседними пикселями незначительное. Основные этапы метода сжатия JPEG представлены на рис. 6.

Рис. 6. Этапы работы кодера JPEG

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

1. Предварительная обработка. Исходное изображение переводится из цветового пространства RGB, с компонентами, отвечающими за красную (Red), зеленую (Green) и синюю (Blue) составляющие цвета пикселей, в цветовое пространство *YCrCb* (YUV), где *Y* — яркостная составляющая, а *Cr* и *Cb* — компоненты, отвечающие за хроматический красный и хроматический синий цвет соответственно. Затем устраняются группы пикселей за счет уменьшения количества пикселей для каналов цветности. При этом уменьшается разрешение в цветоразностных каналах и сохраняются разрешения в канале яркости.

2. Яркостная компонента *Y* и отвечающие за цвет компоненты *Cb* и *Cr* разбиваются на блоки 8×8 пикселей, содержащие информацию о пикселях, и к каждому из них применяется ДКП. В результате получается матрица 8×8 амплитудных значений, которые отражают скорости изменения цвета в изображении.

3. Квантование — этап, на котором происходит округление высокочастотных ДКП-коэффициентов для фильтрации амплитуд, которые незначительно влияют на общий вид изображения. Высокочастотная информация не воспринимается человеческим глазом, поэтому коэффициенты, отвечающие за высокие частоты, можно хранить с меньшей точностью. На этом этапе происходит основная потеря информации.

4.Кодирование полученных данных стандартными методами (кодирование серий и кодирование по Хаффману).

Человеческий глаз восприимчив к изменению яркости, а незначительные изменения цвета он замечает хуже, поэтому при сжатии JPEG запоминается больше информации о разнице между яркостями пикселей и меньше — о разнице между их цветами. Различия в цвете соседних пикселей мала, и человеческим глазом практически не заметна, поэтому изображение после восстановления выглядит почти неизменным. Поэтому можно архивировать массивы для *Cr* и *Cb* компонент с большими потерями и, соответственно, с большими коэффициентами сжатия.

Слой, содержащий графику, для удобства представляется в векторном виде. Это позволяет значительно сократить дисковое пространство для хранения документов.

Слой, содержащий текстовые области, заключает в себе основную информацию документа, поэтому он сохраняется в исходном разрешении, а для его кодирования используется метод сжатия без потерь CCITT (International Telegraph and Telephone Committie) Group 4. Метод CCITT Group 4 предназначен для сжатия монохромных изображений с высокой степенью сжатия и используется для сжатия черно-белых изображений, в которых преобладают большие одноцветные области. В основе этого метода сжатия лежит поиск и исключение из исходного изображения последовательностей данных, которые дублируются. При обработке отдельных рядов пикселей выполняется замена последовательности подряд идущих черных и белых пикселей числом, равным их количеству. Затем этот ряд кодируется по Хаффману. Достоинством метода сжатия CCITT Group 4 является его быстродействие и простота реализации.

Оценка качества восстановленных изображений отсканированных документов

Для создания БД документов предприятий, изображения отсканированных документов после сегментации сжимаются. Классификация областей иллюстраций на фото и графику расширяет возможности базовой ИСООД Cognitive PDF/A: слой изображения, содержащий фото, сжимается отдельно с помощью кодера JPEG, а слой графики представляется в векторном формате. Поэтому в работе разработан модуль для оценки качества восстановленного документа после сжатия.

Лучше всего качество изображения может оценить человеческий глаз, даже несмотря на то, что такая оценка является субъективной. При исследовании качества восстановленного изображения отсканированного документа использовалась процедура поиска медианных консенсусных ранжирований по Кемени-Снеллу и Куку-Сейфорду, описанная в [11]. Согласно данному методу в экспертизе принимала участие группа из 10 экспертов, задачей которых было оценить качество восстановленных после сжатия изображений отсканированных документов путем голосования. В качестве экспертов были приняты клиенты и сотрудники компании "Студия "Печать". Эксперты должны были визуально оценить, насколько им подходит качество восстановленного изображения отсканированного документа соответствует исходному изображению в интервале от 1 до 10 баллов. Т. е. эксперты сравнивали изображения отсканированных документов до обработки его в ИСООД и после. На основании оценок изображений формировались индивидуальные ранжирования. Далее формировалась представительная статистическая выборка псевдослучайных наборов индивидуальных ранжирований, для которой рассчитывались медианы Кемени-Снелла и Кука-Сейфорда. Затем вычислялась степень согласованности индивидуальных и экспертных ранжирований, которая оценивалась с помощью коэффициента конкордации Кэнделла. Оценка качества восстановленного изображения отсканированного документа, вычисленная по этому методу, получилась близкой к оценке экспертов.

Существует множество методов кодирования изображений, которые предназначены для сжатия изображений любого типа. Но в работе был предложен комбинированный метод сегментации, предназначенный для работы с определенным типом изображений отсканированных документов, реализованный с помощью процедур для модуля сегментации ИСООД, что увеличивает коэффициент сжатия изображений отсканированных документов при сохранении высокого их качества восстановления по сравнению, например, с таким методом кодирования как JPEG.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Выводы

В полиграфической компании "Студия "Печать" с используемой ИСООД существующий модуль сегментации был заменен разработанным модулем для сегментации изображений отсканированных документов. Данная система используется для автоматизации перевода документов в цифровую форму для создания электронных архивов и каталогов документов предприятий.

Был проведен вычислительный эксперимент, который показал, что степень сжатия изображения после обработки их в усовершенствованной ИСООД увеличилась на 42% при качестве восстановления по процедуре поиска медианных консенсусных ранжирований 8 из 10 баллов по сравнению с ИССОД, используемой компанией "Студия "Печать", что удовлетворяет задаче хранения архивных документов. Полученный результат может говорить о достаточном качестве сегментации изображений на текст, графику, фото и фон, каждый из которых сжимается определенным кодером.

Разработанный модуль сегментации, внедренный в ИСООД компании "Студия "Печать", позволяет сократить время обработки изображений отсканированных документов в 8 раз при достаточном качестве сегментации, которое определили пользователи системой обработки изображений.

Список літератури

1. Усилин С. А., Николаев Д. П., Постников В. В. Cognitive PDF/A – технология оцифровки текстовых документов для публикации в Интернет и долговременного архивного хранения. *Труды Института системного анализа РАН. Технологии программирования и хранения данных* / под ред. Арлазаров В.Л., Емельянов Н.Е. М. : ЛЕНАНД, 2009. Т. 45. С. 159–173.
2. Rajeswari, N., Rathnapriya, S., Nijandan, S. (2014), "Test Segmentation of MRC Document Compression and Decompression by Using MATLAB", *International Conference on Engineering Technology and Science-(ICETS'14), Tamilnadu, India,* Vol. 3, Special Issue 1, P. 914–919.
3. Antonacopoulos, A., Pletschacher, S., Bridson, D. and Papadopoulos, C. (2009), "ICDAR2009 Page Segmentation Competition", *10th International Conference on Document Analysis and Recognition, Barcelona, Spain*, P. 1371–1374. DOI: https://doi.org/10.1109/ICDAR.2009.27
4. Thai, V. H., Tabbone, S. (2010), "Text Extraction from Graphical Document Images Using Sparse Representation", *ACM International Conference Proceeding Series: International Workshop on Document Analysis Systems - DAS'2010, Jun 2010, Boston, United States, ACM*, P. 143–150.
5. Erkilinc, S., Saber, E., Jaber, M. (2012), "Text, photo, and line extraction in scanned documents", *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 21 (3), P. 033006-1–033006-18.
6. Bukhari, S. S., Azawi, M. A, Shafait, F, Breuel, T. (2010), "Document image segmentation using discriminative learning over connected components", *The 9th IAPR International Workshop DAS 2010 (Document Analysis Systems). Boston, Massachusetts. USA*, P. 183–190.
7. Polyakova, M., Ishchenko, A., Volkova, N., Pavlov, O. (2018), "The combining segmentation method of the scanned documents images with sequential division of the photo, graphics, and the text areas", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 5/2 (95), P. 6–16. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142735
8. Ishchenko, A., Polyakova, M., Kuvaieva, V., Nesteryuk, A. (2018), "Elaboration of structural representation of regions of scanned document images for MRC model", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6/2 (96), P. 32–38. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147671
9. Polyakova, M., Ishchenko, A., Huliaieva, N. (2018), "Document image segmentation using averaging filtering and mathematical morphology", *14th International Conference on Advanced Trends in Radioelecrtronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). Lviv-Slavske, Ukraine*, P. 966–969. Doi: 10.1109/TCSET.2018.8336354
10. Bloomberg, D. S. (1992), "Multiresolution Morphological Approach to Document Image", *Visual Communications and Image Processing, Boston, MA, United States, SPIE*, Vol. 1818, P. 648–663.
11. Boltenkov, V., Kuvaieva, V., Galchonkov, O., Ishchenko, A. (2018), "Application of the assignment problem in the calcucation of median consensus rankings", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 4 (94), P. 27–35.
12. Chu, W., Keerthi, S. (2002), "A general formulation for support vector machines", *C. J. Ong.In Proc. of the 9th Int. Conf. on Neural Information Processing (ICONIP '02)*, Singapore.
13. Гонсалес Р. С., Вудс Р. Е., Эддинс С. Л. *Цифровая обработка изображений в среде MATLAB*. М. : Техносфера, 2006. 616 с.
14. Хlátralik Р. Статистический и структурный походы к описанию текстур. ТИИЭР, 1979. Т. 67, № 5. С. 98–120.
15. Guyon, I., Weston, J., Barnhill, S., Vapnik, V. (2002), "Gene Selection for Cancer Classification using Support Vector Machines", *Machine Learning*, Vol. 46, No. 1-3, P. 389–422.
16. Wang, H., Khoshgoftaar, T., Napolitano, A. (2011), "An Empirical Study of Software Metrics Selection Using Support Vector Machine", *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'2011)*, Eden Roc Renaissance, Miami Beach, USA, P. 83–88.
17. Сойфер В. А. Методы компьютерной обработки изображений : под ред. В. А. Сойфера. М. : Физматлит, 2003. 784 с.
18. Бологова Н. М., Рубан І. В. Дослідження моделей та методів обробки зображень та шляхи вдосконалення технологій розпізнавання маркерів в системах доповненої реальності. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості.* 2019. № 1 (7). С. 25–33. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.025

References

1. Usylyn, S. A., Nykolaev, D. P., Postnykov, V. V. (2009), "Cognitive PDF / A - the technology of digitizing text documents for publication in the Internet and long-term archiving" ["Cognitive PDF/A – texnologyya ocyfrovky tekstovih dokumentov dlya publykacyy v Ynternet y dolgovremennogo arhyvnogo hranenyya"], *Trudi Ynstytuta systemnogo analyza RAN. Texnologyy programmyrovanyya yhranenyya dannih / pod red. Arlazarov V.L., Emelyanov N.E,* Moscow : LENAND, Vol. 45. P. 159–173.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

2. Rajeswari, N., Rathnapriya, S., Nijandan, S. (2014), "Test Segmentation of MRC Document Compression and Decompression by Using MATLAB", *International Conference on Engineering Technology and Science-(ICETS'14), Tamilnadu, India*, Vol. 3, Special Issue 1, P. 914–919.
3. Antonacopoulos, A., Pletschacher, S., Bridson, D. and Papadopoulos, C. (2009), "ICDAR2009 Page Segmentation Competition", *10th International Conference on Document Analysis and Recognition, Barcelona, Spain*, P. 1371–1374. DOI: https://doi.org/10.1109/ICDAR.2009.27
4. Thai, V. H., Tabbone, S. (2010), "Text Extraction from Graphical Document Images Using Sparse Representation", *ACM International Conference Proceeding Series: International Workshop on Document Analysis Systems - DAS'2010, Jun 2010, Boston, United States, ACM*, P. 143–150.
5. Erkilinc, S., Saber, E., Jaber, M. (2012), "Text, photo, and line extraction in scanned documents", *Journal of Electronic Imaging*, Vol. 21 (3), P. 033006-1–033006-18.
6. Bukhari, S. S., Azawi, M. A, Shafait, F, Breuel, T. (2010), "Document image segmentation using discriminative learning over connected components", *The 9th IAPR International Workshop DAS 2010 (Document Analysis Systems). Boston, Massachusetts. USA*, P. 183–190.
7. Polyakova, M., Ishchenko, A., Volkova, N., Pavlov, O. (2018), "The combining segmentation method of the scanned documents images with sequential division of the photo, graphics, and the text areas", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 5/2 (95), P. 6–16. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142735
8. Ishchenko, A., Polyakova, M., Kuvaieva, V., Nesteryuk, A. (2018), "Elaboration of structural representation of regions of scanned document images for MRC model", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6/2 (96), P. 32–38. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147671
9. Polyakova, M., Ishchenko, A., Huliaieva, N. (2018), "Document image segmentation using averaging filtering and mathematical morphology", *14th International Conference on Advanced Trends in Radioelecrtronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). Lviv-Slavske, Ukraine*, P. 966–969. DOI: https://doi.org/10.1109/TCSET.2018.8336354
10. Bloomberg, D. S. (1992), "Multiresolution Morphological Approach to Document Image", *Visual Communications and Image Processing, Boston, MA, United States, SPIE*, Vol. 1818, P. 648–663.
11. Boltenkov, V., Kuvaieva, V., Galchonkov, O., Ishchenko, A. (2018), "Application of the assignment problem in the calcucation of median consensus rankings", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 4 (94), P. 27–35.
12. Chu, W., Keerthi, S. (2002), "A general formulation for support vector machines", *C. J. Ong.In Proc. of the 9th Int. Conf. on Neural Information Processing (ICONIP '02)*, Singapore.
13. Gonsales, R. S., Vuds, R. E., Eddins, S. L. (2006), *Digital image processing in MATLAB* [*Cyfrovaya obrabotka yzobrazhenyj v srede MATLAB*], Moscow : Tehnosfera, 616 p.
14. Haralyk R. (1979), "Statistical and structural approaches to the description of textures" ["Statisticheskiy i strukturnyy podkhody k opisaniyu tekstur"], TYYER, Vol. 67, No. 5, P. 98–120.
15. Guyon, I., Weston, J., Barnhill, S., Vapnik, V. (2002), "Gene Selection for Cancer Classification using Support Vector Machines", *Machine Learning*, Vol. 46, No. 1-3, P. 389–422.
16. Wang, H., Khoshgoftaar, T., Napolitano, A. (2011), "An Empirical Study of Software Metrics Selection Using Support Vector Machine", *Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'2011)*, Eden Roc Renaissance, Miami Beach, USA, P. 83–88.
17. Sojfer, V. A. (2003), *Computer image processing methods* [*Metodi kompyuternoj obrabotky yzobrazhenyj*] : pod red. V. A. Sojfera, Moscow : Fyzmatlyt, 784 p.
18. Bolohova, N., Ruban, I. (2019), "Image processing models and methods research and ways of improving marker recognition technologies in added reality systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 25–33. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.025

Поступила (Received) 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Іщенко Олеся Володимирівна – Одеський національний політехнічний університет, старший викладач кафедри прикладної математики та інформаційних технологій інституту комп'ютерних систем, Одеса, Україна; e-mail: alesya.ishchenko@gmail.com; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7882-4718.

Ищенко Алеся Владимировна – Одесский национальный политехнический университет, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информационных технологий института компьютерных систем, Одесса, Украина.

Ishchenko Alesya – Odessa National Polytechnic University, Senior Lecturer of the Department of Applied Mathematics and Information Technologies, Odessa, Ukraine.

РОЗРОБКА МОДУЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ВІДСКАНОВАНИХ ДОКУМЕНТІВ НА БАЗІ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

Предметом дослідження в статті є модуль сегментації, створений на базі комбінованого методу сегментації зображень, і впроваджений в інтелектуальну систему обробки відсканованих документів, яка використовується в Одеській поліграфічній компанії "Студія "Друк". **Метою** роботи є розробка модуля сегментації зображень для підвищення оперативності інтелектуальної системи обробки відсканованих документів поліграфічної компанії "Студія "Друк". Для цього використовується комбінований метод сегментації зображень відсканованих документів, який дозволяє скоротити час обробки зображення. У статті вирішуються наступні **завдання**: аналіз існуючих методів сегментації зображень, які використовуються в інтелектуальних системах обробки відсканованих документів; розробка процедур для модуля сегментації на основі комбінованого методу сегментації зображень для інтелектуальної системи обробки відсканованих документів. В роботі використовуються **методи**: методи цифрової обробки зображень, методи фільтрації і морфо-логічного аналізу зображень, методи математичного аналізу, нейронні мережі. Отримані наступні **результати**: Результати обробки зображень за допомогою інтелектуальної системи обробки відсканованих документів на базі запропонованого модуля сегментації підтверджують працездатність процедур модуля сегментації зображень. Середній час обробки зображень відсканованих документів становив 5,3 с в порівнянні з раніше отриманим - 42 с, що дозволяє зробити висновок про збільшення оперативності інтелектуальної системи обробки відсканованих документів, яка досліджується. **Висновки**: Впровадження розробленого модуля сегментації зображень в інтелектуальну систему обробки відсканованих документів поліграфічної компанії "Студія "Друк" дозволило скоротити час обробки зображень відсканованих документів в 8 разів при збереженні достатньої якості сегментації, завдяки чому збільшилася оперативність даної інтелектуальної системи.

Ключові слова: сегментація зображень; відскановані документи; обробка документів; інтелектуальна система.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT PROCESSING SYSTEM MODULE FOR SCANNED DOCUMENTS BASED ON THE COMBINED IMAGE SEGMENTATION METHOD

The **subject** of research in the article is a segmentation module, created on the basis of a combined method of image segmentation, and embedded in an intelligent processing system for scanned documents used in the Odessa printing company “Studio “Print”. The **aim** of the work is to develop a module of image segmentation to improve the efficiency of the intellectual system of processing scanned documents at the printing company "Studio "Print". The combined method of image segmentation of scanned documents, which reduces the processing time of the image is used with this purpose. The article solves the following **problems**: analysis of existing methods of image segmentation, which are used in intelligent systems for processing scanned documents; development of procedures for the segmentation module based on the combined image segmentation method for an intelligent system for processing scanned documents. The work uses the following **methods**: methods of digital image processing, methods of filtering and morphological image analysis, methods of mathematical analysis, neural networks. The following **results** were obtained: The results of image processing using an intelligent system for processing scanned documents based on the proposed segmentation module confirm the operability of the procedures of the image segmentation module. The average processing time for images of scanned documents was 5.3 seconds compared to the previously obtained - 42 seconds, which allows to conclude that the efficiency of the investigated intellectual system for processing scanned documents is increased. **Conclusions**: The introduction of the developed image segmentation module into the intellectual processing system of scanned documents of the printing company “Print Studio” reduced the processing time of images of scanned documents by 8 times while maintaining sufficient quality, which increased the efficiency of this intelligent system.

Keywords: image segmentation; scanned documents; document processing; intelligent system.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Іщенко О. В Розробка модуля інтелектуальної системи обробки відсканованих документів на базі комбінованого методу сегментації зображень. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 44–53. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.044.

Ishchenko, A. (2019), "Development of an intelligent processing system module for scanned documents based on the combined image segmentation method", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 44–53. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.044.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 621.391 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.054

T. LEBEDENKO

METHOD OF SCHEDULING AND ACTIVE QUEUES MANAGEMENT ON ROUTERS INTERFACES OF TELECOMMUNICATION NETWORKS

The **subject matter** of the article is the method of scheduling and active queues management on routers interfaces of telecommunication networks. The **goal** of the work is to develop and improve the method related to the optimization of queues management processes on routers interfaces of telecommunication networks and aimed at improving the indicators of the quality of service. The article solves optimization **problems** of Congestion Management, Resource Allocation and Congestion Avoidance on routers interfaces of telecommunication networks in the framework of the two-stage calculation method. Research **methods** are based on the results of analytical calculations obtained in the course of using the Optimization Toolbox package of the Mat lab environment. Wherein in the course of improving the queue management method on routers interfaces of telecommunication networks, a mathematical programming apparatus was used, containing linear programming functions. The following **results** were obtained – the improved method of scheduling and active queues management on routers interfaces of telecommunication networks with the coordinated, sequential and two-stage solution of such interface problems as Congestion Management, Resource Allocation, and Congestion Avoidance. **Conclusions**: using the proposed method of scheduling and active queue management had made to achieve an agreed solution to Congestion Management, Resource Allocation, and Congestion Avoidance problems. In the course of solving the optimization problem of Congestion Management, which was conditionally related to the first stage of calculations, it was possible to achieve optimal aggregation and allocation of packet flows over queues formed on the router interface based on the commensurability of their classes. In the course of solving the optimization problems of resource allocation, and congestion avoidance, which were conditionally related to the second stage of calculations, it was possible to achieve an optimal bandwidth allocation of the router interface between the queues formed on it, and minimize possible denials of service.

Keywords: active queues management; congestion management; resource allocation; congestion avoidance; bandwidth; router interface; telecommunication network; quality of service.

Introduction

Providing users with the high quality of service (QoS) is one of the most important requirements for the advanced telecommunication networks (TCN) [1–5]. In this case, improving the numerical values of QoS indicators such as average delay, jitter, and probability of packet loss are largely dependent on the effectiveness of planning methods and active queue management. The queuing scheduling methods mean the solution of such interface tasks as:

- the task of congestion management (Congestion Management), which involves the distribution and aggregation of packet flows between queues formed on the router interface;
- the task of distributing the bandwidth of the interface between the formed queues (Resource Allocation).

The solution to the problem of preventing overload (Congestion Avoidance), which aims to provide a preventive (advance) limitation of the intensity of packet flows arriving at the interface TCN router [6–10], is understood as the methods of active queue management (AQM).

An overview of existing mathematical models and queuing techniques on TCN routers interfaces has identified a list of requirements for their effective implementation, among which:

- provision of differentiation in maintenance of flows of packages of different classes;
- fairness in service (that is, the ability of models and methods to provide service flow packets in accordance with their QoS requirements);
- adaptability and scalability (that is, the ability of models and methods to automatically change their characteristics depending on the change in the intensity of traffic, the number of packets received on the interface of the router, etc.);
- reliability (i.e. the ability of models and methods to continue to function in case of possible overload or even partial failure of equipment);
- support of a dynamic queuing strategy (i.e., the ability of models and methods to find the correct solution for managing queues in real-time);
- simplicity of algorithmic-software and hardware implementation, low computational complexity.

However, the analysis of the known queue management solutions on TCN routers interfaces showed that the satisfaction of the listed requirements within one method and / or model has not yet been implemented in practice. Thus, in [11, 12, 17, 18], mathematical models of queue management on interfaces of TCN routers are presented on the basis of optimal aggregation and distribution of flows by queues. The advantage of these models is to take into account the dynamics of changing the state of the interface of the router in the distribution of the network resource due to the additionally introduced dynamically controlled threshold load [11, 12, 17] and the application of the approximation of PSFFA [18]. The general disadvantage of these models is the lack of conditions associated with minimizing the bandwidth usage of the interface and fixing its shares in separate queues. In [14], an approach to the optimal solution of the Resource Allocation problem was proposed using the Mean Opinion Score (MOS), their application to the Nash Bargaining Solution, and the subsequent reduction of the obtained conditions to the minimal problem resource allocation. The disadvantage of this work is the lack of differentiation and fairness in serving traffic flows with different QoS requirements. [15, 16, 20–22] presents mathematical models and queuing control methods that

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

combine both queuing planning methods and active queuing methods. The main disadvantage of these models and methods is the high dimension of optimization tasks, which leads to an increase in the computational complexity of obtaining the desired solutions and complication of their subsequent algorithmic-software implementation. In this regard, the scientific and applied task of developing mathematical models and methods related to the optimization of the queue management process on the interfaces of TCN routers seems to be relevant due to providing a comprehensive solution to queue planning problems - Congestion Management, Resource Allocation, and active queue management - Congestion Avoidance.

Queuing Planning Model on Interfaces of Telecommunication Routers and Overload Management Task solving

Based on the results obtained in [11, 12, 15, 20–22], a method for planning and active queue management on the interfaces of telecommunication network routers with the successive solution of overload control optimization tasks, the allocation of bandwidth of the interface and prevention of overload [12] is proposed. The analysis of known solutions for the joint solution of the Congestion Management, Resource Allocation and Congestion Avoidance problems presented in [21, 22] demonstrated that the results of the solution to the overload management problem are not related to the results of the solution of the problem of the allocation of bandwidth of the interface and prevention tasks overload. Consequently, a shared or distributed solution to these tasks will result in the same result. Thus, in order to reduce the dimension of optimization tasks, a two-step method of calculation is proposed, where the first stage will correspond to the solution of the Congestion Management (queuing model), while the second one is for Resource Allocation and Congestion Avoidance (active queuing model).

Then, let us at the first stage of the calculations, to the input of the interface of the router there are N flows of packets with the following known characteristics:

a_i $(i=\overline{1,N})$ – the average intensity of the i -th flow of packets, which is measured in packets per second (1/c);

k_i^f $(i=\overline{1,N})$ – the value of the class of the i -th flow of packets. The higher is the value k_i^f, so with the higher QoS it should be served on the router interface;

K – the maximum value of the packet flows class.

Let us agree that within the scope of this work, the value of the class of the flows k_i^f will be quantified by a real number, which varies from 1 to K, that is, the condition $1 \le k_i^f \le K$ will take place. Differentiation of flows of packages of different classes is possible in accordance with the following features [4, 5]:

- content of the IP packet fields: IP-precedence or DSCP;
- Value of the QoS-group;
- Address of the source of the IP packet;
- Address of the recipient of the IP-packet;
- MAC addresses of the source and (or) recipient of the packets;
- Standard or extended list of access to sources / recipients;
- TCP / UDP port of the source and / or packet recipient;

Package length code.

In the general case, by analogy with [11, 12], the classes of packet flows k_i^f can be represented as some nonlinear function of the form:

$$k_i^f(p_i, l_i) = \frac{p_i}{\nu \cdot l_i}, \quad (i=\overline{1,N}), \tag{1}$$

where p_i – priority of the i-th packet-flow; l_i – average packet length of the i-th flow; ν – the normalization coefficient, which allows to smooth the difference in the order of the values of priority (0 ÷ 7) and the packet length in bytes.

In addition, according to works [17–19], it is possible to determine the flow classes using the analog of the IGPP (Internal Gateway Routing Protocol) routing metric:

$$k_i^f = \upsilon[K_1 Q_i^b + K_2 Q_i^\tau]\frac{K_3}{Q_i^r + K_4}, \tag{2}$$

where υ – the normalization coefficient introduced to ensure the condition $1 \le k_i^f \le 10$; K_1, K_2, K_3, K_4 – coefficients that determine the influence of a QoS indicator on the flow class and are set administratively; Q_i^b, Q_i^τ, Q_i^r – values that characterize the QoS-specific indicators, including: Q_i^b – the value that is inverse to the requirements for the bandwidth of the i-th flow; Q_i^τ – a value that characterizes the requirements for the average delay of packets of the i-th flow; Q_i^r – the value that determines the required level of reliability of packets delivery of the i-th flow.

The use (2) in solving problems of distribution of packet flows on the lines formed on the interface of the router allows for explicit consideration of requirements for the quality of service and the implementation of aggregation of flows according to the received classes.

Packets N flows that are received for maintenance on the interface of the router TCN must be distributed among the M-queues created on it during the solution of the task of overload management (Congestion Management task) by calculating the set of variables of the first type $x_{i,j}$ $(i=\overline{1,N},\ j=\overline{1,M})$, each of which characterizes the part of the i -th packet flow, aimed for servicing at the j-th turn [20-22]. Under the value M we will keep in mind the maximum number of queues that can be arranged on the router interface according to the existing congestion management mechanisms such as FIFO, PQ, CQ, FQ / WFQ, CBWFQ, LLQ [1–3].

We will assume that by analogy with the classification of packet flows k_i^f, the classification of the

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

queues itself k_j^q $(j=\overline{1,M})$ is also established, where the value of the class of j-th queue corresponds to the condition $1 \le k_j^q \le K$. The criterion for directing a differentiated stream of packets in one way or another will be the maximum coincidence of the values of classes k_i^f and k_j^q. Aggregation of packet flows in the corresponding queues will only be relevant if the condition $N > M$ is fulfilled, that is, when the number of queue-supported router interfaces supported is less than the number of packet flows arriving at its input

In order to ensure the fulfillment of the conditions for the differentiation of service flow packets with different QoS requirements, it is proposed to process packet flows with close values of classes k_i^f within the framework of one of the queues formed on the router's interface, and determine the control variables of the first type $x_{i,j}$ as boolean:

$$x_{i,j} = \{0,1\}. \tag{3}$$

The calculation of control variables of the first type $x_{i,j}$ is advisable in the solution of the optimization problem Congestion Management, which involves the aggregation and distribution of packet flows based on queues formed on the router interface [10, 11, 22]:

$$\min_x F,$$

where F – target function, represented by the form of the type:

$$F = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} h_{i,j}^x x_{i,j}, \tag{4}$$

$h_{i,j}^x$ – conditional cost (metric) of package service of the i-th flow-at the j-th-turn:

$$h_{i,j}^x = (k_i^f - k_j^q)^2 + 1, \quad (i=\overline{1,N},\ j=\overline{1,M}). \tag{5}$$

Metric $h_{i,j}^x$ is a positive value, the value of which (5) depends directly on the square of the distance between the classes of individual streams and queues [17-22]. The closer are the values k_i^f and k_j^q, the smaller is the service metric $h_{i,j}^x$. If the class values $(k_i^f = k_j^q)$ are the same, the service metric will be minimal and will be equal to one $(h_{i,j}^x = 1)$. Thus, the maximum proximity of the values k_i^f and k_j^q will guarantee the direction of the packet-flow for service to the i-th turn. Consequently, the use of the target function (4) taking into account the metric (5) and the presence of the restriction (3) determines the optimization task of the first level of calculations as an optimization problem of Boolean programming, the solution of which is to determine the optimal order of distribution and aggregation of packet flows between the formed queues based on commensurability of their classes, which fully meets the technological requirements of the Congestion Management task.

Model of active queue management on interfaces of telecommunication network routers and solution of bandwidth allocation and overload prevention tasks

The second stage of the calculations is a coherent solution to the tasks of allocating the bandwidth of the interface between the formed queues and preventing overload [12-14, 22]. The transition to the second stage occurs after solving the optimization problem for aggregation and distribution of packet flows based on queues formed on the router interface, when the result of the calculation of the set of control variables $x_{i,j}$ is already known. Then, to solve the Resource Allocation problem, we introduce a set of control variables of the second type b_j $(j=\overline{1,M})$, each of which defines the fraction of the bandwidth of the interface allocated for service of j-th queue. To ensure the correctness of the distribution of the overall bandwidth of the interface – b between the specific queues, the variables b_j must be imposed the conditions:

$$b_j \ge 0, \quad \sum_{j=1}^{M} b_j \le b, \quad (j=\overline{1,M}). \tag{6}$$

For the possibility of implementing a preventive (advance) limitation of the intensity of the flows received on the input of the interface of the router of the telecommunication network, it is also necessary to introduce a set of variables of the third type y_i $(i=\overline{1,N})$, which in their physical content characterize the part of a i-th flow of packets that was refused service on the interface of the router during the solution of the problem of Congestion Avoidance [20, 21]. Numerically, the variables y_i will determine the probability of dropping the packets of the i-th flow from the j-th queue formed at the router's interface and will be subject to the condition of the form:

$$0 \le y_i \le 1, (i=\overline{1,N}). \tag{7}$$

In order to ensure controllability of the process of preventing overloading the TCN router interface, it is necessary to satisfy a non-linear constraint that ensures that the total intensity of – i-th flows directed to service in j-th queue will in no case exceed the bandwidth of the interface allocated in this queue:

$$\sum_{i=1}^{N} a_i x_{i,j}(1-y_i) \le b_j, (j=\overline{1,M}). \tag{8}$$

Condition (8) reflects the functional interaction between control variables of all three types, linking the optimization tasks of the first and second stages of the calculations. Satisfaction (8) guarantees that the aggregate intensity of the already known aggregated according to metric (5), packet streams will not cause overloading of the routine formed on the interface of the TCN queues due

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

to the implementation of the functions of Congestion Avoidance and Resource Allocation.

Based on the formulated conditions and constraints (6) – (8), the calculation of the required variables b_j and y_i conditionally related to the second stage of calculations, it is expedient to implement in the course of solving the next optimization problem:

$$\min_{b,y} P,$$

$$P = \sum_{j=1}^{M} h_j^b b_j + \sum_{i=1}^{N} h_i^y a_i\, y_i, \qquad (9)$$

where h_j^b – the nominal value (metric), which is responsible for allocating the bandwidth unit of the router interface to packets from the *j*-th queue; h_i^y – Conditional cost (metric), which is responsible for refusals to service packets of the i-th flow.

The result of solving an optimization task with the target function (9) will be related to minimizing the use of bandwidth of the interface of the router due to its optimal distribution, and minimizing possible service failures caused by preventive (advance) flow limitation.

Similar to metric (5), metrics h_j^b and h_i^y depend on values of classes of streams k_i^f and queues k_j^q. Moreover, the higher is the class k_j^q, the greater is the value h_j^b and the greater the bandwidth of the interface will be allocated to the *j*-th queue. Increasing the class k_i^f also leads to an increase in the value of the metric h_i^y, and the larger the values of this metric; the fewer packets will receive denial of service. Consequently, the higher the values of the classes of flows and queues, the more expensive are refusals to service the packets of the *i*-th flow that came to the *j*-th queue.

The fulfillment of the conditions (6) – (8) during the solution of the optimization problem (9) allows the optimal allocation of the bandwidth of the TCN router interface between the generated queues and provides a preventive limitation of the packet stream intensity by analogy with overload prevention mechanisms (RED, WRED) due to the possibility flexible regulation of the direction of one or another stream to those or other queues.

Thus, the basis of the method of planning and active queue management on the interfaces of telecommunication network routers is a consistent and two-stage solution to the following interface tasks:

- an optimization task for overload management with a target function (4) and a limitation (3) whose purpose is to optimally allocate and aggregate packet streams between queues formed on the router interface based on the summation of values of the classes of flows and queues represented by the metric (5);

- problems of the optimal allocation of bandwidth of the interface between the formed queues and the task of preventing the overload of the interface presented by the optimization form with the target function (9) and restrictions (6), (7).

The general structure of the method of planning and active queue management on the interfaces of telecommunication network routers is shown in fig. 1.

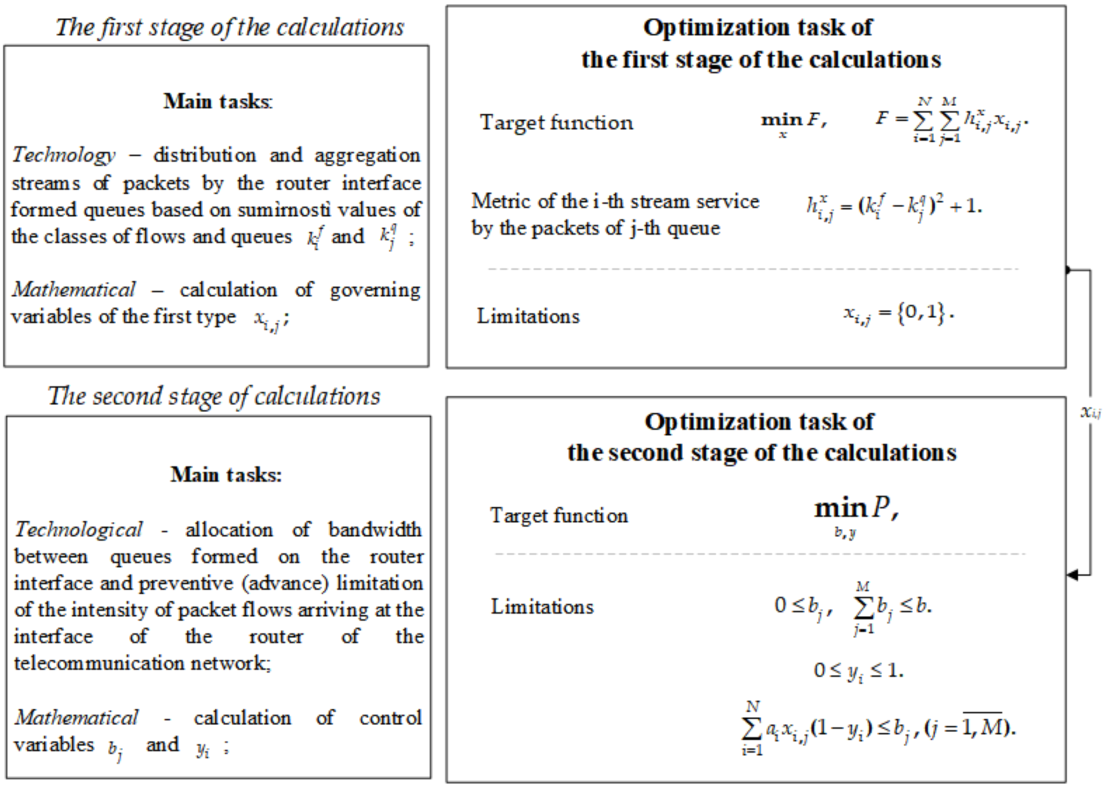


Fig. 1. Structure of the method of planning and active queue management on interfaces of telecommunication network routers

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Investigation of the method of planning and active queue management on interfaces of telecommunication network routers

The study of the proposed planning method and active queue management on the interfaces of telecommunication network routers was based on the analytical calculations obtained during the use of Mat lab's Optimization Toolbox package when solving the optimization problems of Congestion Management, Resource Allocation and Congestion Avoidance [23, 24].

Fig. 2 shows the initial data and calculation results for the first example. Let, in this example, the traffic that came to the interface of the router consisted of twelve streams. The value of the classes and the intensities of the flows k_i^f were given randomly. The streaming differentiation was carried out, for example, based on the content of the IP packet fields: IP Precedence, with the maximum value of stream classes. Serving flows was carried out in four queues $(M = 4)$. Let us suppose also that the interface of the router was overloaded, that is, condition (8) was not executed. Moreover, the total intensity of streams in queues was 113.9935 1 / s, while the bandwidth of the interface - 1 / s.

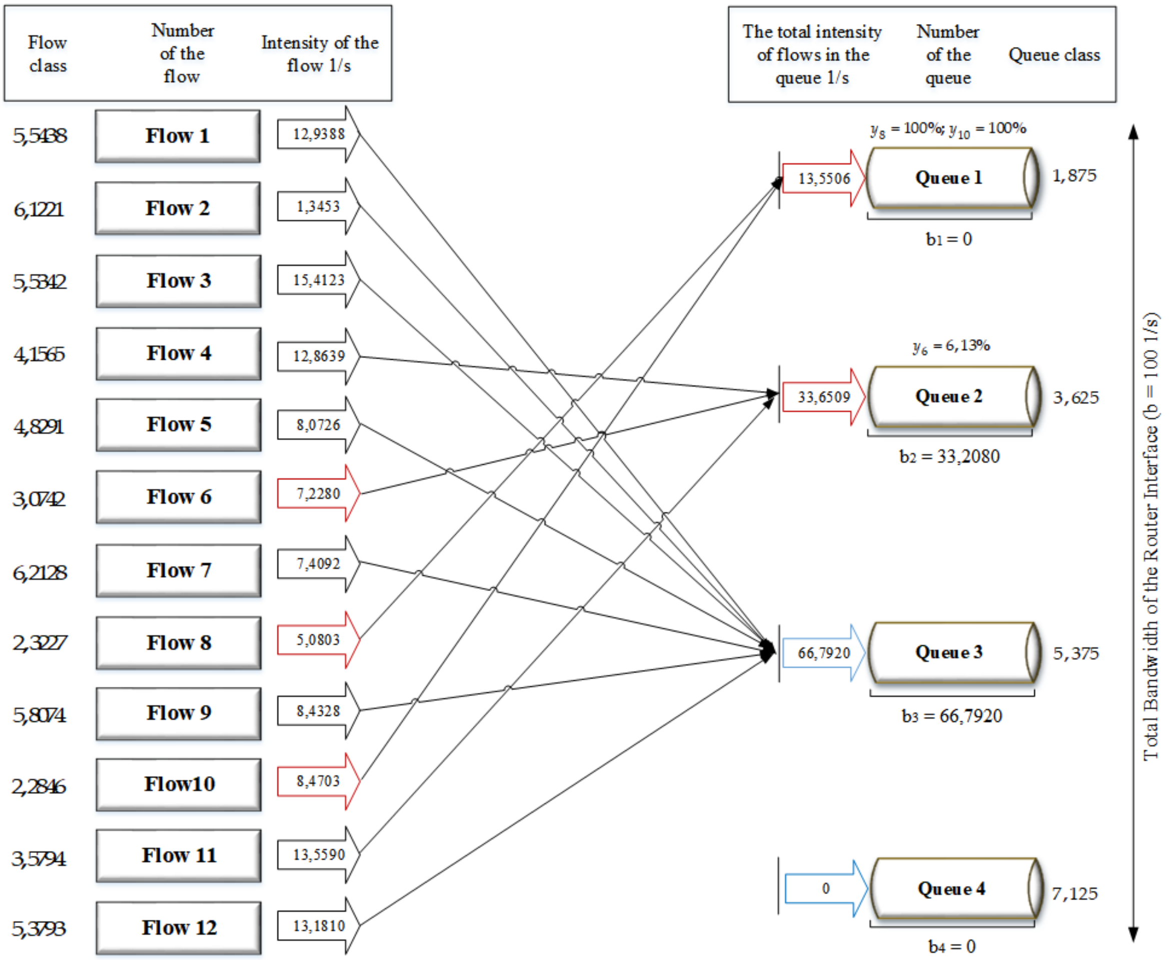


Fig. 2. Output and calculation results for the first example using the target function of the linear form (9) and in the conditions of the overload of the interface of the router

According to the analytical calculations presented in fig. 2 it was able to confirm the correctness of the solution of the optimization problem of the first stage of calculations (4) regarding the aggregation of packet flows and their subsequent distribution in corresponding queues based on the proximity of the values of classes k_i^f and k_j^q. In addition, the correctness of the decision of the tasks of the second stage of calculations (9) in the conditions of the overload of the interface of the router was analyzed. In fig. 2, it can be seen that using the linear target function (9), the threads with the lowest values of classes $(k_8^f = 2,3227)$ and $(k_{10}^f = 2,2846)$ those that were directed to the low-order queue $(k_1^q = 1,875)$, received restrictions on maintenance until the complete refusal in it. The probability of dropping packets from the eighth and tenth streams was equal to one. At the same time, flows with high values of classes were not limited to serving as long as it was possible to deny flows with low values.

In the second example, during the study of the proposed method case was considered for similar output data, but in the absence of overload interface router – fig. 3. That is, in conditions where the total intensity of streams in queues is equal to 77.1122 1/s, and the bandwidth of the interface is 1/s.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

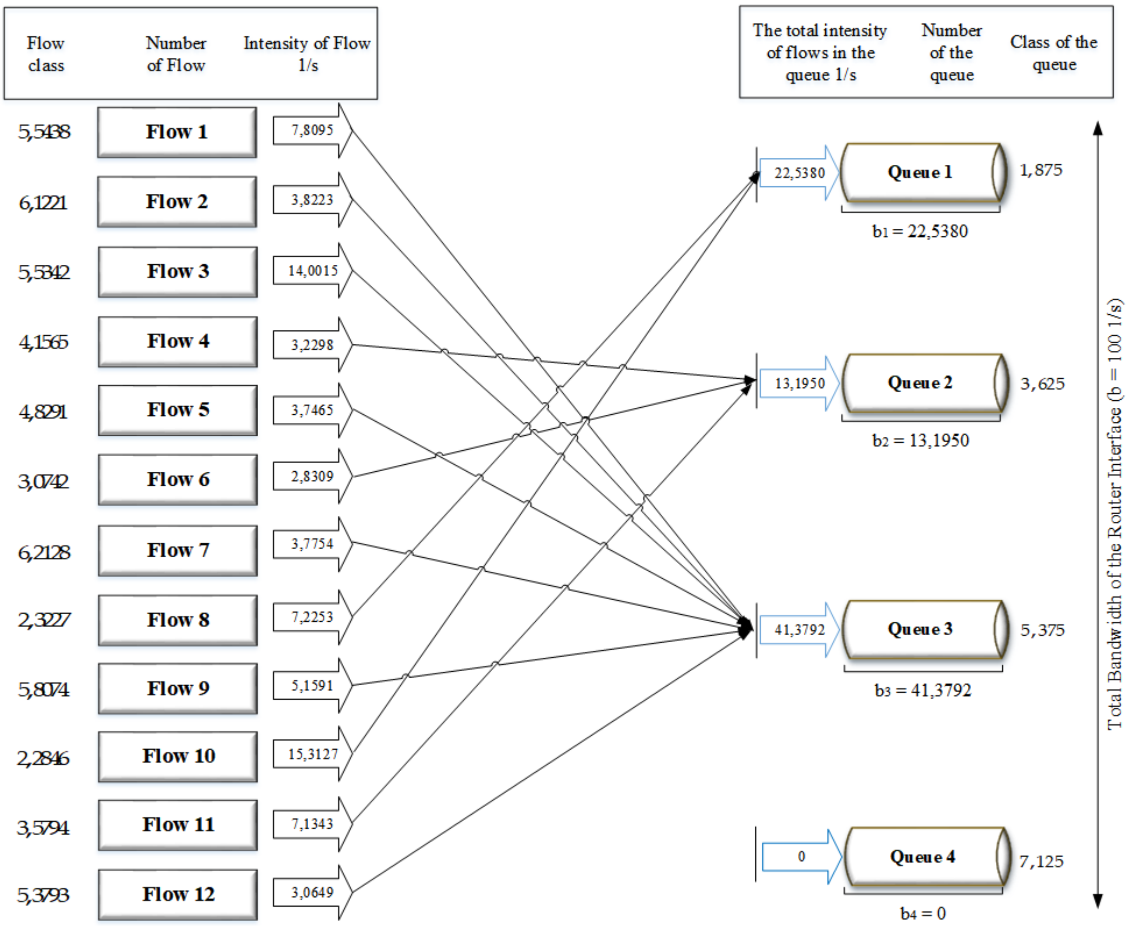


Fig. 3. Output and calculation results for the second example using the target function of the linear form (9) provided there is no overload of the interface of the router

In the second example, shown in fig. 3 also succeeded in confirming the correctness of the aggregation and distribution of packet flows in the generated queues based on the summation of the values of their classes. The results of the study showed that, in the absence of overloading the interface of the router, none of the packet flows received a denial of service and the use of the linear target function (9) was sufficient to achieve the optimal allocation of bandwidth of the router interface between the formed queues and minimize possible service failures (fig. 3). Another advantage of the presentation of the optimization problem by the objective function of the linear form (9) was a small computational complexity, which made it possible to simplify its technological implementation.

Conclusions

The paper proposes a method of planning and active queue management on interfaces of telecommunication network routers. The novelty of this method was the approach to successive two-stage solution of such interface tasks as:

- the task of controlling overloads, the purpose of which was optimal aggregation and distribution of packet flows based on queues formed on the interface of the router in accordance with the equivalence of values of classes of flows and queues;

- the problem of optimal allocation of the bandwidth of the interface between the queues formed on it;

- the task of preventing overload, the purpose of which was to provide a preventive (timely) limitation of the intensity of packet flows arriving at the interface of the router of the telecommunication network.

The analysis of known solutions [4, 5, 10–22] has shown that the results of the solution of the Congestion Management problem are not related to the results of the Resource Allocation and Congestion Avoidance tasks. That is why, in order to reduce the computational complexity of the calculations of the optimization problems, their distributed solution was proposed within the framework of the two-step method (fig. 1).

Investigating overload management processes, distributing bandwidth and preventing overloads confirmed the effectiveness of the proposed planning method and active queue management. However, it should be noted that the correctness and adequacy of the solutions it receives using the target function of the linear form (9) is achieved only if there is no overload of the interface of the router. Therefore, further development of this method is seen in the use of quadratic and linear quadratic target functions to provide a more equitable solution to the Resource Allocation and Congestion Avoidance.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

References

1. Marsic, I. (2013), Computer Networks: Performance and Quality of Service, Rutgers University, 500 p.
2. Rao, S. S. (2019), *Engineering Optimization: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 5th Edition, 880 p.
3. Barreiros, M., Lundqvist, P. (2016), *QOS-Enabled Networks: Tools and Foundations*, Wiley Series on Communications Networking & Distributed Systems, Wiley, 2nd Edition, 254 p.
4. Szigeti, T., Hattingh, C., Barton, R., Briley, Jr. K. (2013), End-to-End QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks. Cisco Press, 768 p.
5. Rao, D. S. (2012), Queue Management and Quality of Service (QoS) in the Internet: A Novel Approach for Flow Protection for providing Better than Best-Effort Service in the Internet, LAP LAMBERT Academic Publishing, 188 p.
6. Smith, J. M. (2009), Introduction to Queueing Networks: Theory ∩ Practice, Springer, 562 p.
7. Yue, W., Takahashi, Yu., Takagi, H. (2009), Advances in Queueing Theory and Network Applications. Springer, 316 p.
8. Giambene, G. (2014), *Queuing Theory and Telecommunications*, Springer US, 2nd Edition, 516 p.
9. Kamoun, F., Outay F. (2018), "IP/MPLS Networks with Hardened Pipes: Service Concepts, Traffic Engineering and Design Considerations", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, P. 1–8.
10. Lemeshko, A. V., Dobryshkin, Yu. N., Shcherbinin, S. A. (2008), "Investigation of a traffic control model with an analysis of areas of preventive limitation of its intensity at the network boundary" ["Issledovanie modeli upravleniya trafikom s analizom oblastey preventivnogo ogranicheniya ego intensivnosti na granitse seti"], *Modelyuvannya ta informacijni texnologiyi*, No. 49, P. 65-71.
11. Simonenko, A. V., Andrushko, D. V. (2008), "Mathematical model of queue management on telecommunication network routers based on optimal aggregation of flows and packet allocation among queues" ["Matematicheskaya model' upravleniya ocheredyami na marshrutizatorakh telekommunikatsi-onnoy seti na osnove optimal'nogo agregirovaniya potokov i raspredeleniya paketov po ocheredyam"], available at : http://pt.journal.kh.ua/2015/1/1/151_simonenko_queue.pdf (last accessed 23. 05. 2019)
12. Lemeshko, O., Lebedenko, T., Yeremenko, O., Simonenko, O. (2018), "Mathematical Model of Queue Management with Flows Aggregation and Bandwidth Allocation", *International Conference on Theory and Applications of Fuzzy Systems and Soft Computing*, Springer, Cham, P. 165–176. DOI:10.1007/978-3-319-91008-6_17
13. Tan, L. (2017), Resource Allocation and Performance Optimization in Communication Networks and the Internet, CRC Press, 503 p.
14. Fei, Z., Xing, C., Li, N. (2015), "QoE-Driven Resource Allocation for Mobile IP Services in Wireless Network", *Science China Information Sciences*, No. 1 (58), P. 1–10.
15. Lemeshko, A. V., Semenyaka, M. V. (2012), "Researching of Mathematical Models Based on Optimal Control Approaches for Congestion Control in Telecommunication Network", *East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012): Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (Kharkiv, Ukraine, 14-17 Sept. 2012)*, Kharkiv, P. 341–344.
16. Okokpujie, K. O., Chukwu, E. C., Noma-Osaghae, E., Okokpujie, I. P. (2018), "Novel Active Queue Management Scheme for Routers in Wireless Networks", *International Journal on Communications Antenna and Propagation (I. Re. CAP)*, No. 8 (1), P. 53–61.
17. Lemeshko, A. V., Semenyaka, M. V. (2014), "Model and method of preventing overloads with active control of the queue length on the telecommunication network nodes" ["Model' i metod predotvrashcheniya peregruzok s aktivnym upravleniem dlinnoy ocheredi na uzlakh telekommunikatsionnoy seti"], available at : http://pt.journal.kh.ua/2014/3/1/123_model_peregruzka.pdf (last accessed 21.11. 2018)
18. Lebedenko, T. N., Simonenko, A. V. (2018), "Dynamic model of queues management on router interface of telecommunication network" ["Dinamicheskaya model' upravleniya ocheredyami na interfeyse marshrutizatora telekom-munikatsionnoy seti"], *Radioelektronika i informatika*, No. 1, P. 13–18.
19. Lemeshko, O. V., Ali, S., Semenyaka, M. V. (2012), "Results of the Dynamic Flow-Based Queue Balancing Model Research", Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science (TCSET'2012): Proceedings of the International Conference (Lviv-Slavske, Ukraine, 21-24 Feb. 2012), Lviv, P. 318–319.
20. Lemeshko, A. V., Lebedenko, T. N. (2018), "Linear model of optimal queues management on router interface of telecommunication network" ["Lineynaya model' optimal'nogo upravleniya ocheredyami na interfeyse marshrutizatora telekommunikatsionnoy seti"], *Information Content and Processing*, Vol. 4, No. 2, P. 171–181.
21. Lebedenko, T., Kholodkova, A., Al-Dulaimi, A. (2018), "Linear-Quadratic Model of Optimal Queue Management on Interface of Telecommunication Network Router", *Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo'2018): Proceedings of the Third International Conference (Odessa, Ukraine, 10-14 September 2018)*, Odessa, IEEE, P. 1–4.
22. Lebedenko, T. M., Mokryak, A. A., Symonenko, O. V., Cherkasov, A. V., Vlasenko, A. O. (2018), "Improvement and research of the method of balanced queue management on routers interfaces of telecommunication networks" ["Vdoskonalennya ta doslidzhennya metodu zbalansovanogo upravlinnya chergamy` na interfejsax marshruty`zatoriv telekomunikacijnoyi merezhi"], available at : http://pt.journal.kh.ua/2018/2/1/182_lebedenko_queue.pdf (last accessed 23. 05. 2019)
23. Ploskas, N., Samaras, N. (2017), *Linear Programming Using MATLAB® (Springer Optimization and Its Applications)*, Springer, 637 p.
24. Lopez, C. (2014), *MATLAB Optimization Techniques*, Apress, 292 p.

Received 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Лебеденко Тетяна Миколаївна – Харківський національний університет радіоелектроніки, асистент кафедри інфокомунікаційної інженерії ім. В. В. Поповського, Харків, Україна; e-mail: tetiana.lebedenko@nure.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4906-4323.

Лебеденко Татьяна Николаевна – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, ассистент кафедры инфокоммуникационной инженерии им. В. В. Поповского, Харьков, Украина.

Lebedenko Tetiana – Kharkiv National University of Radio Electronics, Assistant of the Department of Infocommunication Engineering, Kharkiv, Ukraine.

МЕТОД ПЛАНУВАННЯ ТА АКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ НА ІНТЕРФЕЙСАХ МАРШРУТИЗАТОРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Предметом дослідження в роботі є метод планування та активного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж. **Метою** роботи є розробка та вдосконалення методу, який пов’язаний з оптимізацією процесів управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж та орієнтований на підвищення показників рівня якості обслуговування. В роботі вирішуються оптимізаційні **задачі** управління перевантаженнями, розподілу ресурсів та запобігання перевантаженнями на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж в рамках двоетапного методу розрахунків. **Методи** дослідження ґрунтуються на результатах аналітичних розрахунків, що отримані в ході використання пакету Optimization Toolbox середовища Matlab. При цьому в ході вдосконалення методу управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж використовувався апарат математичного програмування, що містив функції лінійного програмування. **Результати**: отримано вдосконалений метод планування та активного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж з узгодженим, послідовним та двоетапним вирішенням таких інтерфейсних задач як управління перевантаженнями (Congestion Management), розподіл пропускної здатності інтерфейсу маршрутизатора (Resource Allocation) та запобігання перевантаження (Congestion Avoidance). **Висновки**: застосування запропонованого методу планування та активного управління чергами дозволило досягти узгодженого вирішення задач Congestion Management, Resource Allocation та Congestion Avoidance. В ході вирішення оптимізаційної задачі Congestion Management, що умовно відносилася до першого етапу розрахунків, вдалося досягти оптимальної агрегації та розподілу потоків пакетів по сформованих на інтерфейсі маршрутизатора чергах на основі близькості значень їх класів. При вирішенні оптимізаційних задач Resource Allocation та Congestion Avoidance, що відносилися до другого етапу розрахунків, вдалося досягти оптимального розподілу пропускної здатності інтерфейсу маршрутизатора між сформованими на ньому чергами та мінімізувати можливі відмови в обслуговуванні.

Ключові слова: активне управління чергами; управління перевантаженням; розподіл ресурсів; запобігання перевантаження; пропускна здатність; інтерфейс маршрутизатора; телекомунікаційна мережа; якість обслуговування.

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ И АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОЧЕРЕДЯМИ НА ИНТЕРФЕЙСАХ МАРШРУТИЗАТОРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Предметом исследования в работе является метод планирования и активного управления очередями на интерфейсах маршрутизаторов телекоммуникационных сетей. **Целью** работы является разработка и совершенствование метода, связанного с оптимизацией процессов управления очередями на интерфейсах маршрутизаторов телекоммуникационных сетей и ориентированного на повышение показателей уровня качества обслуживания. В работе решаются оптимизационные **задачи** управления перегрузками, распределения ресурсов и предотвращения перегрузок на интерфейсах маршрутизаторов телекоммуникационных сетей в рамках двухэтапного метода расчёта. **Методы** исследования основаны на результатах аналитических расчетов, полученные в ходе использования пакета Optimization Toolbox среды Matlab. При этом в ходе совершенствования метода управления очередями на интерфейсах маршрутизаторов телекоммуникационных сетей использовался аппарат математического программирования, содержащий функции линейного программирования. **Результаты**: получен усовершенствованный метод планирования и активного управления очередями на интерфейсах маршрутизаторов телекоммуникационных сетей с согласованным, последовательным и двухэтапным решением таких интерфейсных задач как управление перегрузками (Congestion Management), распределение пропускной способности интерфейса маршрутизатора (Resource Allocation) и предотвращения перегрузки (Congestion Avoidance). **Выводы**: применение предложенного метода планирования и активного управления очередями позволило достичь согласованного решения задач Congestion Management, Resource Allocation и Congestion Avoidance. В ходе решения оптимизационной задачи Congestion Management, которая условно относилась к первому этапу расчетов, удалось достичь оптимальной агрегации и распределения потоков пакетов по сформированным на интерфейсе маршрутизатора очередям на основании соизмеримости значений их классов. При решении оптимизационных задач Resource Allocation и Congestion Avoidance, которые относились ко второму этапу расчетов, удалось достичь оптимального распределения пропускной способности интерфейса маршрутизатора между сформированными на нем очередями и минимизировать возможные отказы в обслуживании.

Ключевые слова: активное управление очередями; управление перегрузкой; распределение ресурсов; предотвращение перегрузки; пропускная способность; интерфейс маршрутизатора; телекоммуникационная сеть; качество обслуживания.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Лебеденко Т. М. Метод планування та активного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційних мереж. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 54–61. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.054.

Lebedenko, T. (2019), "Method of scheduling and active queues management on routers interfaces of telecommunication networks", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 54–61. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.054.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 681.518+37.013.32 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.062

JU. MALIEIEVA, V. KOSENKO, O. MALYEYEVA, D. SVETLICHNYJ

CREATION OF COLLABORATIVE DEVELOPMENT ENVIRONMENT IN THE SYSTEM OF DISTANCE LEARNING

The **subject** of the study in the article is methods and tools for the creation and implementation of distance learning systems (DLS). The interactive capabilities used in the distance education system, programs and information delivery systems allow for feedback, dialogue and ongoing support that are not possible in most traditional learning systems. The **purpose** of the article is to create a collaborative environment for developing software products in the system of distance learning by forming an interactive platform with the help of Sphere Engine, which provides the ability to debug the code in many programming languages. At the same time, the following **tasks** are solved: a review and comparison of existing systems of distance learning; analysis of the functional and features of the Sphere Engine platform; development of the integration algorithm of the service with the system Moodle. **Methods**: methods of information processing, methods and information technologies for the creation of electronic distance learning courses. **Results.** As a result of the review and comparison of existing distance learning systems and software verification tools, the tools that best meet the needs for collaborative development environments, namely the Moodle DLS and the Sphere Engine service, are selected. The analysis of the functional and features of the Sphere Engine platform is carried out: a diagram of the work of the api compilers of the service is shown, which illustrates the process of execution of the program from the moment of its sending to the results of execution; The concept of a pool script in graphical form is provided. A prototype collaborative development environment created in the form of a web application is created, the prototype architecture is described. An algorithm for integration of the Sphere Engine service with the Moodle system is developed. In detail, the stages of the integration algorithm are considered on the example of testing the work environment of the development of the course "Web-technologies and web-design". **Conclusions**. An interactive module is created with the help of Sphere Engine, which allows you to perform laboratory work on programming disciplines and to carry out full control over their execution. Thus, the degree of automation of the educational process in institutions of higher education increases.

Keywords: distance learning; collaborative environment; integration algorithm; web service.

Introduction

With the development of information technology, the society faced an important problem, which is to create a new promising system of education, which should prepare society for life in the new conditions of civilization. This explains the emergence of a new form of education – distance, along with the forms already known and traditional – stationary, correspondence, external studies, etc [1].

To ensure the successful design, development and implementation of a distance learning system, it is necessary to create the infrastructure of the relevant educational institutions, train teachers, develop curricula, etc. An important part of distance learning is its implementation using information technology, namely Learning Management Systems, which are designed to develop, manage and distribute online teaching materials to ensure the sharing of many users. [2, 3].

Modern computer telecommunications can provide the transfer of knowledge and access to a variety of educational information on an equal, and sometimes more efficient, level than traditional learning tools. Experiments have confirmed that the quality and structure of training courses, as well as the quality of teaching in distance learning, is often much better than with traditional forms of learning [4, 5].

New e-technologies such as interactive disks, electronic bulletin boards, multimedia hypertext, accessible through the global Internet network, provide active involvement of students in the learning process. In addition, these technologies allow you to manage the learning process unlike most traditional learning environments. Integration of sound, movement, images and text creates a rich learning environment, with the development of which will increase the degree of involvement of students in the learning process.

The interactive capabilities used in the distance education system (DLS), programs and information delivery systems allow you to set up and even stimulate feedback, provide a dialogue and ongoing support that is not possible in most traditional training systems [6, 7].

Analysis of publications and distance learning systems

Many publications are devoted to the development of technologies and systems of distance learning. Among them are the works of C. Wademeyer, R. Harrison, D. Kigan, M. Moore, D. Schell, which testify that such systems operate in universities of many countries. DLSs are actively implemented abroad, in particular in the US by leading universities in Stanford, Harvard, Princeton, Massachusetts Institute of Technology (MIT) [8, 9]. R. Kulatta and M. Beynton note that users are offered a choice of free on-line courses on various technical disciplines.

In accordance with the concept of the development of distance education in Ukraine [10], there is now an increase in the number of higher education institutions that use the distance education. According to the results of the analysis of the development of DLS in institutions of higher education in Ukraine, conducted by Kravtsov G.M. [11], it can be argued that most higher education institutions develop their own distance learning systems (DLSs) that solve internal learning tasks, have specific document processing protocols, which implement individualized distance learning technologies.

In the dissertation, Pikulyak M.V. considers methods and instrumental means of constructing an adaptive

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

system of distance education [12]. Dissertation work of Kuta V.I. is devoted to the development and formation of a complex of information technologies of distance learning systems for people with special needs [13].

Among the technologies used in the process of distance learning, the most widely used:

- case technology - a form of distance learning, based on the provision of educational information educational resources in the form of specialized sets of educational and methodological complexes using different types of information carriers (cases);

- Internet technology is a way of remotely transmitting information based on the use of global and local computer networks to provide students with access to information educational resources and to formulate a set of methodological, organizational, technical and software tools for implementation and management of the learning process, regardless of location its subjects;

- telecommunication technology – a technology based on the use of satellite and data transmission and broadcasts as well as global and local networks to provide interaction between students and teachers and the access of students to information educational resources presented in the form of digital libraries, video collections and other learning tools.

The main criterion for evaluating and implementing one or another educational technology (form, methodology) of education in the education system is its effectiveness.

We will conduct a comparative assessment of the existing systems of distance learning. Among them, the main criterion for evaluation is compliance with the standard (SCORM) (Sharable Content Object Reference Model). This is a set of specifications and standards developed specifically for the DLS at the international level. It contains requirements for the design of teaching materials, the formation of the learning process and other criteria that ensure the universality and scalability of the system. The relevance of the course to the format of SCORM provides the integration of the course into other systems and its multiple uses: all methodological materials are represented by blocks that can be used to create different courses, regardless of the environment in which they were created.

For the most part, the use of DLS is permissible only as part of the educational process, which involves the regular personal contact of students and teachers. Remoteness is used only as a tool for facilitating access to methodological materials and providing conditions for independent forms of educational work, which is especially relevant in connection with an increase in the number of hours allocated to this format in curriculum. This technology of interaction in the international space is called "Blended Learning" – a mixed learning. Within the framework of the given conception it is envisaged to obtain knowledge independently, for example, online, and internally - with a teacher. This approach allows you to control the time, place, pace and way of studying the material. Mixed education allows you to combine traditional techniques and topical technologies.

Comparison of the DLS, the appropriate condition for supporting the SCORM format, is presented in table 1, which clearly demonstrates the basic capabilities of the described systems.

Table 1. *Comparative characteristics of the DLS*

DLS	**License type**	**Architecture**	**Testing**	**Interface (10 Types of Questions)**	**Management**	**Communications**	**Online Conference**	**Development**	**Extras**
Infotechno	Commercial	Closed	+	+	Group	Message, chat, forum	+	Web GUI	Document flow, blackboard
Docent	Commercial	Closed	-	+	Calendar + Group	Chat, forum	+	Web GUI	APM, emulation
Web Tutor	Commercial	Closed	-	+	Calendar	Message, chat, forum	-	GUI	Virtual classroom
Prometheus	Commercial	Closed a	+	+	Calendar	Message, chat, forum	-	Web GUI	Team work, 3 test modes
Competent Shared Knowledge	Commercial	Closed	+	+	Group	Message, chat, forum	+	Web GUI	Integration with MS SharePoint
eLearning Server	Commercial	Open	-	+	Calendar + Group	Message, chat, forum	+	Web GUI	Electronic library
Redclass	Commercial	Closed	-	-	Group	Chat, forum	-	GUI	Emulation, virtual laboratory, electronic textbook
Moodle	GNU GPL	Open	+	+	Calendar + Group	Message, chat, forum, blogs	+	Web GUI	A large number of additional modules and the possibility of self-creation depending on the needs

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

There are a number of similar software products, such as Echo-360, e-Manual, IBM Simulation Producer, Itrain, UPK, Courselab and others. During the study, only those systems that are most widely represented in the market of educational services were considered, and all of the above systems are in demand, mainly in corporate education.

According to the available functionality, all systems are similar, except for individual modules. Each of them is intended for full-fledged provision of electronic resources for training; systems represent a complete set of functions necessary for managing the learning process. Each solution provides modules for creating training courses. There is an opportunity of individual communication with students. At different levels of implementation, administrative control systems have been introduced. Functional representation of the systems fully meets the requirements for organizing e-learning and provides a high level of educational process.

Some systems have unique components, such as the DLS Docent has an APM and Infotechno contains a virtual classroom board that may be important for the certain educational projects, but no significant differences have been identified.

The most popular among the existing distance learning systems is the Moodle system, which has a number of obvious advantages [14–19]:

- convenient intuitive interface;
- the possibility of organizing a large number of educational work;
- accessibility for users and developers;
- "flexible" course setup to suit the needs.

In the electronic system, Moodle may create a training framework for disciplines that do not require the use of third-party software. Moodle also has its own set of APIs for interfacing with external services.

It should be noted the importance of creating collaborative learning environments. This is emphasized by the widespread dissemination of e-learning facilities at a high school, which opens up broad prospects for achieving a qualitatively new level of cooperation among the participants in the educational process. Using a collaborative development environment, you can achieve a new level of teaching and learning programming. For example, remote programming workshops using a collaborative development environment can provide better perceptions than using utilities to stream current screen content. The created collaborative development environment will be a major addition to the existing tools for e-learning programming.

For full migration from classical integrated development environments to collaborative environments, it is necessary to transfer the entire functionality available in desktop systems. This process is complicated by the fact that collaborative development environments change the social aspects of software development organization. Thus, the development of the created prototype and its implementation will be an important step in the education of professional ethics of future software developers in terms of successful collective creativity. The results of the annual student survey confirm the feasibility and relevance of group learning projects. Therefore, the introduction of the facilities created in the learning process will enable an analysis of the effectiveness of the use of collaborative environments for e-learning systems for group programming, in particular, for example, the design of web applications.

Most DLSs have a disadvantage: it is difficult to verify the code of the training software product. But for IT disciplines (such as "web-technologies and web-design"), it is possible to create an interactive platform with the help of Sphere Engine, which provides the ability to debug the code in many programming languages (including php, JavaScript, CSS, HTML) and provides a wide range of APIs for interfacing with external services.

Therefore, the purpose of the article is to create a collaborative software development environment in the system of distance learning by forming an interactive platform with the help of Sphere Engine, which provides the ability to debug the code in many programming languages. This solves the following tasks:

- analysis of the functional and features of the Sphere Engine platform;
- development of the integration of the Sphere Engine service with the Moodle system.

Materials of research

For a well-functioning collaborative development environment requires the use of a third-party external service, which will be an online compiler with a large set of programming languages. In addition, such a service must work with the Moodle system by integrating it. Today many services allow the use of compilers directly in the browser. Only one service provides a wide list of api-functions for working with it from external applications - this is Sphere Engine (https://sphere-engine.com). With the use of this service, developers of the collaborative environment eliminate the need to deploy it on servers to support compilation, configuration and API creation. This service also has widgets for integration into electronic learning systems [20–22].

Sphere Engine is a platform that supports training and testing of IT skills. This technology allows you to check automatically the programming skills in real time. In addition, the service allows you to execute remotely the computer programs in a safe environment.

Sphere Engine can be used in many areas, including:

- IT education (programming for learning);
- courses of e-learning disciplines, which are accompanied by interactive examples and exercises);
- when testing the programming skills as a platform for conducting interviews while recruiting staff with the ability to run code written by candidates;
- hakatons and programming competitions as a system for sharing the executable source code;
- in the cloud environment of the IDE, etc.

The Sphere Engine service allows:

- download the code;
- launch a program with incoming data on the server with support for most popular programming languages;
- receive the result of execution.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

API Sphere Compiler Engine offers the ability to execute programs in dozens of programming languages, such as: C ++, C #, Go, Haskell, Java, Kotlin, Node.js, PHP, Python, Ruby, Scala or Swift and hypertext markup languages html.

The system consists of two modules:

1. Compilers – allows you to remotely execute computer programs and download the results of their execution, control the implementation of the source code of the program, add the value of input data.

2. Problems – Carries out an automatic check of correctness of computer programs in the context of programming problems.

Integration of both modules is possible with any of the following methods:

1) widget integration - a quick and easy way to integrate, recommended for expansion of existing projects;

2) RESTful API - a way to integrate with a wide selection of options recommended for creating specialized applications "from scratch".

Data transfer through API is performed using HTTP parameters. Therefore, any client library that supports HTTP can be used to integrate with the Sphere Engine service.

The integration of the Problems Sphere Engine module into the learning management system (in our case, Moodle) allows you to embed interactive programming tasks in them.

Fig. 1 shows the scheme of the Api Compilers service, which illustrates the process of execution of the program from the moment of its sending, and the results of execution.

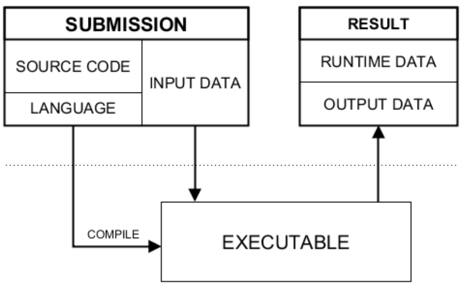


Fig. 1. Scheme of work of Api Compilers service

Data available after execution of the program include: execution time, memory consumption, output signal and data streams (source data generated, execution errors, warnings and compilation errors).

All URLs that are related to the Sphere Engine Compilers API have a common base in the form http: // <endpoint> / api / v4 /, which is called the endpoint. The Sphere Engine service allows you to use an access token for each use of the API method.

For example, the test method available at the relative address / test must be executed using the next address along with the access token: http: // <endpoint> / api / v4 / test? Access_token = <access_token>.

The API Sphere Engine Compiles is compatible with the REST architecture. This is due to the following characteristics:

- each API uses an HTTP request;

- the HTTP request method defines the type of API method (GET – receiving data, POST – creating a new resource, PUT – updating the resource data, DELETE – deleting the resource).

The answer is always returned in JSON format. In the case of an error when executing the API method (that is, the response code, starting with the number 4), the structure of the response has the following form:

```
{
  "error_code": xxx
  "message": " message that describes the error "
}
```

The error_code field contains an integer that identifies the error and allows you to easily interpret the error.

The program that is sent for execution in the Sphere Engine system is called a submission. The training consists of the source code of the program, the programming language and (optionally) the input data that is processed by the program. The response of the API method to obtain submission data (ie GET / submissions /: id) contains two fields that determine the current state of the submission.

The Binary Run field helps you quickly check whether the system processes the submission. Can take the following values:

1) true – representation in the process of processing the system, and the data created by the program are not yet available.

2) false - submission already left part of Sphere Engine system responsible for executing programs, and all information is finally installed and available.

After creating a new request, the system needs some time to execute it. The following scenario is recommended: create a request using the POST / Submissions method; waiting 2 seconds; Receive sending data using GET / submitings /: id; representation of the current state of presentation to the user (optional). If executing = true, you need to go back to the previous step. Fig. 2 presents the concept of this scenario in graphical form.

The disadvantages of the API Sphere Engine include the fact that it works only with single-file downloads, that is, it is not possible to download a large structured project. In addition, it is not possible to set breakpoints for its debugging.

In the case of an intense load on the server (that is, if there is no time interval between requests), in anticipation of processing, this can be recognized as a DoS / DdoS attack and can lead to a reaction of the API's Sphere Engine's security system. In this case, the Sphere Engine servers may refuse further access to the service.

Integration of the Sphere Engine service into Moodle system

The use of a third-party external service, which is an online compiler with a large set of programming languages, is illustrated by the example of monitoring the implementation of laboratory work on discipline "Web-

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

technology and web-design". The specified service interacts with the Moodle system by integrating it. An important point is also the availability of API functions to access certain elements of the service for proper setup.

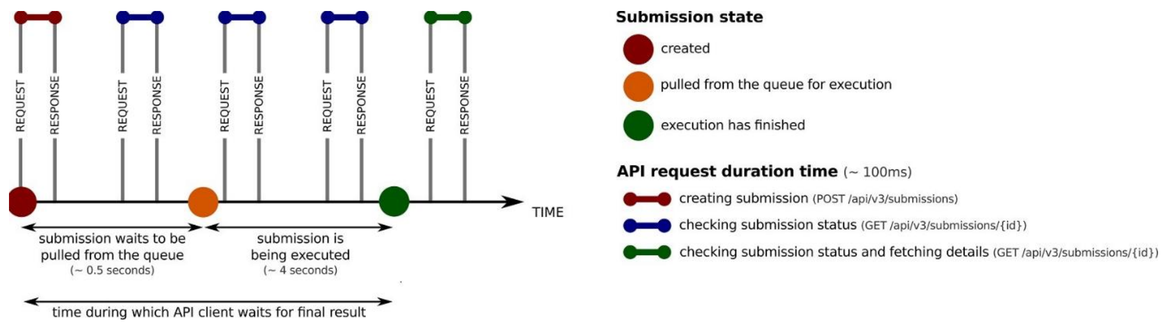


Fig. 2. Illustration of Pool Submission Script

Fig. 3 presents a generalized algorithm for integrating the Sphere Engine service into the Moodle system.

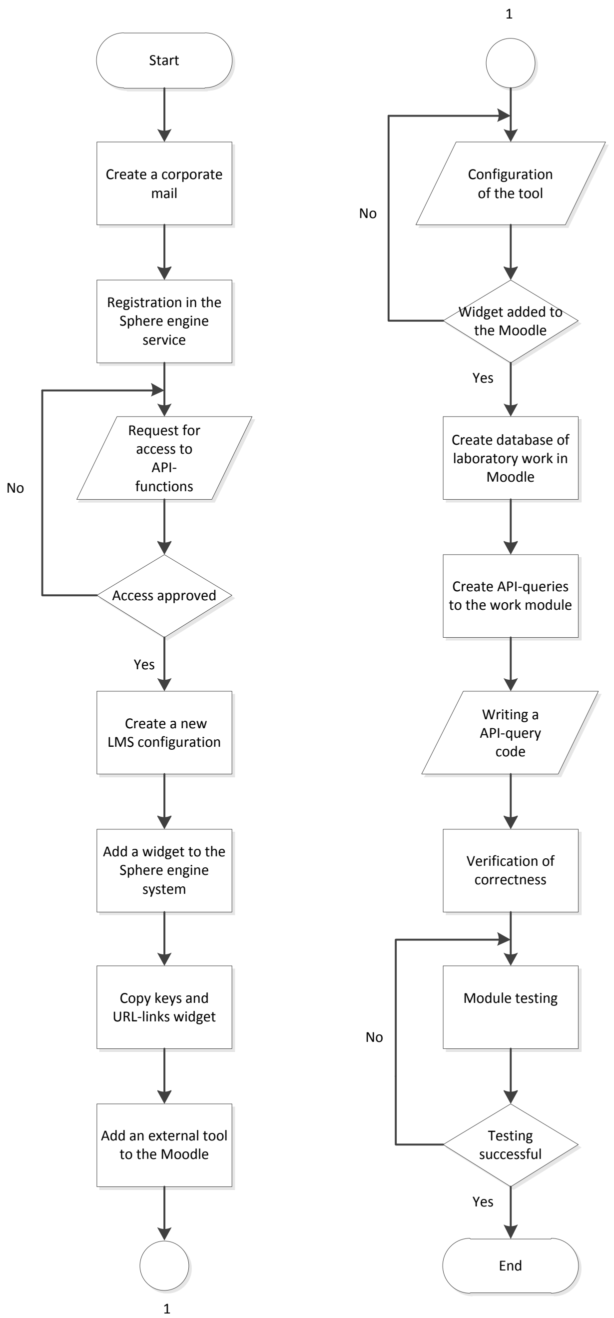


Fig. 3. A generalized algorithm for integrating the Sphere Engine

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Let us consider the main stages of the developed algorithm.

To access the API functions that will be used to access the functionality of the service from Moodle, you must create a corresponding request.

When integrating the Sphere Engine, a configuration set for the LMS system is created that integrates with the Sphere Engine for education in a manner that is consistent with LTI (fig. 4): consumer key (1), general key (2), tool URL (HTTP (3) or HTTPS (4)).

Fig. 5 shows the XML (5) data needed for an automated configuration that can be used in two ways: through a special URL (6) by copying it directly from the text field (7).

A separate configuration has been used for each LMS (fig. 6).

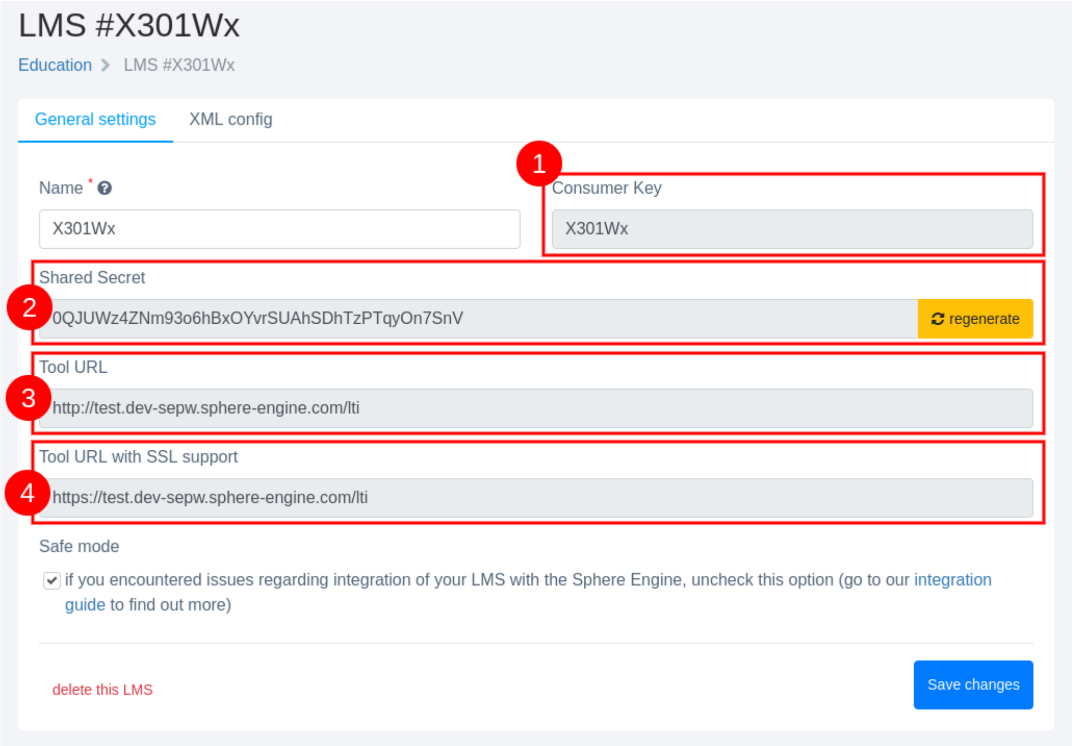


Fig. 4. Configuration data

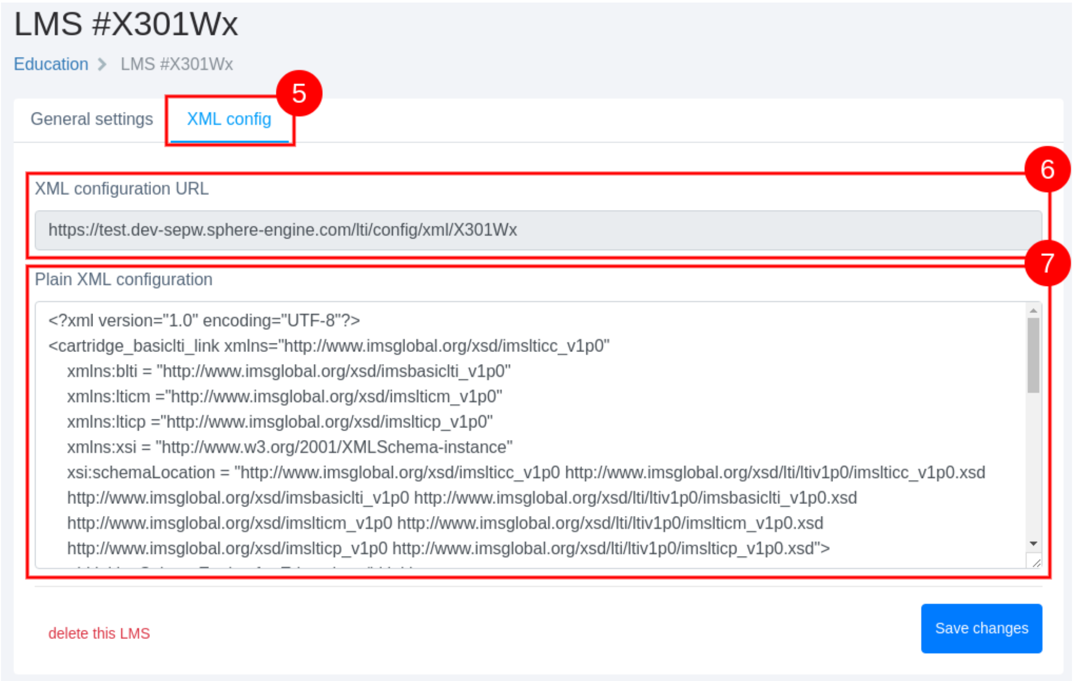


Fig. 5. XML data for automated configuration

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

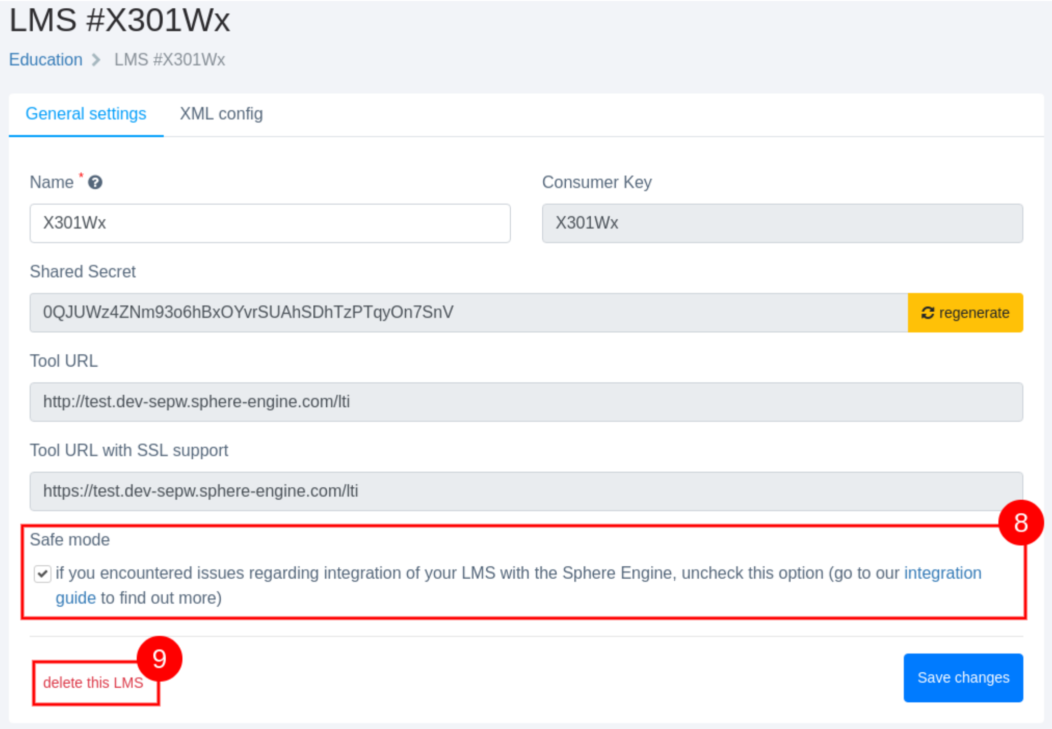


Fig. 6. Additional settings

The Moodle system offers the ability to configure an external tool (for example, Sphere Engine for Education) in such a way that the program becomes public in the resource list. The settings required for this process require administrator privileges and are available in Site Administration> Plugins> Activity modules> External tools> Manage tools. If admin use is not possible, an alternative configuration method allows you to use Sphere Engine for Education with the course configuration.

Moodle provides an automatic configuration process. The configuration window is shown in fig. 7.

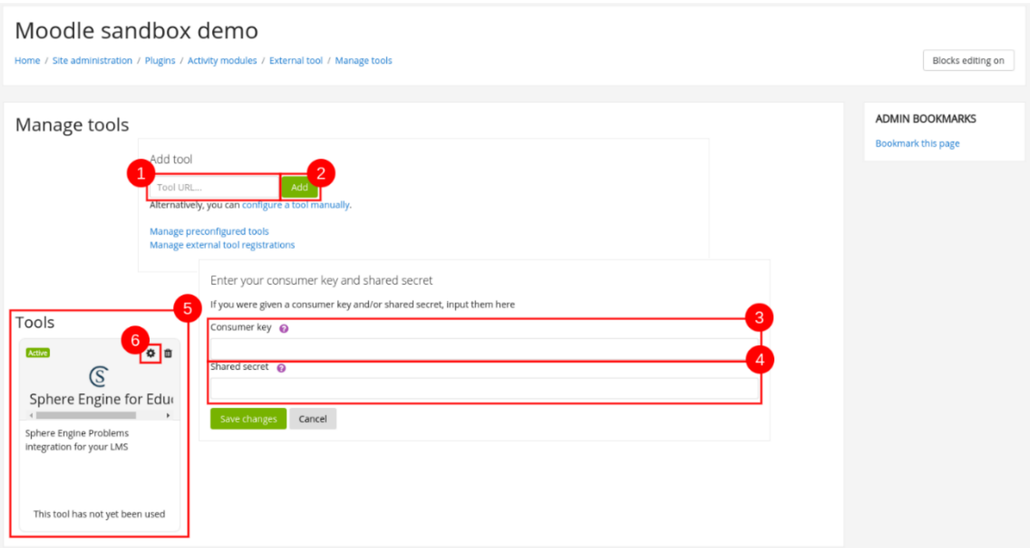


Fig. 7. Adding of the LTI configuration to Moodle system

In Moodle, the URL of the tool (1) contains the URL that is available in the appropriate field of the "XML Configuration" tab (Sphere Engine), and the Add button (2) (Moodle) is clicked. For security reasons, you must enter a consumer key (3) and a general key (4). Configure the configuration (6) for which Sphere Engine for Education will be present when adding resources.

When adding and adjusting the resource for the course (fig. 8), the required parameters are specified (resource name (3) and privacy settings (4)).

After adding the instrument to the discipline topic, it is available for use. Then using the Sphere Engine API:

- to transfer the text of the task of the lab work, which will be stored in the element of the course "Database";

- setting the time for the task.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

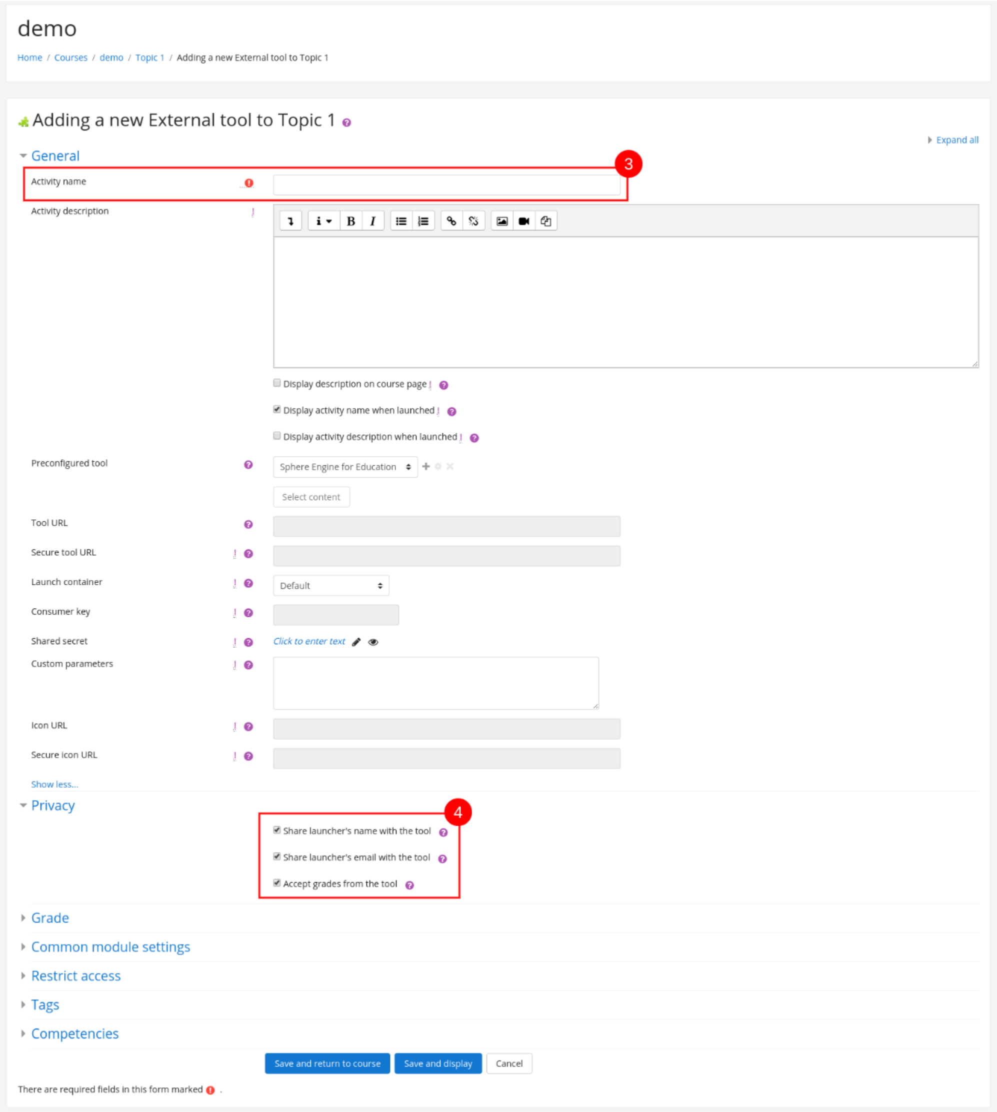


Fig. 8. Configuration of the resource

Conclusions

Because of the review and comparison of existing distance learning systems and software verification tools, the tools that best meet the needs for a collaborative development environment, namely the Moodle DLS and the Sphere Engine service, are selected. The analysis of the functional and features of the Sphere Engine platform allowed to implement the integration of the Sphere Engine service with the Moodle distance learning system.

For the course "Web-technologies and web-design" a separate interactive module has been created with the help of Sphere Engine, which allows to perform laboratory work in this discipline. With the help of the integrated service, you can carry out full control over the progress of laboratory work. Thus, the degree of automation of the educational process in institutions of higher education increases.

References

1. Bikkulova, G. R. (2015), "The principles of distance learning as a reflection of modern requirements for the educational process" ["Printsipy distantsionnogo obucheniya kak otrazheniye sovremennykh trebovaniy k obrazovatel'nomu protsessu"], *News of the Russian State Pedagogical University A. I. Herzen*, No. 60, P. 332–335.
2. Voronkin, A. (2013), "Problems of the introduction of distance learning in domestic educational institutions" ["Problemy vnedreniya distantsionnoy formy obucheniya v otechestvennykh uchebnykh zavedeniyakh"], *E-Learning World*, No. 2 (28).
3. Kukyan, V. N., Photina, O. V. (2012), "Actual problems of distance education", *Open and distance education*, No. 4 (48), P. 86–89.
4. Galustyan, O. V (2013), "E-learning technology in the educational process" ["Tekhnologiya E-learning v obrazovatel'nom protsesse"], *Innovation in education*, No. 5, P. 128–129.
5. Omarov, M., Muradova, V. (2018), "Infological support of the information technology for management of distance education", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (6), P. 146–153. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.6.146

6. Haidai, B., Artiukh, R., Malyeyeva, O. (2018), "Analysis and modelling the preferences of social networks users", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (3), P. 5–12. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.005
7. Henry J., Meadows, J. (2008), "An Absolutely Riveting Online Course: Nine Principles for Excellence in Web-based Teaching", *Canadian Journal of Learning and Technology*, Vol. 34 (1).
8. "The Top eLearning statistics and facts for 2015", *eLearning Industry*, available at : https://elearningindustry.com/elearning-statistics-and-facts-for-2015
9. "MOOCs: Top 10 Sites for Free Education With Elite Universities", available at : http://www.bdpadetroit.org/portal/index.php ?option= com_content&view=article&id=57
10. "Concept of development of distance education in Ukraine" ["Kontseptsiya rozvytku dystantsiynoyi osvity v Ukrayini"], available at : http://www.osvita.org.ua/distance/pravo/00.html
11. Kravtsov, G. M. (2005), "Conceptual tasks of development of systems of distance learning and their implementation technology" ["Kontseptualni zadachi rozrobky system dystantsiynoho navchannya ta tekhnolohiyi yikhnoyi realizatsiyi"], *Scientific journal of NPU named after M. P. Drahomanov, Series No. 2. Computer-oriented systems of training*, Kyiv : NPU them. MP Drahomanov, No. 2 (9), P. 294–305.
12. Pikulyak, M. V. (2016), Methods and instrumental means of constructing an adaptive system of distance education" [Metody ta instrumentalʹni zasoby pobudovy adaptyvnoyi systemy dystantsiynoyi osvity] : Abstract abstract Diss., Ternopil.
13. Kut, V. I. (2013), "Information technologies of distance learning systems for people with special needs" ["Informatsiyni tekhnolohiyi system dystantsiynoho navchannya osib z osoblyvymy potrebamy"], Ternopil, available at : http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/2036/2/Thesis-Kyt_V_I-Information_technology_for_distance_learning__2013.pdf
14. Andreev, A. B. Andreeva, S. V., Dotsenko, I. B. (2014), *Practice e-learning using Moodle* [*Praktika elektronnogo obucheniya s ispol'zovaniyem Moodle*], Taganrog : TIT SFU.
15. Demida, B., Sagaidak, S., Kopil, I. "Systems of distance learning: review, analysis, selection" ["Systemy dystantsiynoho navchannya: ohlyad, analiz, vybir"], *National University "Lviv Polytechnic"*, available at : http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/10662/1/14.pdf
16. Anisimov, A. M. (2015), *Work in the Moodle distance learning system* [*Robota v systemi dystantsiynoho navchannya Moodle*], Kharkiv, 213 p.
17. Khudyakova, A. V. (2013), *Designing a distance course on the Moodle platform 2.7* [*Proyektirovaniye distantsionnogo kursa na platforme Moodle 2.7],* Perm : PGPPU, 32 p.
18. Kravchenko, G.V. (2013), *Construction of a distance course and organization of training for students of institutions of higher education in the Moodle system* [*Pobudova dystantsiynoho kursu i orhanizatsiya navchannya studentiv zakladiv vyshchoyi osvity v systemi Moodle],* Altai, 122 p.
19. Trius, Yu.V. (2018), *Organization of certification of electronic training courses in ZVO by means of the system Moodle* [*Orhanizatsiya atestatsiyi elektronnykh navchal'nykh kursiv u ZVO zasobamy systemy Moodle*], Cherkasy, 312 p.
20. Donets, V., Kuchuk, N., Shmatkov, S. (2018), "Development of software of e-learning information system synthesis modeling process", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 2, P. 117–121. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.20
21. Zykov, I., Kuchuk, N., Shmatkov, S. (2018), "Architecture synthesis of the computer system of transaction control e-learning", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 3, P. 60–66. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.10
22. Official site of the service Sphere engine, available at : https://sphere-engine.com.

Received 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Малєєва Юлія Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент, Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського "ХАІ", доцент кафедри комп’ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: juliabelokon84@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3553-9156.

Малеева Юлия Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского "ХАИ", доцент кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

Malieieva Julia – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Associate Professor of the Department of Computer Sciences and Information Technologies, Kharkiv.

Косенко Віктор Васильович – доктор технічних наук, доцент, Державне підприємство "Харківський науково-дослідний інститут технології машинобудування", директор, Харків, Україна; e-mail: kosv.v@ukr.ua; ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4905-8508.

Косенко Виктор Васильевич – доктор технических наук, доцент, Государственное предприятие "Харьковский научно-исследовательский институт технологии машиностроения", директор, Харьков, Украина.

Kosenko Viktor – Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, State Enterprise "Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology", Chief Executive Officer, Kharkiv, Ukraine.

Малєєва Ольга Володимирівна – доктор технічних наук, професор, Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського "ХАІ", професор кафедри комп’ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: o.maleyeva@khai.edu; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9336-4182.

Малеева Ольга Владимировна – доктор технических наук, профессор, Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского "ХАИ", профессор кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

Malyeyeva Olga – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Professor of the Department of Computer Science and Information Technologies, Kharkiv, Ukraine.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2524-2296 (online)*

Світличний Дмитро Вікторович – Національний аерокосмічний університет імені М. Є. Жуковського "ХАІ", студент кафедри комп’ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: d48686347@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1323-8996.

Светличный Дмитрий Викторович – Национальный аэрокосмический университет имени Н. Е. Жуковского "ХАИ", студент кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

Svetlichnyj Dmitrij – National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Student of the Department of Computer Sciences and Information Technologies, Kharkiv, Ukraine.

СТВОРЕННЯ КОЛАБОРАТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА РОЗРОБКИ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Предметом дослідження в статті є методи й інструментальні засоби створення та впровадження систем дистанційного навчання (СДН). Інтерактивні можливості, які використовуються в системі дистанційного навчання, програми і системи доставки інформації, дозволяють налагодити зворотний зв'язок, забезпечити діалог і постійну підтримку, які неможливі в більшості традиційних систем навчання. **Метою** статті є створення колаборативного середовища розробки програмних продуктів в системі дистанційного навчання шляхом формування інтерактивної платформи за допомогою сервісу Sphere Engine, який надає можливості налагоджувати код на багатьох мовах програмування. При цьому вирішуються наступні **завдання**: огляд та порівняння існуючих систем дистанційного навчання; аналіз функціоналу та особливостей застосування платформи Sphere Engine; розробка алгоритму інтеграції сервісу з системою Moodle. **Методи**: методи обробки інформації, методи й інформаційні технології створення електронних курсів дистанційного навчання. **Результати**. За результатами огляду та порівняння існуючих систем дистанційного навчання та засобів для перевірки програмного коду обрано інструменти, які найбільше відповідають потребам створення колаборативного середовища розробки, а саме СДН Moodle та сервіс Sphere Engine. Проведено аналіз функціоналу та особливостей застосування платформи Sphere Engine: приведено схему роботи api compilers сервісу, яка ілюструє процес виконання програми з моменту її відправки до результатів виконання; надано концепцію сценарію пулу у графічній формі. Створено прототип колаборативного середовища розробки, який доступний у вигляді веб-застосунку, описано архітектуру прототипу. Розроблено алгоритм інтеграції сервісу Sphere Engine з системою Moodle. Детально розглянуто етапи алгоритму інтеграції на прикладі тестування роботи середовища розробки курсу "Web-технології та web-дизайн". **Висновки**. Створено інтерактивний модуль за допомогою сервісу Sphere Engine, який дозволяє виконувати лабораторні роботи з дисциплін програмування і здійснювати повний контроль за ходом їх виконання. Таким чином підвищується ступінь автоматизації навчального процесу в закладах вищої освіти.

Ключові слова: дистанційне навчання; колаборативне середовище; алгоритм інтеграції; веб-сервіс.

СОЗДАНИЕ КОЛАБОРАТИВНОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Предметом исследования в статье являются методы и инструментальные средства создания и внедрения систем дистанционного обучения (СДО). Интерактивные возможности, которые используются в системе дистанционного обучения, программы и системы доставки информации, позволяют наладить обратную связь, обеспечить диалог и постоянную поддержку, которые невозможны в большинстве традиционных систем обучения. **Целью** статьи является создание колаборативной среды разработки программных продуктов в системе дистанционного обучения путем формирования интерактивной платформы с помощью сервиса Sphere Engine, который предоставляет возможности отладки кода на многих языках программирования. При этом решаются следующие **задачи**: обзор и сравнение существующих систем дистанционного обучения; анализ функционала и особенностей применения платформы Sphere Engine; разработка алгоритма интеграции сервиса с системой Moodle. **Методы**: методы обработки информации, методы и информационные технологии создания электронных курсов дистанционного обучения. **Результаты**. По результатам обзора и сравнения существующих систем дистанционного обучения и средств проверки кода избрані инструменты, которые наиболее соответствуют потребностям создания колаборативной среды разработки, а именно СДО Moodle и сервис Sphere Engine. Проведен анализ функционала и особенностей применения платформы Sphere Engine: приведена схема работы api compilers сервиса, иллюстрирующая процесс выполнения программы с момента ее отладки до результата выполнения; придставлена концепция сценария пула в графической форме. Создан прототип колаборативной среды разработки, который доступен в виде веб-приложения, описана архитектуру прототипа. Разработан алгоритм интеграции сервиса Sphere Engine с системой Moodle. Подробно рассмотрены этапы алгоритма интеграции на примере тестирования работы среды разработки для курса "Web-технологии и web-дизайн". **Выводы**. Создан интерактивный модуль с помощью сервиса Sphere Engine, который позволяет выполнять лабораторные работы по дисциплинам программирования и осуществлять полный контроль за ходом их выполнения. Таким образом, повышается степень автоматизации учебного процесса в учреждениях высшего образования.

Ключевые слова: дистанционное обучение; колаборативная среда; алгоритм интеграции; веб-сервис.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Малєєва Ю. А., Косенко В. В., Малєєва О. В., Світличний Д. В. Створення колаборативного середовища розробки в системі дистанційного навчання. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 62–71. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.062.

Malieieva, Ju., Kosenko, V., Malyeyeva, O., Svetlichnyj, D. (2019), "Creation of collaborative development environment in the system of distance learning", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 62–71. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.062.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 338.268 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.072

L. MALYARETS, O. IASTREMSKA

SCIENTIFIC AND PRACTICAL PROPOSALS ON THE CHOICE AND APPLICATION OF STRATEGIC CONTROLLING INSTRUMENTS AT THE ENTERPRISE IN THE MODERN CONDITIONS

The **object** of the research is the processes of selection and application of strategic control instruments in the enterprise in modern conditions. The **subject** of the study is the scientific and practical principles that consist of a theoretical approach to the definition of the content of strategic control in the system of strategic management of the activity of the industrial enterprise, the informational and analytical provision of the method of strategic deviations as an adequate and effective modern instrument of strategic controlling. The **aim** is to formulate recommendations on the choice and application of strategic controlling instruments at the enterprise in modern conditions. **Tasks**: systematization of strategic controlling instruments at the enterprise in the modern conditions, taking into account the relevant requirements; development of the technology of the choice of instruments of strategic controlling of the activity of the industrial enterprise; formation of a system of controlled indicators for strategic controlling in industrial enterprises; development of analytical instruments for implementing strategic controlling. **Methods**. The theoretical analysis of the work of specialists on controlling allowed to form the advantages and disadvantages of each of the strategic control instruments. The analysis and synthesis of the content of strategic controlling allowed to develop a technology of choice of instruments for carrying out strategic controlling activity at an industrial enterprise. To implement the method of strategic deviations it is recommended to solve an optimization problem. The following results were obtained: the proposed system of controllable indicators of the industrial enterprise activity in four types of activities: financial, production, marketing, personnel. In order to determine the optimal values of indicators that can be achieved, taking into account the real possibilities of an enterprise, it is recommended to solve an optimization problem, the solution of which provides optimal values of the indicators. As a target function in the optimization problem, the dependence of the integral indicator (I) of the enterprise's activity development on its most influential controlled indicators, determined on the basis of ranking by means of multivariate statistical factor analysis and multiple regression analysis, should be considered. The system of constraints in the optimization task should be made taking into account real intervals of changes in the values of the indicators of activity of each individual enterprise, in particular taking into account the minimum and maximum values of the indicators that the enterprise had during a certain period. **Conclusions**: The improvement of the modern effective instrument of strategic controlling is a procedure for determining the desired values of controlled indicators of the enterprise, which forms the information basis for the process of forming a functional strategy and ensures the reality of their implementation.

Keywords: strategic controlling instruments; technology selection instruments; a system of controlled indicators; method of strategic deviations; the procedure for determining the desired values of the indicators of the strategies.

Introduction

One of the directions of improvement of the system of strategic management of the industrial enterprises activity is the strategic controlling. Timely response to changes in market conditions and the necessity of substantiation and adaptation of priority directions of the strategy of development of industrial enterprises requires the development of scientific and practical bases of the strategic controlling over the corresponding system of controlled indicators. The activation of strategic controlling in the system of strategic management requires the setting up of a special analytical support.

Formulation of the problem

The controlling system operates a large number of different instruments. If we consider the practice of controlling implementation at industrial enterprises, then one can find a common trend depending on the implementation period. Initially, in the process of implementation at domestic enterprises are used mainly simple controlling instruments. Further, according to the expansion of controlling functions in the enterprise management system, more sophisticated instruments are used.

Today, the question of the choice and use of controlling instruments is relevant, which is confirmed by the lack of a clear view on this issue. The effectiveness of the enterprise depends on the correctness of the established set of instruments, adapted to the conditions of domestic industrial enterprises. At the same time, the choice of optimal instruments should ensure control, coordination, regulation and adoption of timely and sound management decisions. A key issue during the choice of instruments should be the understanding of its specific features at the enterprise, which will enable the full advantage of the existing advantages, as different controlling instruments can be used at different enterprises. That is why it is advisable to carry out a comparative analysis of current controlling instruments for the purpose of choosing the most appropriate in the specific conditions of a particular enterprise.

Implementation of the management system requires the use of controlling methods and instruments, which ensure the achievement of the goals of controlling the activities of the enterprise. Therefore, a set of instruments should be easy to understand and apply, which will allow managers to reduce the time spent on its development. Indeed, despite the considerable theoretical experience in the development and implementation of controlling instruments at the enterprise, in practice, there are problems with ensuring its efficiency and compliance with the types of enterprise activities that require control.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Analysis of recent research and publications

The various aspects of the formation of theoretical and practical approaches to the introduction of controlling in the management system of the enterprise are devoted to the work of such economists as: Ye. A. Anan'kin [1], N. G. Danilchkina [2], O. M. Karminsky [3], Y. M. Petrovich [4], O. V. Prokopenko [5], I. V. Pshinokova [6], M. S. Pushkar [7], N. M. Selivanova [8], E. V. Sidorenko [9], N. Kupper [10], H. Folmut [11], R. Horvat [12], D. Khan [13], and others. It is worth noting the unanimity of the views of both scientists and practitioners on the importance of the value of the system of controlled indicators. Also, the vast majority of specialists in controlling problems believes that the composition of the system of controlled indicators depends on the peculiarities of activity, determined by the purpose of controlling and depends on the strategy and priorities of enterprise development.

In the works of specialists in controlling problems, it is also noted that the choice of tools is influenced by both variables and permanent criteria, in particular: the reliability of the controlling instrument, the complexity of implementation in the enterprise, the complexity of analytical support during the use of the instrument, the availability of interchangeable instruments, the ability to combine with other instruments, functionality of a separate instrument, the need for software for the implementation of the instrument, training of managers, corporate culture of the enterprise, practical experience in the using separate instrument in the enterprise.

Formation of the purpose of the article

The purpose of the article is to develop scientific and practical recommendations on the choice and application of strategic control instruments at the enterprise in modern conditions.

Objectives of the study:

1. To systematize strategic controlling instruments in the enterprise in the modern conditions, taking into account the requirements: 1) strategic controlling instruments should be used to identify and improve the potential of the enterprise, prevent potential risks, expand and maintain the potential for success; 2) taking into account the strategic objectives of the enterprise, namely: developing a new investment; creation of new and expansion of available capacities; introduction of new technologies; staff training; attraction of additional resources; development of new markets; improvement of the organizational structure of the enterprise; increase in market share; opening new sales channels. Accordingly, the speed and quality of achieving the strategic goals of the company depends on the use of strategic controlling instruments; 3) the complexity of implementing strategic controlling instruments requires special training of managers and clarification of key aspects in order to avoid unwanted situations in the future.

2. To develop the technology of the choice of instruments of strategic controlling of the activity of an industrial enterprise in modern conditions. When developing this technology, it is first and foremost to determine the object and subject of controlling at the enterprise. Controlling the activity of an enterprise should be aimed at achieving the set goals through the implementation of its respective functions within the framework of the strategy chosen by the enterprise. The objectives of the activity are as follows: achieve strategic targets set by the enterprise within the chosen strategy, timely detection of problem areas and their subsequent rapid elimination, ensuring the adaptability of production and economic processes to changes in the internal and external environment, achieve the desired level of efficiency of the enterprise, detection undiscovered potential for the development of subcontracting (financial, intellectual, investment), ensuring an adequate level of governance awareness as to production and economic processes at the enterprise.

Achievement of the set goals of the activity takes place within the limits of controlling and is provided at the expense of the specified functions of controlling, in particular: control from positions of future periods, formation of information and analytical support: instruments of enterprise activity management, diagnostics of controlled indicators, planning and forecasting of controlled indicators, coordination and integration of enterprise activity components, analysis and evaluation of enterprise activity.

3. To form a system of controlled indicators for strategic controlling at the industrial enterprises. The system of indicators should be formed in accordance with clearly established principles: complexity, systemicity, representativeness, reliability, comparability, informality, optimality, manageability, adaptability, timeliness, clear orientation, positive effect. Since production and economic activity is a complex economic system, it is expedient to consider it under subsystems, in particular: production, financial, marketing, personnel. The content and specifics of each of them are reflected at the expense of a specific set of controlled indicators.

4. To improve the analytical tools of strategic controlling implementation at the modern industrial enterprises.

Materials and methods

The choice of strategic controlling at the enterprise in the present conditions should be carried out in terms of the possibility of realizing its functions and the essence of the coordination and control and analytical-information subsystem of the strategic management of the activity of the enterprise, the possibility of integrating the classical control functions and special controlling functions to substantiate the management decision regarding the formation, implementation and review of the company's business strategies. The theoretical analysis of the work of specialists in controlling allowed to form the advantages and disadvantages of each of the strategic controlling instruments [14–23] (table 1).

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Table 1. *Advantages and disadvantages of strategic controlling instruments used in the modern conditions*

Instrument	Advantages	Disadvantages
SWOT - analisys	allows to identify the weaknesses of the enterprise and develop strategic directions for overcoming them; enables to identify competitive advantages of the enterprise	the need for a thorough definition of the scope of the SWOT analysis; the need for a clear understanding of the differences between its elements
Balanced Scorecard	allows using financial and non-financial indicators; gives the opportunity to change the strategy to the level of operational plans and implement it, coordinating with the company's management, planning and motivation systems; allows you to translate the strategy into an operational level and deliver specific tasks to employees, which ensures the achievement of strategic goals.	lack of a clear sequence of key indicators and their details; the lack of indicators that could signal the need for adjusting the goals; shortage of workers with the sufficient knowledge to assess the prospects of the enterprise; complexity and complexity of implementation
Strategic maps	give an understanding of the logic of doing business in the long run, which is necessary to succeed on the market	high cost of project implementation and use of the model; the complexity of using the model; significant duration of the implementation project
Distribution system of indirect costs	provides the ability to accurately determine the cost of unused capacity for their periodic write-off to expenses of the period; a considerable saving in the cost of staff wages	requires large expenditures of time, effort, associated with training personnel, collecting data in the process of implementing the system and during its use
Quality standard "Six Sigma"	allows to find and eliminate causes of mistakes or defects by focusing on specific parameters that are critical for the enterprise	a number of differences for industrial enterprises and service enterprises, which determines the complexity of using this technology
Analysis of strategic deviations	allows to set the degree of achievement of the strategic goals of the enterprise; can determine the effectiveness of strategic management; is the basis for developing a new enterprise strategy to achieve the long-term goals of the enterprise	the need to process a large array of data and to find relevant information; low detail of the results obtained; the need for considerable time expenditures
Portfolio analysis	allows to improve the level of strategic planning at the enterprise; enables to analyze long-term strategies; increases the efficiency of decision-making by decision makers	the instrument is more appropriate to use for the analysis of financial investments and securities, indicating its low functionality
Benchmarking	allows to carry out continuous improvement of all processes of a life cycle of products; defines the areas in which the improvement of quality will give the most significant results	the need for strong theoretical training; the need to create their own information exchange strategy at the enterprise
Functional-cost analysis	Allows you to determine the level of performance of various processes at the enterprise; can justify the choice of technology for implementing the business plan	excessive detail of the process of describing functions and, at the same time, the complexity of the accounting model, indicating the problem of adaptation to real conditions

Analysis of the advantages and disadvantages of the main strategic controlling instruments has led to the conclusion that benchmarking, potential analysis, SWOT analysis, moderation method, portfolio analysis, strategic deviation analysis, functional-cost analysis, system of balanced indicators, strategic maps, indirect costs distribution system, quality standard six-sigma, open-source reporting policy, theory of constraints, script development, accounting and cost analysis are tools that are most adapted to domestic use enterprises in the modern conditions.

Research results

Taking into account the advantages and disadvantages of the strategic controlling instruments of the enterprise, special attention is paid to the analysis of strategic deviations as a strategic control tool, since it allows for long-term planning at the enterprise through the establishment of deviations of actual indicators from the planned ones. This instrument is the basis for the formation of the corporate strategy of the enterprise and allows to eliminate the strategic deviations in the long run due to the calculation of the forecast values of the indicators and the formation of the desired values of indicators.

Accordingly, the given technology of the choice of tools is the basis for controlling the activities of the enterprise and recommended for use by industrial enterprises in their activities. The content of the technology of choosing instruments controlling the activities of the enterprise is shown in fig. 1.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

An important tool for the implementation of strategic controlling of the enterprise is a system of indicators, which should be structured by main activities, namely: financial, production, marketing, personnel. Analysis of the work of leading experts on the problems of economic analysis, management of the enterprise showed the feasibility of inclusion in the system of such private indicators: financial performance (asset turnover ratio (x_1), inventory turnover ratio (x_2), accounts receivable turnover ratio (x_3), accounts payable turnover ratio (x_4), net sales return (x_5), return on equity (x_6), return on current assets (x_7), return on investment (x_8), autonomy ratio (x_9), own working capital ratio (x_{10}), equity maneuverability ratio (x_{11}), absolute liquidity ratio (x_{12}), term liquidity ratio (x_{13}), total liquidity ratio (coverage) (x_{14})) [4, 5, 11].

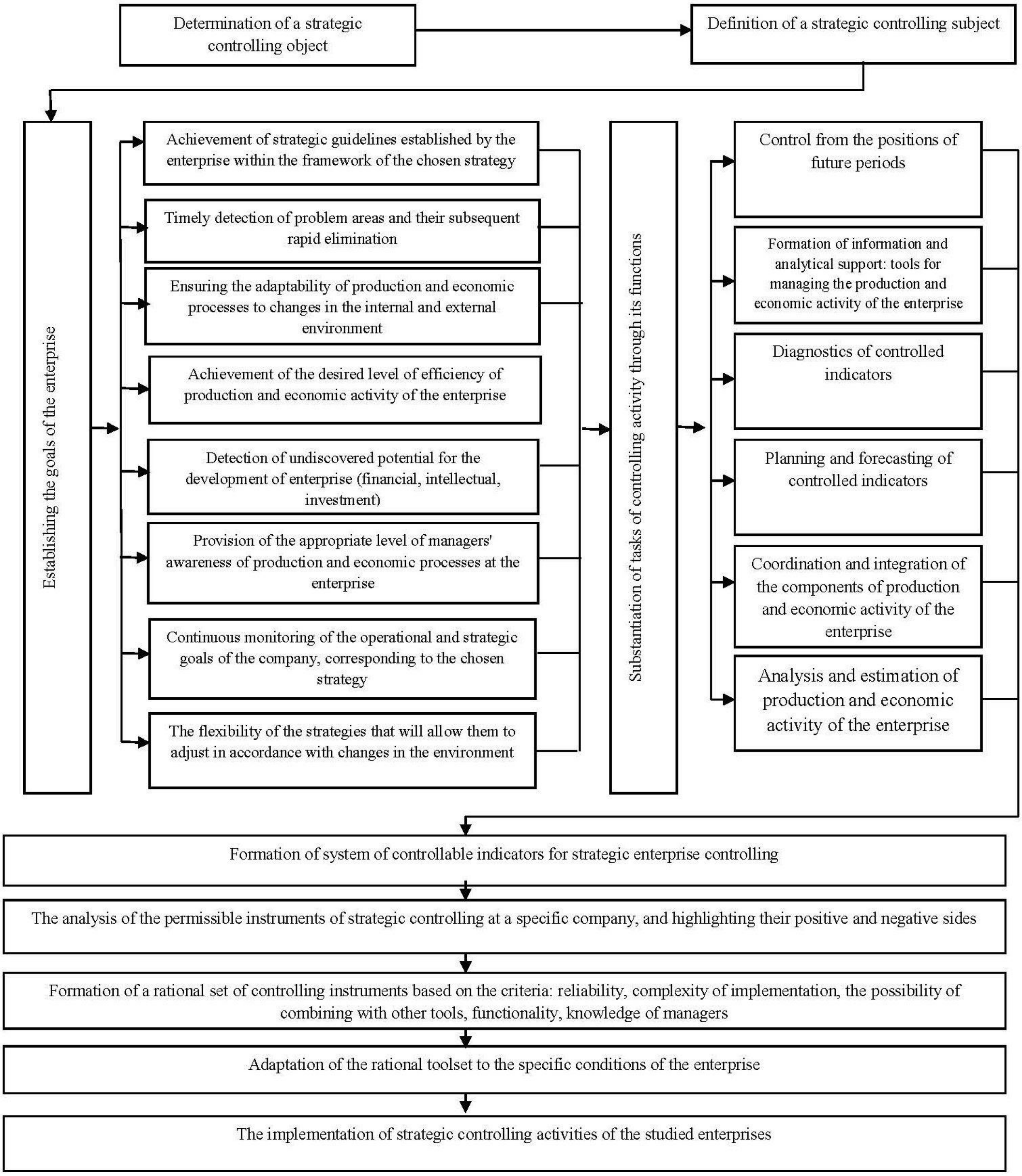


Fig. 1. Technology selection tools for the implementation of strategic controlling activities at the industrial enterprise

The production activity should include the following partial indicators: production activity (the coefficient of depreciation of fixed assets (y_1), the ratio of renewal (introduction) of fixed assets (y_2), the ratio of retirement

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

of fixed assets (y_3), the coefficient of growth of fixed assets (y_4), return on assets (y_5), capital stock (y_6), profitability of fixed assets (y_7), profitability of production (y_8), share of material costs in total production costs (y_9)); marketing activity (gross profit margin (z_1), market share (z_2), sales turnover ratio (z_3), product turnover ratio (z_4), share of sales expenses in volume of sales (z_5), share of new products (z_6), cost of production (z_7)); personnel activity (labor productivity (v_1), average wage (v_2), rate of growth of the number of employees (v_3), coefficient of turnover turnover (v_4), staff turnover rate (v_5), employee recovery rate (v_6), coefficient staff turnover (v_7), hours worked per employee (v_8)) [13, 17, 21, 22].

Analytical support for the process of formation, diagnosis and monitoring of the implementation and adjustment of corporate and functional strategies at the enterprise is based on the procedure for determining the optimal and desired values of performance indicators, which improves the analysis of strategic deviations. In order to determine the optimal values of the indicators that can be achieved, taking into account the real possibilities of the enterprise, it is recommended to solve an optimization problem, the solution of which provides the optimal values of the indicators. An optimization task can be set both for many criteria and for one. Setting up the task of optimizing the development of various types of activities of an industrial enterprise:

to find the maximum level of development of the enterprise:

$$F=\left(f_F, f_{\Pr}, f_M, f_P\right)\to \max,$$

where $f_F, f_{\Pr}, f_M, f_P$ − partial criteria for the development of financial, production, marketing, personnel activities of the enterprise respectively (the first level):

financial activity (F): $f_F = f\left(x_1,...,x_{14}\right)\to \max$,

production activity (Pr): $f_{\Pr} = f\left(y_1,...,y_9\right)\to \max$,

marketing activity (M): $f_M = f\left(z_1,...,z_7\right)\to \max$,

personnel activity (P): $f_P = f\left(v_1,...,v_8\right)\to \max$.

In the one-purpose task of optimizing the development of an enterprise's activity as a target function, it is recommended to consider the dependence of the integral indicator of the development of the enterprise (I) on its most influential indicators, determined on the basis of the rating, using factor and regression analysis. At the same time, the constraints system in the optimization task should be made taking into account real intervals of change in the values of the indicators of activity of each individual enterprise, in particular taking into account the minimum and maximum values of the indicators that the enterprise had during a certain period [21 – 23]. Thus, for the enterprise PJSC "Turboatom" the dependence of the integral indicator of activity development on its most influential controlled indicators has the form:

$$I=0{,}18555+2{,}3535x_{12}-0{,}404x_{13}+0{,}1293x_{14}$$
$$-0{,}08y_1+0{,}00023v_3-0{,}1225v_4-0{,}1v_7\to\max,$$

system of limitations of changes of values of indicators: $0{,}374\le x_{12}\le 0{,}432$; $1{,}309\le x_{13}\le 1{,}408$; $1{,}01\le x_{14}\le 1{,}51$; $0{,}2752\le y_1\le 0{,}3034$; $94{,}12\le v_3\le 96{,}67$; $0{,}20\le v_4\le 0{,}211$; $0{,}0756\le v_7\le 1{,}1299$.

If an enterprise achieves optimal values for the most influential controlled activity indicators, its level of development will be 0.837. Taking into account the positive tendencies to change the values of the most influential indicators and real possibilities of the enterprise, based on the optimal values of the most influential indicators of activity and adjusting them to such average deviation:

$\sigma_{x12}=0{,}3713$; $\sigma_{x13}=0{,}406$; $\sigma_{x14}=0{,}9972$; $\sigma_{y1}=0{,}152$; $\sigma_{v3}=12{,}34$; $\sigma_{v4}=0{,}1997$; $\sigma_{v7}=0{,}4147$,

we obtain the following desirable values of these controlled indicators:

$x_{12}=0{,}8033$; $x_{13}=1{,}715$; $x_{14}=2{,}5072$; $y_1=0{,}123$; $v_3=84{,}33$; $v_4=0{,}4007$; $v_7=0{,}067$;

To determine the desired values of the remaining controllable performance indicators in the process of forming functional strategies of enterprises, we use the correlation links of these indicators with the most influential indicators, namely, the value of the correlation coefficients. We propose to calculate the percentage change in the indicators by the formula: $\varepsilon_i=\varepsilon^*_{av}\cdot r_{i\,av}$, where ε^*_{av} − the average percentage change in the value of the most influential indicators; $r_{i\,av}$ − the average value of the Pearson correlation coefficient. So, for the company PJSC "Turboatom", the relative changes in the most influential indicators are: $\varepsilon_{x12}=0{,}8595$ $(85{,}95\%)$, $\varepsilon_{x13}=0{,}3102$ $(31{,}02\%)$; $\varepsilon_{x14}=0{,}6604$ $(66{,}04\%)$; $\varepsilon_{y1}=0{,}4473$ $(44{,}73\%)$; $\varepsilon_{v3}=0{,}1277$ $(12{,}77\%)$; $\varepsilon_{v4}=0{,}9935$ $(99{,}35\%)$; $\varepsilon_{v7}=0{,}8816$ $(88{,}16\%)$.

The desirable values of the controlled indicators of the enterprise, on the basis of which the functional strategies should be developed, have the following form:

$x_1=0{,}8466$; $x_2=2{,}2713$; $x_3=4{,}2205$; $x_4=1{,}7434$; $x_5=0{,}5102$; $x_6=0{,}4252$; $x_7=0{,}2804$; $x_8=0{,}4207$; $x_9=0{,}9848$; $x_{10}=0{,}6238$; $x_{11}=0{,}8628$; $x_{12}=0{,}8033$; $x_{13}=1{,}715$; $x_{14}=2{,}5072$; $y_1=0{,}123$; $y_2=0{,}0864$; $y_3=0{,}1354$; $y_4=0{,}3132$; $y_5=7{,}2843$; $y_6=81{,}0113$; $y_7=0{,}1861$; $y_8=0{,}622$; $y_9=1{,}0465$; $z_1=0{,}2599$; $z_2=0{,}7592$; $z_3=1{,}7193$; $z_4=1{,}5887$; $z_5=1{,}507$; $z_6=22{,}9324$; $z_7=0{,}0885$; $v_1=309{,}694$; $v_2=42{,}268$; $v_3=84{,}33$; $v_4=0{,}4007$; $v_5=0{,}0482$; $v_6=0{,}7541$; $v_7=0{,}067$; $v_8=2292{,}5607$.

The desired values of controlled activity indicators will ensure its high level of development, namely 0.82. The economic analysis of the achieved values of indicators at the enterprise and the interrelations between them revealed the negative tendencies of the development of its economic processes.

Conclusions

Therefore, the procedure for determining the desirable values of the enterprise performance indicators in the process of forming the appropriate functional or corporate strategy should include the following steps: 1) the justification of the system of partially controlled indicators of the enterprise; 2) identification of the most influential controllable indicators of the enterprise through regression and factor analysis; 3) determination of optimal values of the most influential controlled activity indicators on the basis of solving the optimization problem of maximizing the level of enterprise activity; 4) the justification of the relative deviations of the most influential controlled indicators and the definition of their average level; 5) correlation analysis of all controlled indicators of activity; 6) determination of the percentage of the desired change in the control of indicators of activity; 7) definition of values of controlled indicators of enterprise activity in strategies. This procedure improves the analytical and instrumental support of the formation and adjustment of the strategies of production and economic activity of the enterprise.

Thus, the results of strategic controlling should be the adjustment of existing corporate and functional business strategies based on concrete reality of the conditions of their implementation.

References

1. Anankin, E. A., Danilochkin, S. V., Danilochkina, N. G. (2003), *Controlling as an instrument of enterprise management* [*Kontrolling kak instrument upravleniya predpriyatiyem*], Moscow : UNITY-DANA, 279 p.
2. Danilochkina, S. V., Danilochkina, N. G., edited by N. G. Danilochkina et al. (2001), *Controlling as an instrument of enterprise management* [*Kontrolling kak instrument upravleniya predpriyatiyem*], Moscow: Audit, UNITI, 279 p.
3. Karminsky, A. M., Falco, S. G. (2006), *Controlling* [*Kontrolling*], Moscow : Finance and Statistics, 336 p.
4. Petrovich, J. M., Panas, Ya. V. (2013), "Controlling the evolution in modern theory and practice of domestic enterprises management", *Marketing and management of innovations*, No. 1, P. 129–137.
5. Prokopenko, O. V., Kryvoruchko, L. B. (2011), "Economic sense of controlling and its place in the management system of an enterprise", *Visnyk Sumy State University : Economy*, No. 4, P. 27–33.
6. Pshinokova, I. V., Ignatieva, O. I. (2013), "Systematization of functions of strategic and operational controlling" ["Sistematizatsiya funktsiy strategicheskogo i operativnogo kontrollinga"], *OGU Bulletin*, No. 5, P. 122–125.
7. Pushkar, M. S., Pushkar, R. M. (2004), *Controlling - Information Subsystem of Strategic Management* : monograph, Ternopil, 370 p.
8. Selivanova, N. M. (2016), "Features of the scenario implementation of innovative controlling in the industrial enterprise" ["Osoblyvosti stsenarnoho vprovadzhennya innovatsiynoho kontrolinhu na promyslovomu pidpryyemstvi"], *Innovative economics: theoretical and practical aspects* : monograph / ed. Dr. econ Sciences., Assoc. E. I. Maslennikova, Kherson : Grin DS, P. 402–439.
9. Sidorenko, Ye. V. (2013), "Methodical tools for controlling the costs of gas transmission enterprises" ["Metodicheskiy instrumentariy kontrollinga zatrat gazotransportnikh predpriyatiy"], *Oil and gas in Western Siberia: materials of the Intern. scientific and technical Supplement, Tyumen: Tsogu*, P. 20–26.
10. Kupper, H. (2001), *Controlling: Konzeptionen, Aufgaben und Instrumente*, 3. Aufl., Stuttgart, 345 p.
11. Vollmut, H. (1998), *Controlling from A to Z* [*Kontrolling ot A do Ya*], Moscow : Finance and Statistics, 240 p.
12. Horvath, P. (2003), *Controlling*, 9., ubearb. Aufl, Munchen : Vahlen, 367 p.
13. Khan, D. (1997), *Planning and control: the concept of controlling* [*Planirovaniye i kontrol': kontseptsiya kontrollinga*], Moscow : Finance and Statistics, 800 p.
14. Khmurova, V. V. (2014), "Efficiency of introduction of controlling on enterprises" ["Efektyvnist vprovadzhennya kontrolinhu na pidpryyemstva], *Economics and management of enterprises*, P. 76-78.
15. Hodzitskaya, V. V. (2014), "Strategic Controlling as a Methodological Toolkit for Strategic Cost Management" ["Stratehichnyy kontrolinh yak metodychnyy instrumentariy stratehichnoho upravlinnya vytratamy"], *Accounting and Finance*, No. 4 (66), P. 146–153.
16. Shvydkyy, E. (2012), "Controlling as a Technology for Intellectualization of Business Process Management at Enterprises" ["Kontrolinh yak tekhnolohiya intelektualizatsiyi upravlinnya biznes-protsesamy na pidpryyemstvakh"], *Galician Economic Bulletin*, No. 1 (34), P. 115–119.
17. Shlyakhta, O. M. (2012), "SWOT-analysis as an instrument of strategic management of the enterprise" ["SWOT- analiz yak instrument stratehichnoho menedzhmentu pidpryyemstva"], *Economical space*, No. 68, P. 301–309.
18. Selivanova, N. N. (2013), "Controlling as a new philosophy of modern business management in Ukraine", *Economics : realities of time*, No. 1 (6), P. 82–88, available at : http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n1.html
19. Weber, J., Schäffer, U. (2006), *Einführung in das Controlling*, Stuttgart : Schaffer-Poeschel, 488 p.
20. Malyarets, L., Draskovic, M., Babenko, V., Kochuyeva, Z., Dorokhov, O. (2017), "Theory and practice of controlling at enterprises in international business", *Economic Annals-XXI*, No. 165 (5-6), P. 90–96. DOI: https://doi.org/10.21003/ea.V165-19
21. Malyarets, L., Otenko, I. P., Morgun, G. V. (2017), *Strategic management of export-import activity of the enterprise on the basis of controlling* [*Stratehichne upravlinnya eksportno-importnoyu diyal'nistyu pidpryyemstva na zasadakh kontrolinhu*] : monograph, Kharkiv : KhNEU them. S. Kuznets, 240 p.
22. Malyarets, L., Mochen, L. (2016), "Estimation of the production and economic activity of the enterprise as the basis of its strategic control" ["Otsinka vyrobnycho-hospodarsʹkoyi diyalʹnosti pidpryyemstva yak osnova yiyi stratehichnoho kontrolinhu"], *Scientific Bulletin of the Kherson State University. Series: Economic Sciences*, Issue 16, Ch. 2, P. 56–60.
23. Momot, T., Vashchenko, O., Teslenko, R. and Momot, D. (2019), "Strategic monitoringof of the external environment in the system of ensuring the financial and economic security of the state, region, enterprise", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No.1 (7), p. 85–92. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.085.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

24. Malyarets, L., Proskurnina, N. (2014), *Controlling foreign economic activity of the enterprise: analytical approach* : monograph, Kharkiv : View. KhNEU named S. S. Kuznets, 228 p.

Received 14.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Малярець Людмила Михайлівна – доктор економічних наук, професор, Харківський національний економічний університету імені С. Кузнеця, завідувач кафедри вищої математики і економіко-математичних методів, Харків, Україна; e-mail: Malyarets@ukr.net, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1684-9805.

Малярец Людмила Михайловна – доктор экономических наук, профессор, Харьковский национальный экономический Университете имени С. Кузнеца, заведующая кафедрой высшей математики и экономико-математических методов, Харьков, Украина.

Malyarets Lyudmyla – Doctor of Science (Economics), Professor, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Head of the Departments of Higher Mathematics, Economic and Mathematical Methods, Kharkiv, Ukraine.

Ястремська Олена Миколаївна – доктор економічних наук, професор, Харківський національний економічний університету імені С. Кузнеця, завідувач кафедри менеджменту, логістики та економіки, Харків, Україна; e-mail: iastremska_om@hneu.net, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5653-6301.

Ястремская Елена Николаевна – доктор экономических наук, профессор, Харьковский национальный экономический Университете имени С. Кузнеца, заведующая кафедрой менеджмента, логистики и экономики, Харьков, Украина.

Iastremska Olena – Doctor of Science (Economics), Professor, Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Head of the Department of Management, Logistics and Economics, Kharkiv, Ukraine.

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ВИБОРУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ СТРАТЕГІЧНОГО КОНТРОЛІНГУ НА ПІДПРИЄМСТВІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Об'єктом дослідження є процеси вибору та застосування інструментів стратегічного контролінгу на підприємстві в сучасних умовах. **Предметом** дослідження є науково-практичні засади, які складаються з теоретичного підходу щодо визначення змістовної суті стратегічного контролінгу в системі стратегічного управління діяльністю промислового підприємства, інформаціно-аналітичне забезпечення методу стратегічних відхилень як адекватного та ефективного сучасного інструменту стратегічного контролінгу. **Мета** – формування рекомендацій щодо вибору та застосування інструментів стратегічного контролінгу на підприємстві в сучасних умовах. Завдання: систематизація інструментів стратегічного контролінгу на підприємстві в сучасних умовах з урахуванням відповідних вимог; розроблення технології вибору інструментів стратегічного контролінгу діяльності промислового підприємства; формування системи підконтрольних показників для здійснення стратегічного контролінгу на промислових підприємствах; розроблення аналітичних інструментів здійснення стратегічного контролінгу. **Методи.** Теоретичний аналіз робіт фахівців з контролінгу дозволив сформувати переваги та недоліки кожного з інструментів стратегічного контролінгу. Аналіз та синтез змісту стратегічного контролінгу дозволили розробити технологію вибору інструментів для здійснення стратегічного контролінгу діяльності на промисловому підприємстві. Для реалізації методу стратегічних відхилень рекомендується розв'язати оптимізаційну задачу. Отримано такі **результати:** запропонована система підконтрольних показників діяльності промислового підприємства за чотирма видами діяльності: фінансовою, виробничою, маркетинговою, кадровою. Для визначення оптимальних значень показників, яких можна досягнути, враховуючи реальні можливості підприємства, рекомендовано розв'язувати оптимізаційну задачу, розв'язок якої й надає оптимальні значення показників. У якості цільової функції в оптимізаційній задачі слід розглядати залежність інтегрального показника розвитку діяльності підприємства від її найбільш впливових підконтрольних показників, визначених на основі рейтингу за допомогою багатовимірного статистичного факторного аналізу та множинного регресійного аналізу. Система обмежень в оптимізаційній задачі має бути складена з урахуванням реальних інтервалів зміни значень показників діяльності кожного окремого підприємства, а саме з урахуванням мінімальних і максимальних значень показників, які мало підприємство протягом визначеного періоду. **Висновки.** Удосконаленням сучасного ефективного інструменту стратегічного контролінгу є розроблена процедура визначення бажаних значень підконтрольних показників діяльності підприємства, яка складає інформаційну основу процесу формування функціональної стратегії та забезпечує реальність їх здійснення.

Ключові слова: інструменти стратегічного контролінгу; технологія вибору інструментів; система підконтрольних показників; метод стратегічних відхилень; процедура визначення бажаних значень показників стратегій.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ВЫБОРА И ПРИМЕНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО КОНТРОЛИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Объектом исследования являются процессы выбора и применентя инструментов стратегического контролинга на предприятиях в современных условиях. **Предметом** исследования являются научно-практические основы, состоящие из теоретического подхода к определению содержательной сущности стратегического контролинга в системе стратегического управления деятельностью промышленного предприятия, информационно-аналитическое обеспечение метода стратегических отклонений как адакватного и эффективного современного инструмента стратегического контролинга. **Цель**

– формирование рекомендаций по выбору и применению инструментов стратегического контролинга на предприятии в современных условиях. **Задачи**: систематизация инструментов стратегического контроллинга на предприятии в современных условиях с учетом соответствующих требований; разработка технологии выбора инструментов стратегического контроллинга деятельности промышленного предприятия; формирование системы подконтрольных показателей для осуществления стратегического контроллинга на промышленных предприятиях; разработка аналитических инструментов осуществления стратегического контроллинга. **Методы:** Теоретический анализ работ специалистов по контроллингу позволили сформировать преимущества и недостатки каждого из инструментов стратегического контролинга. Анализ и синтез содержания стратегического контролинга позволили разработать технологию выбора инструментов для осуществления стратегического контролинга деятельности на промышленном предприятии. Для реализации метода стратегических отклонений рекомендуется решить оптимизационную задачу. Получены такие **результаты:** систематизирована система подконтрольных показателей деятельности предприятия по четырем видам деятельности: финансовой, производственной, маркетинговой кадровой. Для определения оптимальных значений показателей, которые можно достичь, учитывая реальные возможности предприятия, рекомендовано решить оптимизационную задачу, решение которой и дает оптимальные значения показателей. В качестве целевой функции в оптимизационной задаче необходимо рассматривать зависимость интегрального показателя развития деятельности предприятия (I) от ее наиболее влиятельных показателей деятельности, определенных на основе рейтинга при помощи факторного и регрессионного анализов. Система ограничений в оптимизационной задаче должна быть составлена с учетом реальных интервалов изменений значений показателей деятельности каждого отдельного предприятия, а именно с учетом минимальных и максимальных значений показателей, которые имело предприятие в течение определенного периода. **Выводы:** усовершенствованием современного эффективного инструмента стратегического контроллинга является разработанная процедура определения желаемых значений подконтрольных показателей деятельности предприятия, которая составляет информационную основу процесса формирования функциональной стратегии и обеспечивает реальность ее осуществления.

Ключевые слова: инструменты стратегического контроллинга; технология выбора инструментов; система подконтрольных показателей; метод стратегических отклонений; процедура определения желаемых значений показателей стратегий.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Малярець Л. М., Ястремська О. М. Науково-практичні пропозиції вибору та застосування інструментів стратегічного контролінгу на підприємстві в сучасних умовах. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 72–79. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.072.

Malyarets, L., Iastremska, O. (2019), "Scientific and practical proposals on the choice and application of strategic controlling instruments at the enterprise in the modern conditions", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 72–79. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.072.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 004.9 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.080

YE. MELESHKO

COMPUTER MODEL OF VIRTUAL SOCIAL NETWORK WITH RECOMMENDATION SYSTEM

The **subject matter** of the article is the process of modeling social networks. The **goal** is to develop a computer model of a social network with a recommendation system. The **tasks** to be solved are to research the methods of generating social networks, to realize the computer model of a social network with a recommender system. The **methods** used are graph theory, theory of algorithms, statistics theory, probability theory, object-oriented programming. The following **results**: the research of existing methods for modeling social networks was conducted, in particular, such social network models as the Barabasi-Albert model, the Erdős-Renyi model and the Bollobas-Riordan model were considered. The concept of complex networks was considered. The research of the basic properties of graphs of social networks was considered. The social network computer model with a recommender system based on the modified Barabasi-Albert model with using graph database Neo4j and programming language Python was developed. The developed model allows to model a network with users and text posts and may contain following connections "friends", "follower", "published", "viewed", "like", "similar", "recommended", and also allows testing of algorithms of recommender systems and conduct research to changes in a social network after creating and proposing recommendations. The testing of the developed computer model of virtual social network with a recommender system was conducted. **Conclusions**. The research of various methods of modeling social networks was conducted. The concept of complex networks was investigated. The main properties of social network graphs are considered. The computer model of a social network with a recommendation system that contains various types of nodes and connections that allow testing a recommender system algorithm has been developed. The developed model of a social network with a recommender system was tested to check its similarity with real social networks. The developed computer model of a social network has the values of network graph parameters corresponding to the values characteristic of real social networks, which allows using the developed model to research the processes that can occur in real social networks.

Keywords: social network; recommendation system; computer modeling; stochastic graph.

Introduction

In modern virtual social networks, recommendation systems are used to create a user's news feed. Since social networks have long been one of the important sources of information for Internet users, its awareness and perspectives on current events depend on what is displayed in the news feed.

Recommendation systems today have become part of virtually all popular websites and social networks [1, 2]. The quality of the recommendation systems depends not only on the accuracy of predicting user preferences and the usefulness of the recommendations, but also on providing information security to users of the social network. So important parameters of the recommendation system are the value of such properties as privacy of user preferences (Privacy), the risk to the user when using the recommendations (Risk), robustness of the system to attacks (Robustness), in particular, attacks aimed at increasing the rating of certain objects of the system [1, 3].

In this paper, the software model of the virtual social network with a recommendation system for modeling the influence of recommendations on processes in the social network and testing methods for generating recommendations was created.

Analysis of recent research and publications

Simulation of social networks is an important scientific task and is used for the study of social processes, for example, the process of disseminating information to the social network, the process of forming the reputation of the participants in the social network, the process of information management and confrontation, etc.

Simulation of social networks is primarily used for implementation [4]:

- analysis of the structure of the network (for example, search for opinion leaders, the search for hidden communities and hidden links, etc.);
- the study of social processes (for example, the spread of rumors, etc.).
- research on the process of formation and development of the social network (for example, the study of the influence of the reputation of social network participants on the dynamics of change in its structure in time).

Most often, graph models are used to model social networks [4, 5].

The social network can be represented as a graph:

$$G=(V,E) \quad , \tag{1}$$

where V – the vertices of the graph represented by the participants and objects of the social network; E – the edges of the graph, represented by connections of different types between the participants and the objects of the network.

Under the social network objects, we will understand, for example, post, comment, group, page, etc. The links between the vertices of the graph can be oriented (for example, "subscriber", "nickname", "published", etc.) and non-oriented links (for example, "friends" links).

Allocate the following graph models of the social network [5, 6]:

1. **Conventional graph models**. They are defined by the matrix of adjacency G, with dimension $n \times n$, where n – the number of participants in the network
2. **Stochastic block models**. They are set by a matrix of adjacency G, with dimension $n \times n$, where n – the

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

number of blocks of participants in the network. An element $g_{ij} \in [0;1]$ shows the density of relationships between the members of the network belonging to block i and those belonging to the *j* block. In this case, the graph does not contain edges and vertices that show the connections of participants in the network within one block.

3. **Probabilistic graph models**. They are defined by the matrix of adjacency G, with dimension $n \times n$, where n – the number of participants in the network. The element $g_{ij} \in [0;1]$ shows the probability of interaction between the participants j and i over a period.

To study social processes, it is necessary to model a dynamic social network. Dynamic network model can be a **dynamic graph** [7].

The dynamic graph D, is a sequence of classical graphs G_k, the transition between them is described by different graph operations $\varphi(G_k) = G_{k+1}$.

Graph operations can be divided into basic and complex [7]. The basic operations include operations:

- adding / removing ribs;
- adding / removing the vertex.

Any complex graph operation can be described by a sequence of basic graph operations.

Operation that makes a transaction from the graph G_k to the graph G_{k+1} may be as basic so complex.

To construct a dynamic graph, you can use a set of graph operations $\Phi = \{\varphi^t\}$.

Sequence of graphs $G_1, G_2, G_3, ...G_m$, is called the trajectory of a dynamic graph [7].

To analyze dynamic graphs, methods of association rules extraction and methods of frequency models analysis are used, hierarchical, probabilistic and relational models can be used to predict changes in a dynamic graph, models based on the properties of social networks and models based on the properties of network participants [5, 7].

In addition to graph models, cellular automata, Markov chains, Ising models, models of impregnation and infection, models of independent cascades, models with thresholds, models based on game theory [8], agent models [9], etc. can be used for modeling of social networks. These models allow us to investigate the dissemination of information and psychological influences in social networks and to investigate the influence of network participants.

For qualitative modeling of social networks, you need to know the properties that real social networks have.

Social networks are a partial case of complex networks. Complex networks are stochastic networks with nontrivial topology, in particular, they differ from classical stochastic networks by the presence of a small number of nodes with a large number of links (such vertices are called hubs) [10]. Most real networks are complex. Difficult networks can be divided into technical networks (e.g. computer networks, transport networks), biological networks (e.g., metabolic networks, ecological networks), social networks (such as friends' networks, citation networks, telephone networks); etc. The best-studied complex networks as a model of social networks.

In complex networks that reflect social connections, there are the following main properties [6, 10, 11]:

1. Scale-free. Distribution of degrees of nodes (vertex degree, number of links in nodes) by degree distribution.

2. "Small world" (small-world network). Small network diameter.

3. High clustering coefficient and high transitivity coefficient. If in the social network there are members *A*, *B* and *C*, and there are social ties between *A* and *B*, and also between *A* and *C*, then it is quite high probability that *B* and *C* also have social ties.

4. Giant binding component. That is, more than 80% of nodes are interconnected.

5. Hierarchical links are presented.

6. There are complex cluster formations (clicks, clans, etc.).

7. Assortativity. In the broad sense assortativity is the emergence of links between vertices, which are somewhat similar to each other. In the narrow sense assortativity is the emergence of links between vertices with a large number of links.

Let us consider the main well-known models of generation of stochastic and complex networks.

A well-known model for generating complex networks is the Barabasi-Albert model [12–14]. The authors of this model have shown that the emergence of large-scale networks requires the presence of two conditions:

1. Growth. Starting with a small number n_0 of nodes, at each new time iteration one new node with n bonds (where $n \le n_0$) is added that connect a new node with n different already existing nodes.

2. Preferencial attachment. The probability P with which a new node forms a connection to some already existing node *i*, is the higher if more connections has the *i*-th host, and is determined by the formula

$$P_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j}, \qquad (2)$$

where k_i – the degree of *i*-th node, and the denominator counts the sum of all degrees of existing network nodes.

This principle can explain the reasons for the emergence of a degree law in social networks.

The advantages of this model are that the network it generates possesses properties of rarity, "close world", scalability. The disadvantages of the model are that the resulting graph strongly depends on the initial parameter, and there is the difficulty with the desired joining in the random selection of vertices.

Erdős-Renyi model [12, 14]. Let there be a set of vertices $V_n = \{v_1, v_2, ..., v_n\}$, and in the graph there will be no loops, multiple edges and orientation, so the number of potential edges will be C_n^2. The vertices are joined in pairs with probability $p \in [0;1]$, regardless of other

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

vertices. This model does not have the desired affiliation. This model will allow for the creation of a stochastic graph, but it will not have the important properties of complex networks, namely the power law of the distribution of degrees of vertices and the high clustering coefficient.

Bollobas-Riordan model [12, 14]. First, a set of random graphs $\{G_1^n\}$ is constructed, where the graph with the number n has a number of vertices and edges n. Then this set is converted into a set $\{G_k^n\}$, in which the graph with the number n has a number of vertices n, and the number of edges is $kn, k \in N$. This model generates complex networks and coincides well with empirical data.

To model the social network with the reference system, it was decided to use the Barabasi-Albert model, since it is easy to implement and allows you to create a stochastic graph with the properties of complex networks.

To model a social network with a recommendation system, you need to add objects and recommendations to the network model. A social network graph should be dynamic to simulate the creation and provision of recommendations, as well as to track changes in the network after providing guidance to network members.

Materials of research

In this paper a model of the social network with a recommendation system was created using the Neo4j graph database and the Python programming language.

The social network was represented in the form of a stochastic graph, which as vertices were:

- social network users;
- posts of users in the social network.

As the ribs were related: "friends"; "subscribers"; "posting a post"; "post revised"; "Like fasting"; "an affair between users"; "fit between posts" and "post recommended".

The appearance of a section of a graph of a developed social network model with a recommendation system is presented in fig. 1.

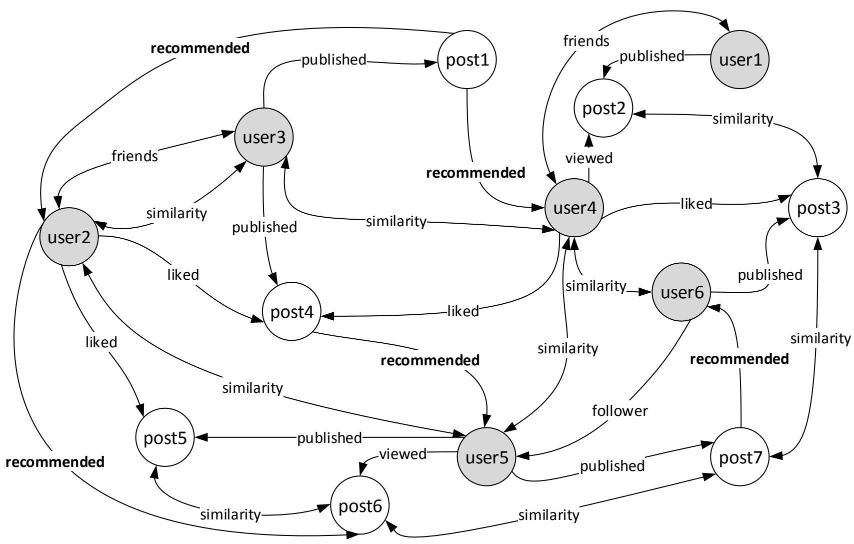


Fig. 1. An example of a cut of a graph of a developed social network model with a recommendation system

Generation of the social network was carried out based on Barabasi-Albert model. To generate the network, the count was divided into the following pgs: Users-Friends, Users-Followers, Users-Similarity, Posts-Published, Posts-Viewed, Posts-Liked, Posts-Similarity and Posts-Recommended.

Subgraphs Users-Friends, Users-Followers, Posts-Published, Posts-Viewed and Posts-Liked are created by the social network graph generator.

Subgraphs Users-Similarity, Posts-Similarity and Posts-Recommendations are created by the recommendation system.

Stages of a developing method for generating a social network with a recommendation system:

1st stage. Generated non-oriented subgraph of Users-Friends based on the Barabasi-Albert model.

2nd stage. Generated user-follower oriented subgraph based on the Barabasi-Albert model.

3rd stage. The subgraphs of Users-Friends and Users-Followers are merged into a common graph.

4th stage. The oriented Posts-Publish subgraph is generated based on the modified Barabasi-Albert model. On the first iteration randomly are selected n_0 users who "create" m_0 posts. Then, on each new iteration, a new post is added, the probability of its publication by some user depends on the number of friends and followers of this user and the number of posts already published, and is determined by the formula:

$$P_i = \frac{k_{1i} + k_{2i} + k_{3i}}{\sum_j (k_{1j} + k_{2j} + k_{3j})}, \quad (3)$$

where k_{1i} – the number of friends at i-th node, k_{2i} – number of subscribers in the i-th node, k_{3i} – the number of

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

posts in the i-th node, and the denominator counts the sum of all these values for all existing network nodes.

For each post a set of keywords is generated that are selected from the given set, for further possibility to model the work of the recommendation system.

5th stage. Posts-Publish subgraph joins a common graph.

6th stage. Generated oriented subgraph Posts-Viewed based on the modified Barabasi-Albert model. In the first iteration, randomly selected users who "browse" m_0 randomly selected posts. Then, on each new iteration, a new random post is added; the probability that some post will be reviewed depends on the number of friends and followers on the post author and the number of posts he has already posted, as well as on the number of previous views of the given post, and is determined by the formula:

$$P_i = \frac{q_{1i} + q_{2i} + q_{3i}}{\sum_j (q_{1j} + q_{2j} + q_{3j})}, \qquad (4)$$

where q_{1i} – the number of friends at i-th post, q_{2i} – number of signers of the author at i-th post, q_{3i} – the number of views at the i-th post, and the denominator counts the sum of all these values for all existing network nodes.

7th stage. Posts-Viewed subgraph joins a common graph.

8th stage. Posts-Liked subgraph is generated based on the modified Barabasi-Albert model. On the first iteration, n_0 users are randomly selected who "put" m_0 random posts. Then, on each new iteration, a new like is added to the random post; the likelihood that a post will receive a like depends on the number of friends and followers of the post author and the number of posts he has already published, as well as on the number of views of this post and the number of previous list of this post, and is determined by the formula:

$$P_i = \frac{q_{1i} + q_{2i} + q_{3i} + q_{4i}}{\sum_j (q_{1j} + q_{2j} + q_{3j} + q_{4j})}, \qquad (5)$$

where q_{1i} – the number of friends of the author of the i-th post, q_{2i} – number of signers of the author at i-th post, q_{3i} – number of views in the i-th post, q_{4i} – the number of likes at the i-th post, and in the denominator, the sum of all these values is calculated for all existing network nodes.

9th stage. Posts-Liked subgraph joins a common graph.

10th stage. The subgraphs Users-Similarity, Posts-Similarity and Posts-Recommend are generated by the algorithms of the selected recommendation system and join the common graph.

In this paper, the Users-Similarity subgraph was generated by the collaborative filtering method. Posts-Similarity subgraph was generated by the method of content filtering using clustering algorithms, and the recommendations were formed on the basis of a hybrid method with a hybridization parallel strategy based on the mixed hybrid (Mixed hybrid) approach.

Research results

The developed social network model with the recommendation system has been tested to test its similarity to real social networks.

An example of a part of the social network obtained through simulation is depicted in fig. 2.

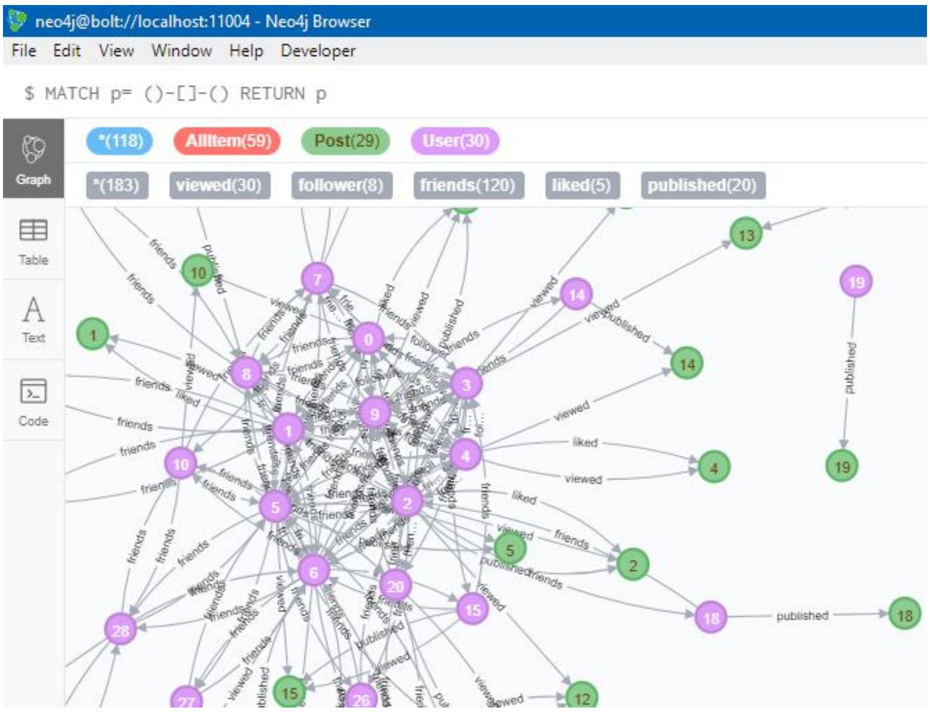


Fig. 2. Example of a part of the social network obtained because of simulation (screenshot from the manager of the database Neo4j Desktop)

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

In order to test the system being developed, the generated social network graph was exported to .csv file from the Neo4j database, and its parameters are investigated in GeForce software.

Gephi is an open source interactive platform for analyzing and rendering graphical data, which allows you to explore all types of networks, complex systems, static and dynamic graph [15].

For the study, users and the «friendship» and «follower» ribs presented the vertices.

The following parameters of the generated social networks were investigated and the following average values were obtained:

- Average degree of nodes 5.7.
- Diameter of network 4.0.
- The density of the graph is 0.22.
- The average coefficient of clustering is 0.61.
- The average length of the path is 1.98.

Thus, when generating social networks, the developed method received graphs of networks that were highly sparse (had a low density), the network average was 4 on average (corresponding to modern virtual social networks, for example, on the Facebook network this figure is 4.74), the clustering factor was quite high; visually different cluster formations (clicks and clans) were observed on the graph; the average length of the path was low. All this corresponds to the parameters of real social networks.

Further research will focus on the analysis of the impact of advisory systems on processes in social networks.

Conclusions

The main well-known models of social networks and ways of generation of stochastic and complex networks are investigated.

The concept of complex networks is considered. The basic properties of graphs of social networks are investigated.

A method for generating a graph of a social network for testing advisory systems is developed.

The program model of the social network with the advisory system is developed, which allows conducting research of various algorithms for forming lists of recommendations and researching the influence of recommendations on processes in the social network. Testing of the developed model of social network with the advisory system was conducted. Test results showed that the values of the parameters of the developed social network model correspond to the values characteristic of real social networks.

References

1. Editors Ricci, F., Rokach, L., Shapira, B., Kantor, P. B. (2010), *Recommender Systems Handbook*, 1st edition, New York, NY, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 842 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3
2. Segaran, T. (2008), Programming Collective Intelligence. Building Smart Web 2.0 Applications, O'Reilly Media, 368 p.
3. Meleshko, Ye. (2018), "Quality assessment methods of work of recommendation systems", *Academic Journal "Control, Navigation and Communication Systems"*, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, No. 5 (51), P. 92–97, DOI: https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.5.092 (in Ukrainian)
4. Gusarova, N. (2016), *Social network analysis. Basic concepts and metrics*, St. Petersburg : ITMO University, 67 p. (in Russian)
5. Batura, T. (2013), "Models and methods of analysis of computer social networking", *Software products and systems*, No. 3, available at : https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-i-metody-analiza-kompyuternyh-sotsialnyh-setey (in Russian)
6. Churakov, A. (2001), "Social Network Analysis", *Sociological studies*, No. 1, P. 109–121. (in Russian)
7. Kochkarov, A., Sennikova, L., Kochkarov, R. (2015), "Some features of using dynamic graphs for constructing mobile subscriber interaction algorithms", *Proceedings of Southern Federal University, Technical Sciences*, No. 1 (162), available at : https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-primeneniya-dinamicheskih-grafov-dlya-konstruirovaniya-algoritmov-vzaimodeystviya-podvizhnyh-abonentov (in Russian)
8. Gubanov, D., Novikov, D., Chhartishvili, A. (2010), *Social networks: models of informational influence, control and confrontation – Second edition*, Moscow, Physics and Mathematics Literature Publisher MCCME, 228 p. (in Russian)
9. Haidai, B., Artiukh, R., Malyeyeva, O. (2018), "Analysis and modelling the preferences of social networks users", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, No. 1 (3), P. 5–12. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.005
10. Evin, I. (2010), "Introduction to the theory of complex networks", *Computer research and modeling*, Vol. 2, No. 2, P. 121–141 (in Russian)
11. Melikov, S., Musatov, D., Savvateev, A. (2013), "Modeling social networks", available at : https://kpfu.ru/docs/F117464271/MMS_socnet_cities.pdf (in Russian)
12. Albert, R., Barabasi, A.-L. (2002), "Statistical mechanics of complex networks", *Rev. Mod. Phys.*, No. 74, P. 47–97, DOI: https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47
13. Bernovskij, M., Kuzjurin, N. (2012), "Random graphs, models and generators of scale-free graphs", *Proceedings of the Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences*, Vol. 22, P. 419–432. (in Russian)
14. Rajgorodskij, A. (2012), "Mathematical models of the Internet", *Kvant*, No. 4, P. 12–16, available at : https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431792 (in Russian)
15. "Wiki for project Gephi on GitHub" (2019), available at : https://github.com/gephi/gephi/wiki.

Received 06.06.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мелешко Єлизавета Владиславівна – кандидат технічних наук, доцент, Центральноукраїнський національний технічний університет, доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення, Кропивницький, Україна; e-mail: elismeleshko@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8791-0063.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Мелешко Елизавета Владиславовна – кандидат технических наук, доцент, Центральноукраинский национальный технический университет, доцент кафедры кибербезопасности и программного обеспечения, Кропивницкий, Украина.

Meleshko Yelyzaveta – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Central Ukrainian National Technical University, Associate Professor of the Department of Cybersecurity and Software, Kropyvnytskyi, Ukraine.

ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ ВІРТУАЛЬНОЇ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ З РЕКОМЕНДАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Предметом вивчення у статті є процес моделювання соціальних мереж. **Метою** є створення програмної моделі соціальної мережі з рекомендаційною системою. **Завдання**: дослідити методи генерації соціальних мереж, реалізувати програмну модель соціальної мережі з рекомендаційною системою. **Методи** дослідження: теорія графів, теорія алгоритмів, теорія статистики, теорія ймовірностей, об’єктно-орієнтоване програмування. Отримані такі **результати:** проведено дослідження існуючих методів моделювання соціальних мереж, зокрема, розглянуті такі моделі соціальних мереж як модель Барабаши-Альберт, модель Ердеша-Ран’ї та модель Болобаша-Ріордана; розглянуто поняття складних мереж; проведено дослідження основних властивостей графів соціальних мереж; розроблено програмну модель соціальної мережі з рекомендаційною системою на основі модифікованої моделі Барабаши-Альберт з застосуванням графової бази даних Neo4j та мови програмування Python; розроблена модель дозволяє моделювати мережу з користувачами та текстовими постами та може містити зв’язки типу "друзі", "підписник", "опублікований", "переглянутий", "лайк", "схожий", "рекомендований", а також дозволяє тестувати алгоритми рекомендаційних систем та досліджувати зміни у соціальній мережі після створення та пропонування рекомендацій; проведено тестування розробленої програмної моделі соціальної мережі з рекомендаційною системою. **Висновки**. Було проведено дослідження різних методів моделювання соціальних мереж. Досліджено поняття складних мереж. Розглянуто основні властивості графів соціальних мереж. Розроблено програмну модель соціальної мережі з рекомендаційною системою, що містить різні типи вузлів та зв’язків, які дозволяють тестувати алгоритми рекомендаційних систем. Проведено тестування розробленої моделі соціальної мережі з рекомендаційною системою для перевірки її подібності до реальних соціальних мереж. Розроблена програмна модель соціальної мережі має значення параметрів графу мережі, що відповідають значенням характерним для справжніх соціальних мереж, що дозволяє використовувати розроблену модель для дослідження процесів, які можуть відбуватися у реальних соціальних мережах.

Ключові слова: соціальна мережа; рекомендаційна система; комп’ютерне моделювання; стохастичний граф.

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ С РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Предметом изучения в статье является процесс моделирования социальных сетей. **Целью** есть создание программной модели социальной сети с рекомендательной системой. **Задача**: исследовать методы генерации социальных сетей, реализовать программную модель социальной сети с рекомендательной системой. **Методы** исследования: теория графов, теория алгоритмов, теория статистики, теория вероятностей, объектно-ориентированное программирование. Получены следующие **результаты**: проведено исследование существующих методов моделирования социальных сетей, в частности, рассмотрены такие модели социальных сетей как модель Барабаши-Альберт, модель Эрдеша-Раньи и модель Боллобаша-Риордана; рассмотрено понятие сложных сетей; проведено исследование основных свойств графов социальных сетей; разработана программная модель социальной сети с рекомендательной системой на основе модифицированной модели Барабаш-Альберт с применением графовой базы данных Neo4j и языка программирования Python; разработанная модель позволяет моделировать сеть с пользователями и текстовыми постами и может содержать связи типа "друзья", "подписчик", "опубликован", "просмотрен", "лайк", "похожий", "рекомендован", а также позволяет тестировать алгоритмы рекомендательных систем и исследовать изменения в социальной сети после создания и предложения рекомендаций; проведено тестирование разработанной программной модели социальной сети с рекомендательной системой. **Выводы**. Было проведено исследование различных методов моделирования социальных сетей. Исследовано понятие сложных сетей. Рассмотрены основные свойства графов социальных сетей. Разработана программная модель социальной сети с рекомендательной системой, содержащая различные типы узлов и связей, которые позволяют тестировать алгоритмы рекомендательных систем. Проведено тестирование разработанной модели социальной сети с рекомендательной системой для проверки ее сходства с реальными социальными сетями. Разработанная программная модель социальной сети имеет значения параметров графа сети, соответствующие значениям характерным для настоящих социальных сетей, что позволяет использовать разработанную модель для исследования процессов, которые могут происходить в реальных социальных сетях.

Ключевые слова: социальная сеть; рекомендательная система; компьютерное моделирование; стохастический граф.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Мелешко Є. В. Програмна модель віртуальної соціальної мережі з рекомендаційною системою. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 80–85. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.080.

Meleshko, Ye. (2019), "Computer model of virtual social network with recommendation system", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 80–85. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.080.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 005.334: 001.895 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.086

V. PITERSKA, O. LOHINOV, L. LOHINOVA

PORTFOLIO METHOD OF SCIENTIFIC ACTIVITY MANAGEMENT OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The **subject** matter of the article is models and methods of portfolio management of research projects of higher education institutions. The **goal** of the work is to create methods of portfolio management of scientific activities of institutions of higher education on the example of the Odessa National Maritime University. The following **tasks** were solved in the article: analysis of the innovation model of state development, the formation of a model for managing the scientific activities of higher education institutions, the development of a method for forming a portfolio of research projects of a higher education institution using the example of Odessa National Maritime University. The following **methods** used are – project and program management methods, systems theory and systems analysis, mathematical modeling methods. The following **results** were obtained – developed mechanisms for scientific projects management of higher educational institutions, developed a method for forming a portfolio of scientific projects of a higher education institution that takes into account the strategic goals of the university and available resources. **Conclusions**: using the portfolio management method of research projects of a higher education institution allowed the university to increase the effectiveness of scientific activities, form an effective portfolio of research projects, based on determining the organization's planned trajectory length when implementing strategic research goals, allowed the university to achieve its strategic goal as part of an innovative program mission. Based on the proposals received for each research project, the specific length of the trajectory was determined as the ratio of the length of the trajectory to be held by the institution of higher education (Odessa National Maritime University) in case of successful implementation of a certain scientific project to the planned trajectory length. On the basis of the proposed system of management of scientific activities of higher education institutions, which has a four-level structure, temporary standards for the implementation of research projects in the portfolio of higher education institutions are distributed. Comparative assessments of research projects of Odessa National Maritime University have been obtained, allowing to include in the portfolio scientific projects "SP3", "SP2", "SP1", which contribute to the achievement of the strategic goal of the university as part of the mission of the innovation program.

Keywords: project management; portfolio management; research project; higher education institution.

Introduction

The following types of innovative models of economic development are determined in Ukraine [1]:

1) resource model without high-tech production (natural resources - production - money);

2) innovative model (transformation of money to the research into knowledge - transformation of knowledge into the skills of workers and innovation – the transformation of innovation into goods - money);

3) intellectual-donor model (abridged version of the innovation model, from which the stage of production is withdrawn).

According to the practical experience of world countries with different levels and efficiency of economic development, the second model of economic reproduction is the most effective [1]. However, in Ukraine today, the first and third models dominate: resource without high-tech production and intellectual-donor [1].

The mentioned models in the strategic perspective have a relatively low level of efficiency, as they lead to the depletion of the country's resources, the leak of factors of production of the national economy abroad and make it impossible to ensure high indicators of the welfare of the population.

A national strategy focused on the formation of an innovative development model should combine:

- direct actions of the national and regional levels, implemented for direct budgetary financing, which will contribute to the improvement of the qualitative characteristics of the domestic scientific and technological potential, the intensification of the mastery of scientific knowledge and new technologies, the comprehensive development of human capital and science in higher education institutions;

- implementation by national economy subjects of innovative activity and innovation investment in a competitive environment, increasing the supply of innovative products, technologies and knowledge;

- growth of demand of the subjects of the national economy and citizens for innovative products, technologies, knowledge, creation of favorable conditions for introduction of innovations into production activity and population of the population.

Analysis of recent research and publications

In order to increase the efficiency of innovation activities, Ukraine should use the experience of modernizing the scientific and technical sphere in the leading countries of Europe and the United States, which achieved the significant results of the implementation of an innovative model of country's development.

The program to approve the plan for reforming the system of financing and management of scientific and technical activities [2] does not take into account the actual situation in Ukrainian science and the role of higher education institutions, that takes the main position among scientific organizations and determine the ways of development of fundamental and applied science, and carry out the basic amount of basic research in Ukraine. In spite of this, the program does not foresee the development of the university sector of science.

Stimulating the development of innovation activities cannot be limited to the single stimulation of only one type of research or development at the expense of budget financing (direct financing or taxation).

Attempts to implement sectoral "technological leaps"

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

in the face of maintaining the general unfavorable business and investment climate in the country, excessive fiscal pressure and the ineffectiveness of the institutional structure of the economy turn into losses from other sectors of the economy [3]. High-tech industries do not find sales in other industries due to the high technological gap and the lack of motivation for use, which significantly reduces the synergistic effect of innovation, so the effectiveness of such "growth points" is offset on a public scale [3].

State stimulation of innovation through, for example, preferential taxation of scientific activity and innovation, which is torn away from the introduction of effective incentives for investment activity, leads to the squandering of public funds and the gap between science and domestic production.

Therefore, the main task of innovation policy should be the balanced provision of interaction of the scientific, business and public spheres, as well as the development and implementation of a mechanism for activating innovation activities of higher education institutions, state and business entities with a view to disseminating innovations in all spheres of the national economy.

The methodological principles of project management of the activities of organizations, in particular, management of scientific activities are presented in the works of famous scientists. Studies conducted in [4–6] by Prof. Bushuyev S.D., refer to the development of methods and models of project management in the creation of high-tech enterprises that take an active part in the innovative development of the state.

Methods and models of proactive management of organizational development projects in conditions of uncertainty were developed by Prof. Bushuyeva N.C. in works [7].

In the work of Prof. Chernov S.K. [8] the methodological principles of the formation of organizational structures of knowledge-intensive enterprises as one of the participants of the innovation program are presented.

In the works of prof. Chumachenko I.V. the process of formation of the holistic value of innovative projects and programs is described [9] and the adaptive team of the project is formed [10].

The models, methods and mechanisms for the creation and operation of a project-managed organization are developed in the works [11–14]. New methodology of innovative development of design-managed organizations is developed in [15-17]. The concept of project, portfolio, and program management as the basis for the effective development of the information society is given in [18]. The results of the study, conducted in [19], became a compositional-modular approach to the formation of models of project portfolio management while performing investment and innovation activities. With regard to the problem of the external environment of the innovation system and the regulation of intellectual property issues, [20] proposed mechanisms for managing the external environment of the project, which allows monitoring of the activities of stakeholders in obtaining an innovative product. Mechanisms for the formation of value in the activities of project-managed organizations are presented in [21]. The methodological bases of application of information technologies in project management are presented in works [22–23]. Conceptual bases of quality management in project management and management of innovative projects and programs are presented in [24–27].

The purpose of this article is to create a method of portfolio management of the scientific activity of higher education institutions on the example of Odessa National Maritime University

Presentation of the main material

The strategy for creating an economic model of innovation development in Ukraine includes a set of measures in the tax, budget, monetary, institutional and foreign economic sectors.

It is important to pay special attention to institutions of higher education, in which the largest number of scientists are engaged in innovation activity.

The analysis of the amount of financing of scientific activities in the academic sector, the sector of higher education, the indusrial sector, and the factory sector shows that in 2018 the largest amount of funds - 2352.98 million UAH. 71.9% of the total financing of scientific activity, 79.1% - 2017) is directed to the academic sector of science [28].

If we consider the quantitative indicators of the results of scientific activity, then the greatest number of innovative products in 2017 was created by higher education institutions [28].

However, if we analyze the dynamics of changes in the cost of conducting research by the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, one can safely assert that ineffective distribution of financial resources between institutions engaged in scientific activity [28].

The largest number of scientists (approximately 150 thousand scientific and pedagogical workers) in Ukraine work in institutions of higher education. Each year they realize more than 20,000 scientific projects [28].

Most of the results of scientific research are not introduced into production but remain in the form of final reports on the shelves of libraries. First and foremost, this is due to the lack of financial resources both in higher education institutions and in the state. As analytical studies show, the publication activity of scientists, which increases every year, does not affect the level of implementation of the results of scientific activity conducted in institutions of higher education.

Scientists spend a lot of time and money on the preparation of monographs, the publication of articles in collections that are included in international science and technology databases, but there are no real results of the use of newest products and technologies developed in production.

Patent activity of scientists also does not have a significant impact on the level of implementation of the

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

results of scientific activity. The realities of the present show that obtaining a patent by a scientist does not guarantee its real use in the production of innovative products through the purchase of a security document by business entities. The main reason for this situation is that most experts consider the lack of an effective, scientifically sound management system for innovation activity.

Having analyzed the directions of state policy in the field of scientific activity, one can confidently state that financing is carried out in a not entirely understandable scheme. That is, the Ukraine does not finance the process of scientific activity but sends money to support the state of the scientific institutes, transferring funds for heating, other utilities, housing maintenance, etc., which negatively affects the scientific process. The funds are not for researchers but spent on financing various types of structures. The low level of wages in the scientific sphere leads to the outflow of qualified specialists from Ukraine.

Over the past decade, Ukrainian science has undergone significant changes. Once one of the leading countries in the world with numerous schools, traditions, material and technical bases, Ukraine has become a state in which all attempts to increase the efficiency of innovation activity are in decline.

However, a simple increase in funding will not bring tangible results. Historically, the system of financing science in Ukraine is constructed so that the state finances utility research institutes and pays meagre wages to employees.

As noted above, the Cambridge Technopark and the Silicon Valley Technopolis are examples of business incubators that have proven themselves to be effective innovation organizations. Foreign countries are dynamically developing innovation activities based on the triple helix model. Unfortunately, in Ukraine, unfortunately, in addition to the slogans that it is necessary to create and implement innovations in all spheres of society, in practice attempts to transition to an innovative way of development end with failure. All known world-wide approaches to innovation management in Ukraine are not implemented.

Modern international tendencies testify the importance of developing a new methodology for sustainable project-oriented management of organizations based on the "Magic Triangle", which is harmonized with social, economic, and environmental aspects as factors of the project environment.

The urgency of the study is due to the current unfavorable innovation climate in the state, which was formed in the context of the lack of effective state regulation of the innovation sphere, the rapid decline of Ukrainian science, its actual separation from entrepreneurship.

In such a situation, there is an urgent need to develop new theoretical and methodological approaches and mechanisms based on the best practices of developed countries that would allow to increase the effectiveness of the interaction of participants in innovation activities, namely institutions of higher education, which occupy the largest share in the field of scientific activity in the state. It is necessary to change the concept of management of the organizational and financial component of innovation activity, namely to move to the application of modern methodologies for managing the scientific activity of higher education institutions in Ukraine, taking into account the leading international experience.

The system of criteria for assessing the effectiveness of scientific activity will be considered as a multi-purpose system based on the union of three subsystems, each of which is aimed at solving a specific task of assessing the quality of the results of scientific projects of higher education institutions. Each subsystem serves as a generalized factor of the University's academic performance in relation to the main areas of activity of higher education institutions: educational and pedagogical subsystem (assessment of the impact of the results of completed scientific projects on education, the degree of implementation of scientific results in the educational process of institutions of higher education, the quality of training of scientific and pedagogical staff); scientific and business subsystem (assessment of scientific results and the degree of their introduction into production, the level of commercialization of the results of scientific projects) and the qualification subsystem (assessment of the level of professional development of academic institutions of higher education in the implementation of scientific projects).

If the main characteristic of fundamental research is their relevance, theoretical novelty, conceptuality, evidence, promising and the possibility of implementation of the results in practice, then when considering applied research their practical relevance and significance, the possibility of implementation in practice, the effectiveness of the results should be the first and foremost.

Economic efficiency is characterized by cost-effective indicators of economy derived from the use of the results of scientific projects of institutions of higher education and their comparison with the costs of implementation of projects.

The scientific and technical efficiency of scientific projects of institutions of higher education characterizes the growth of new scientific knowledge intended for the further development of science and technology.

Social efficiency manifests itself in raising the quality of living standards of people.

The abovenamed types of efficiency of scientific projects of institutions of higher education are interrelated, and also fully correspond to the united mission of innovative programs.

In assessing the effectiveness of scientific projects carried out in higher education institutions, all the complex of works related to scientific activity is taken into account: conducting researches, preparing doctors and candidates of sciences, inventive and patent-licensing work, research work of students, level commercialization of the results of scientific activity.

The scientific potential of institutions of higher education plays an essential role both in the direct execution of scientific projects and in the achievement of the final results. The level of the scientific potential of institutions of higher education largely depends not only

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

on the existing structure of scientific and pedagogical staff, scientific information and material and technical provision but also on the effective management of scientific activity.

The problem of evaluating the effectiveness of scientific activity has two aspects since the institution of higher education can be regarded as a training center. Hence, two types of scientific work efficiency: economic - from the implementation of the results of completed studies; cognitive – from writing monographs and scientific articles, reading new courses of lectures, based on scientific achievements in scientific work, holding conferences, seminars, wide involvement of students in scientific research.

The specificity of carrying out scientific research in higher education institutions is manifested not only in the fact that it requires specially trained personnel, special for one or another branch of science equipment, a special item of expenses, but also how the results will be used and what effect will yield the final results. developed scientific projects.

Determination of the economic efficiency of the executed scientific projects in the conditions of innovative activity of business structures involves the study of the effectiveness of the introduction of innovative products through the acquisition of patents for higher technology patents for new technological processes, improvement of the management system, etc.

Consequently, the economic effectiveness of scientific projects of institutions of higher education, depending on the industry and the problem under consideration, is primarily determined at the stage of the feasibility study of the topic, is determined by the final result of the work performed and compared with the results of the practical implementation. Thus, in a scientific project, along with the choice and justification of the research topic, the implementation of the project as an important stage is the commercialization of scientific results and their introduction into the practice of one or another system.

Eight expert working groups were created to analyze the results of scientific research in the ONMU in seven priority areas for the development of science, technology and technology (table 1) and from fundamental research. Each group consisted of five to six people. For all groups, the same procedure for an expert survey was defined.

Table 1. *Priority directions of scientific activity*

No.	Title of the direction
1	System analysis and decision making theory
2	Actual problems of economy and management
3	Information systems and technologies
4	Management of projects and programs of innovative development
5	Management of the operation and development of production transport and logistics systems
6	Designing a seaport safety management system
7	Theoretical basis of risk assessment during the construction and operation of hydraulic structures

Each expert, based on personal data, received a qualifying category h and four categories were defined: $h \in \{I;II;III;IV\}$. The personal data of each expert is $(g,b,v) \in G \times B \times V$, where G, B, V – set of alternative statements, with: $G = \{g_1; g_2; g_3\}$ defines higher and post-University education of the expert; $B = \{b_1; b_2; b_3\}$ defines the scientific training of the expert; $V = \{v_1; v_2; v_3\}$ determines the experience of the expert in this priority direction.

The meaning of the variables included in the set G, B, V, is defined as follows.

Higher and post-University education: g_1 – coincides with the profile of the priority direction; g_2 – basic education in a related speciality; g_3 – basic education in another speciality.

Scientific training: b_1 – Academician, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Transport Academy of Sciences of Ukraine; b_2 – Professor, Doctor of Sciences; b_3 – Ph.D., Associate Professor.

Work experience by profile: v_1 – not less than ten years; v_2 – not less than five years; v_3 – not less than one year.

Decision rule $h: G \times B \times V \to \{I;II;III;IV\}$, which defines the qualification category of the expert, is given by the function:

$$h = \begin{cases} I, \ if \ \ v_1\bar{g}_3b_1 \vee v_2b_1g_1 \vee v_1b_2g_1, \\ II, \ if \ \ v_3b_1g_1 \vee v_2b_2g_1 \vee v_1b_3g_1 \vee v_2b_1g_2 \vee v_1b_2g_2 \vee v_1b_1g_3, \\ III, \ if \ \ v_3\bar{b}_1g_1 \vee v_2b_3g_1 \vee v_3b_1g_2 \vee v_2b_2g_2 \vee v_2b_1g_3 \vee v_1b_2g_3, \\ IV, \ if \ \ v_3\bar{b}_1\bar{g}_1 \vee \bar{v}_3\bar{b}_1g_3 \vee v_3b_1g_3 \vee v_2b_2g_3. \end{cases} \quad (1)$$

At the same time, the experts, classified in the category IV, do not take part in the expert examination.

The examination procedure is based on the Delphi method, which provides for a number of activities that ensure the productive work of the expert commission and the consistency of expert evaluation. The survey procedure is conducted anonymously in several stages. The expert appoints assessments based on his own experience gained during the work on this topic and on the basis of objective data on the state of scientific activity of institutions of higher education in the priority direction. In addition, the expert in the process of work adjusts his estimates, in agreement with the opinion and arguments of other experts.

The examination is conducted in three stages. At the first stage, experts are informed of the purpose of the examination, distributed questionnaires, provided basic

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

and auxiliary information. The purpose of the examination is to place the quality assessments submitted for consideration of the scientific project and to assess the contribution of the scientific project to the innovation program.

The information received from the expert comes to the disposal of the analytical group that organizes the survey and also handles the interim and final results of the examination. The analytical group, based on the data obtained, determines the highest and lowest ratings, the average opinion of the experts - the median, the spread of expert assessments and fixes arguments and special opinions. The analysts receive from the experts the following assessments: an assessment of the quality of each scientific project and the assessment of the contribution of the scientific project to the innovation program.

At the second and third stage, the experts return the average expert opinion and arguments of the experts who gave the highest and lowest marks. Rationale and estimates are made anonymously. When conducting an examination by the university's research team, which plans to implement a scientific project, provides experts with information indicating the expected results of research in the framework of the implementation of the scientific project.

Also, the research team of the university provides experts with a description of the authors' list for each of the scientific projects, indicating quantitative indicators.

In addition, the scientific level of research results should be documented: publications in domestic and foreign publications, information on patents, grants. Information about the possibility of introducing research results should be documented with the design of a letter supporting the scientific project from the side of business structures.

On the basis of the higher education information provided by the research teams, independent qualified experts from the members of the Scientific and Technical Council submit expert assessments.

The following expert examination mechanism is proposed to assess the quality of the submitted scientific project.

Each scientific project is described $q \in (x;y;z;d;c;a)$, where $X = \{x_1;x_2;x_3\}$ – a set of alternative assessments of the scientific level of the expected results of a scientific project; $Y = \{y_1;y_2;y_3\}$ – a set of alternative estimates of the expected depth of scientific development; $Z = \{z_1;z_2;z_3\}$ – a set of alternative estimates of the probability of success of a scientific project; $D = \{d_1;d_2;d_3\}$ – a set of alternative assessments of the prospect of using the results of a scientific project; $C = \{c_1;c_2;c_3\}$ – a set of alternative assessments of the magnitude of research; $A = \{a_1;a_2;a_3\}$ – a set of alternative assessments of the completion of the expected results of a scientific project.

The substantive entity of the tuple $(x;y;z;d;c;a)$ consists of the following statements.

The novelty of the results of the scientific project: x_1 – fundamentally new results, a new theory, the discovery of a new regularity; x_2 – some general laws, methods, methods, allowing to create fundamentally new products; x_3 – a positive solution based on simple generalizations, analysis of the relationships of factors, the dissemination of known principles to new objects.

The depth of scientific development: y_1 – the implementation of complex theoretical calculations, verification of a large amount of experimental data; y_2 – low complexity of calculations, verification on a small amount of experimental data; y_3 – theoretical calculations are simple, the experiment is not planned to be carried out.

Degree of probability of success of a scientific project: z_1 – high; z_2 – middle; z_3 – low.

Perspectives of using the results of a scientific project: d_1 – results can be applied in many scientific areas; d_2 – the results will be used in the development of new technical solutions; d_3 – the results will be used in further scientific projects.

Scale of realization of results of a scientific project: c_1 – national economy; c_2 – a separate branch; c_3 – separate business structures.

Completion of the results of the scientific project: a_1 – technical task for research and development; a_2 – recommendations, detailed analysis, suggestions; a_3 – review, information.

Decision rule q, reflecting the set $X \times Y \times Z \times D \times C \times A$ indicators describing the expected effectiveness of the scientific project, on the set of integral indicators U, is constructed as follows. Every tuple $(x;y;z;d;c;a)$ unequivocally corresponds to the element u of the set $U = \{1, \dots, 216\}$. Scales $x;y;z;d;c;a$ such as alternatives – objects that have received expert estimates are well-ordered:

$$\begin{aligned}&(x_1;y_1;z_1;d_1;c_1;a_1) \succ (x_1;y_1;z_1;d_1;c_1;a_2) \succ \dots \succ \\ &\succ \dots \succ (x_1;y_2;z_3;d_4;c_5;a_6) \succ (x_1;y_3;z_4;d_5;c_6;a_1) \succ \dots \succ \\ &\succ \dots \succ (x_6;y_6;z_6;d_6;c_6;a_6).\end{aligned} \quad (2)$$

Then the monotonous decisive rule $q \in (x;y;z;d;c;a) \rightarrow u$ sets the element $(x;y;z;d;c;a)$ of the ordered set $X \times Y \times Z \times D \times C \times A$ to each element u of the ordered set U.

Research results

The higher management of the institution of higher education on the example of the Odessa National Maritime University has identified the following strategic objectives in the field of scientific research (table 2).

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Table 2. *Strategic goals of Odessa National Maritime University in carrying out scientific activity*

Expected results	W	KB
Publication of the article in the journals included in the Web of Science; Scopus	5	0,15
Publication of an article in professional editions of Ukraine, in foreign journals, the publication of English language abstracts at international conferences included in the Web of Science; Scopus	6	0,1
Publication of the monograph and (or) sections of the monograph	4	0,1
Publication of a monograph and (or) sections of a monograph in foreign publications in the official languages of the European Union	3	0,15
Implementation of scientific results through the conclusion of economic contracts, sale of licenses, grant agreements outside the organization-executor	2	0,2
The defence of the dissertation of the doctor of philosophy	1	0,1
The defence of the dissertation of the doctor of sciences	1	0,2

The planned length of the trajectory of the organization is:

$$L = \sqrt{\sum_{i=1}^{7} (W_i \cdot K_B^i)} = 1{,}7 . \qquad (3)$$

Six scientific projects have been received by the Scientific and Technical Council of the Odessa National Maritime University.

Scientific project managers pointed out the information given in the table 3 and table 4.

Table 3. *Indicators of the expected results of the implementation of the scientific project*

Expected results	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
Publication of the article in the journals included in the Web of Science; Scopus, w_1	1	3	5	4	2	6
Publication of an article in professional editions of Ukraine, in foreign journals, a publication of English language abstracts at international conferences included in the Web of Science; Scopus w_2	6	3	5	2	4	1
Publication of the monograph and (or) sections of the monograph, p.p, w_3	2	1	4	1	3	1
Publication of a monograph and (or) sections of a monograph in foreign publications in the official languages of the European Union, p.p, w_4	1	2	3	1	1	0
Introduction of scientific results through the conclusion of economic contracts, sale of licenses, grant agreements outside the organization, w_5	0	1	2	0	0	0
The defence of the dissertation of the doctor of philosophy, w_6	1	1	1	0	0	0
The defence of the dissertation of the doctor of sciences, w_7	0	0	1	0	1	0

Table 4. *Proceedings of the authors of scientific projects*

Proceedings of the authors of scientific projects	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
Articles in magazines included in the Web of Science; Scopus, w_8	4	2	7	4	2	3
Articles in Ukrainian professional journals, in foreign journals, English language theses of reports at international conferences, included in the Web of Science; Scopus, w_9	6	5	15	9	12	7
Monograph and (or) sections of the monograph, p.p., w_{10}	2	3	4	1	2	5
Monograph and (or) sections of the monograph in foreign publications in the official languages of the European Union, p.p., w_{11}	3	4	2	1	4	2
The received patents, certificates of copyright, w_{12}	3	4	4	1	2	0
Protected theses of the doctor of philosophy by performers, w_{13}	3	5	4	4	0	1
Protected dissertations by the doctor of sciences performers, w_{14}	1	1	2	1	3	1
Individual grants (scholarships), scholarly internships in Ukraine and abroad funded by the State Budget of Ukraine and/or foreign organizations (total number of months for the head and 5 project implementers), months, w_{15}	2	3	6	2	6	0
Performers worked on grants funded by foreign organizations (number of grants), w_{16}	1	0	2	1	1	0
h-index of the project manager at Sorsus, w_{17}	0	0	2	0	0	1
Total h-index in Scopus of 5 project executors (except project manager), w_{18}	1	0	3	2	0	1

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

For the formation of a portfolio, scientific projects "1" – "6" were sent for examination. The number of experts from among the members of the Scientific and Technical Council of the Odessa National Maritime University made $m = 12$. The qualification category of experts is shown in the table 5.

Table 5. *The qualification category of experts*

Expert	Education, G	Scientific training, B	Work experience, V	Qualification category
E1	Basic education by another speciality	Academician of the Transport Academy of Sciences of Ukraine	25	I
E2	Basic education coincides with the profile of the priority direction	Academician of the Transport Academy of Sciences of Ukraine	8	I
E3	Basic education in a related speciality	Academician of the Transport Academy of Sciences of Ukraine	6	II
E4	Coincides with the profile of the priority direction	Doctor of Technical Sciences, Professor	12	I
E5	Basic education in a related speciality	Doctor of Technical Sciences, Professor	7	III
E6	Basic education by another speciality	Academician of the Transport Academy of Sciences of Ukraine	17	II
E7	Coincides with the profile of the priority direction	Doctor of Technical Sciences, Professor	15	I
E8	Basic education by another speciality	Corresponding Member of the Transport Academy of Sciences of Ukraine	12	II
E9	Basic education coincides with the profile of the priority direction	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor	15	II
E10	Basic education by another speciality	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor	18	III
E11	Coincides with the profile of the priority direction	Doctor of Technical Sciences, Professor	18	I
E12	Basic education coincides with the profile of the priority direction	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor	11	II

Each expert evaluated the submitted scientific projects in accordance with the established criteria.

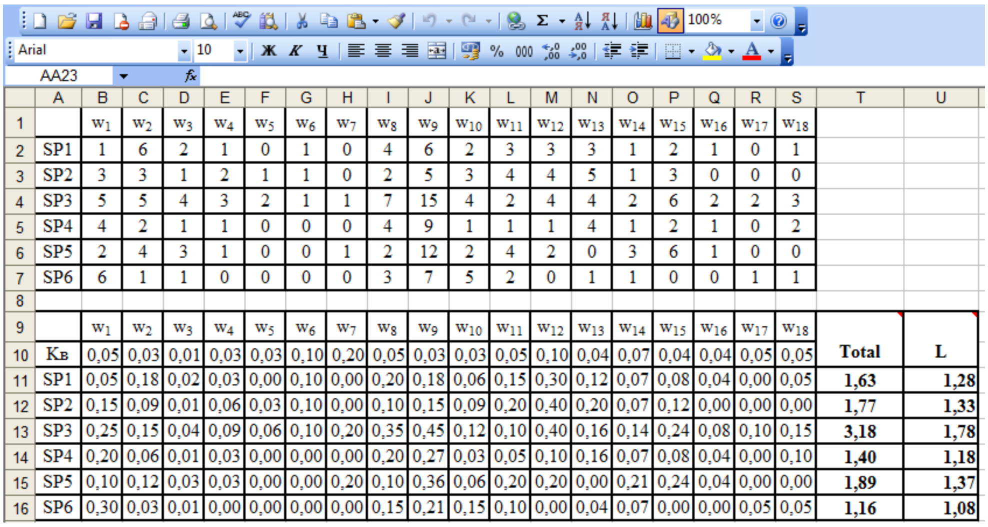
The results of the evaluation of scientific projects are given in table 6.

Table 6. *Evaluation of scientific projects*

	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{16}	w_{17}	w_1	Σ
SP1	1	2	1	2	0	2	0	8	4	1	6	5	6	13	4	4	0	1	60
SP2	3	1	1	4	2	2	0	4	2	1	8	5	6	13	4	0	0	1	57
SP3	5	1	2	4	2	2	3	10	6	3	4	5	6	13	6	6	2	1	81
SP4	3	1	1	2	0	0	0	8	6	1	2	2	6	13	4	4	0	1	54
SP5	1	1	1	2	0	0	3	4	6	1	8	2	0	13	6	4	0	1	53
SP6	5	1	1	0	0	0	0	6	4	3	4	0	6	13	0	0	2	1	46

Taking into account the determination of the weighting coefficient of the i-th indicator of the expected results and developments of the authors of scientific projects, based on the processing of the information presented in fig. 1, the length of the trajectory of the organization L is determined with the successful implementation of scientific projects.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1		w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{16}	w_{17}	w_{18}		
2	SP1	1	6	2	1	0	1	0	4	6	2	3	3	3	1	2	1	0	1		
3	SP2	3	3	1	2	1	1	0	2	5	3	4	4	5	1	3	0	0	0		
4	SP3	5	5	4	3	2	1	1	7	15	4	2	4	4	2	6	2	2	3		
5	SP4	4	2	1	1	0	0	0	4	9	1	1	1	4	1	2	1	0	2		
6	SP5	2	4	3	1	0	0	1	2	12	2	4	2	0	3	6	1	0	0		
7	SP6	6	1	1	0	0	0	0	3	7	5	2	0	1	1	0	0	1	1		
8																					
9		w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	w_7	w_8	w_9	w_{10}	w_{11}	w_{12}	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{16}	w_{17}	w_{18}		
10	Кв	0,05	0,03	0,01	0,03	0,03	0,10	0,20	0,05	0,03	0,03	0,05	0,10	0,04	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	**Total**	**L**
11	SP1	0,05	0,18	0,02	0,03	0,00	0,10	0,00	0,20	0,18	0,06	0,15	0,30	0,12	0,07	0,08	0,04	0,00	0,05	**1,63**	**1,28**
12	SP2	0,15	0,09	0,01	0,06	0,03	0,10	0,00	0,10	0,15	0,09	0,20	0,40	0,20	0,07	0,12	0,00	0,00	0,00	**1,77**	**1,33**
13	SP3	0,25	0,15	0,04	0,09	0,06	0,10	0,20	0,35	0,45	0,12	0,10	0,40	0,16	0,14	0,24	0,08	0,10	0,15	**3,18**	**1,78**
14	SP4	0,20	0,06	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,20	0,27	0,03	0,05	0,10	0,16	0,07	0,08	0,04	0,00	0,10	**1,40**	**1,18**
15	SP5	0,10	0,12	0,03	0,03	0,00	0,00	0,20	0,10	0,36	0,06	0,20	0,20	0,00	0,21	0,24	0,04	0,00	0,00	**1,89**	**1,37**
16	SP6	0,30	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,21	0,15	0,10	0,00	0,04	0,07	0,00	0,00	0,05	0,05	**1,16**	**1,08**

Fig.1. Trajectory length with successful implementation of scientific projects

On the basis of the received information on scientific projects for each of them the specific length of the trajectory is calculated:

$$\bar{L}_1 = \frac{1,28}{1,7} = 0,75;. \ \bar{L}_2 = \frac{1,33}{1,7} = 0,78;. \ \bar{L}_3 = \frac{1,78}{1,7} = 1,05;$$

$$\bar{L}_4 = \frac{1,18}{1,7} = 0,69;. \ \bar{L}_5 = \frac{1,37}{1,7} = 0,8;. \ \bar{L}_6 = \frac{1,0}{1,7} = 0,63.$$

For each scientific project, experts determine the value of the priority factor of the j-th project K_{Pr} and the ratio of achievable goals of the j-th project K_D (table 7).

Table 7. *Priority and achievability ratio of the objectives of the scientific project*

	K_{Pr}	K_D
SP1	0,9	0,7
SP2	0,8	0,9
SP3	0,9	0,9
SP4	0,3	0,4
SP5	0,2	0,4
SP6	0,4	0,3

At the next stage, the final rating of each of the scientific projects is determined:

$$Raiting\ SP1 = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,47;$$

$$Raiting\ SP2 = 0,78 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,56;$$

$$Raiting\ SP3 = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,85;$$

$$Raiting\ SP4 = 0,69 \cdot 0,3 \cdot 0,4 = 0,08;$$

$$Raiting\ SP5 = 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,4 = 0,06;$$

$$Raiting\ SP6 = 0,63 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,08.$$

As the calculations show, the portfolio of scientific projects includes projects SP3, SP2, SP1.

The head of the scientific project submits to the scientific and technical council the scientific load of the executives of the scientific project (table 8). At the same time, the condition for not exceeding the load of scientific and pedagogical workers, who plan to execute the relevant scientific project, approved by the leadership of the ONMU value (no more than 500 hours per academic year), is checked.

Table 8. *Load of executors of scientific projects, hours/academic year*

Scientific supervisor of SP3 project	**150**	**Scientific supervisor of SP2 project**	**200**	**Scientific supervisor of SP1 project**	**250**
Executor of SP3	350	Executor of SP2	480	Executor of SP1	270
Executor of SP3	270	Executor of SP2	350	Executor of SP1	320
Executor of SP3	450	Executor of SP2	240	Executor of SP1	220
Executor of SP3	460	Executor of SP2	420	Executor of SP1	150
Executor of SP3	420				

As the table 8 shows the scientific load of the executors of scientific projects meets the established requirements.

At the same time, the total time load corresponds to the time standard allocated by the management of the

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

ONMU for the implementation of a portfolio of scientific projects (5000 hours per academic year).

Conclusions

In carrying out experimental calculations, objective and reliable information about the submitted scientific projects, scientific publications of the executors of scientific projects, as well as expert assessments, presented by groups of experts who are members of the Scientific and Technical Council of the institution of higher education.

Based on the received proposals, for each scientific project, the specific length of the trajectory was calculated as the ratio of the length of the trajectory to be held by the institution of higher education (Odesa National Maritime University) in the case of successful implementation of the defined scientific project to the planned trajectory length.

The comparative estimations of scientific projects of the Odessa National Marine University have been obtained, which allow to include in the portfolio scientific projects "SP3", "SP2", "SP1" allowing to achieve the strategic goal of the university within the framework of the mission of the innovation program.

The proposed conceptual model of management of scientific activity of institutions of higher education allows to determine the planned length of the trajectory of the organization when implementing strategic goals in the field of scientific research. On the basis of the proposed system for managing the scientific activity of higher education institutions, which has a four-tier structure, the distribution of time standards for the implementation of scientific projects in the portfolio of higher education institutions is carried out.

The proposed models and methods of management of innovative activity of higher education institutions were used in the management of the scientific work of the Odessa National Maritime University. Implementation of the portfolio method of management of scientific activity allow to achieve the strategic goal of the University within the framework of the implementation of the mission of the innovation program.

References

1. Pavlov, A, Chernov, S., Koshkin, K. (2006), Mathematical bases of project management of high-tech industries [Matematicheskiye osnovy upravleniya proyektami naukoyemkikh proizvodstv], Nikolaev, NUK, 200 p.
2. Balashov, V., Zalozhnev, A., Ivaschenko, A., Novikov, D. (2003), Mechanisms of Organizational Project Management [Mekhanizmy upravleniya organizatsionnymi proyektami], Moscow, IPU RAN, 84 p.
3. Kuznetsova, E., Agarkov, S., Gryaznova, M. (2011), Innovation Management and State Innovation Policy [Innovatsionnyy menedzhment i gosudarstvennaya innovatsionnaya politika], Moscow, IAE, 143 p.
4. Bushuyev, S., Verenych, O. (2018), "Organizational maturity and project: Program and portfolio success" (Book Chapter), *Developing Organizational Maturity for Effective Project Management*, P. 2–24.
5. Bushuyev, S., Murzabekova, A., Murzabekova, S., Khusainova, M. (2017), "Develop breakthrough competence of project managers based on entrepreneurship energy", *Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017*, P. 11–16. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8099420
6. Bushuyev, S., Bushuev, D., Bushuyeva, N., Kozyr, B. (2018), "Information technologies for project management competences development on the basis of global trends", *Information technology and learning tools*, Vol. 68, No. 6, P. 218–234. DOI: https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2684
7. Bushuyeva, N. (2007), Models and methods of proactive management of organizational development programs [Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programmami organizatsionnogo razvitiya], Kiev, Naukovii svit, 270 p.
8. Chernov, S. (2005), "Synergistic effect of project management in high-tech production", *Project Management and Production Development*, East-Ukrainian National University, Vol. 3, P. 57–62.
9. Chumachenko, I., Docenko, N. (2011), "Formation of the holistic value of innovative projects and programs" ["Formirovaniye kholisticheskoy tsennosti innovatsionnykh proyektov i programm"], *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 1 (5), P. 14–16.
10. Chumachenko, I., Docenko, N., Kosenko, N., Sabadosh, L. (2011) "Formation of an adaptive project team" ["Formirovaniye adaptivnoy komandy proyekta"], *Project management and production development*, Vol. 38, P. 67–71.
11. Fonstein, N. (2009), "Technology Transfer and Effective Implementation of Innovations", *ANH*, P. 175–196.
12. Licholet, S. (2009), "Technology Transfer in the Innovation System", *Economic Science*, Vol. 6, P. 37–38.
13. Grunvald, M. (2002), "Technological transfer", *APS*, Sofiya, P. 54–68.
14. Tsvetkov, A. (2001), "Stimulation in project management", *SIC*, "APOSTROF, P. 75–92.
15. Piterska, V., Rudenko, S., Shakhov, A. (2018), "Development of the Method of Forming of the Architecture of the Innovation Program in the System "University-State-Business", *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*, Vol. 7 (4.3), P. 232–239. DOI: https://doi.org/ 10.14419/ijet.v7i4.3.19793
16. Piterska, V., Shakhov, A. (2018), "Development of the Methodological Proposals for the Use of Innovative Risk-Based Mechanism in Transport System", *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*, Vol. 7 (4.3), P. 257–261. DOI: https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.20129
17. Piterska, V., Kolesnikov, O., Lukianov, D., Kolesnikova, K., Gogunskii, V., Olekh, T., Shakhov, A., Rudenko, S. (2018), "Development of the Markovian model for the life cycle of a project's benefits", *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 5/4 (95), P. 30–39. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145252
18. Tanaka, K. (2014), "The integration of engineering and program management with the marine economy", *Shipbuilding And Marine Infrastructure*, Vol. 1 (1), P. 5–9. DOI: https://dx.doi.org/10.15589/smi20140108
19. O'Connell, D. (2011), "Harvesting External Innovation. Managing External Relationships and Intellectual Property", *DATA-public*, P. 21–26.
20. Eveleens, C. (2010), "Innovation management; a literature review of innovation process models and their implications", *Working Paper HAN University of Applied Sciences*, Vol. 23, P. 112–121.
21. Itskovich, G. (2010), "Triple helix. Universities–Enterprises–State", *Innovation in action*, No. 3, P. 238–245.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

22. Kosenko, V., Gopejenko, V. and Persiyanova, E. (2019), "Models and applied information technology for supply logistics in the context of demand swings", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 59–68. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.059
23. Kosenko, V., Persiyanova, E., Belotskyy, O. and Malyeyeva, O. (2017) "Methods of managing traffic distribution in information and communication networks of critical infrastructure systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (2), P. 48–55. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.2.048
24. Armstrong, L. (2002), *New Game in Town: Competitive Higher Education*, Digital Academe: the New Media and Institutions of Higher Education and Learning, Dutton W.H. & Loader B.D. eds., New York, Routledge, 275 p.
25. Dulfer, E. (2002), "Projekte und Projektmanagement im internationalen Kontext", *Eine Einfuhrung, in: Projektmanagement international*, Stuttgart, P. 2–30.
26. Ebbesen, J. (2013), "Re-imagining the Iron Triangle: Embedding Sustainability into Project Constraints", *PM World Journal*, Vol. II, Issue III, P. 32–41.
27. Piterskaya, V. (2016), "Application of a project-oriented approach in the management of innovation activities" ["Zastosuvannya proektno-oriyentovanoho pidkhodu v upravlinni innovatsiynoyu diyal′nistyu"], *Bulletin of the National Technical University "KhPI"*, Vol. 1 (1173), P. 35–42. DOI: https://doi.org/10.20998/2413-3000.2016.1173.7
28. Official site of the State Statistics Service of Ukraine, available at : http://www.ukrstat.gov.ua (last accessed 26/02/2019).

Received 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Пітерська Варвара Михайлівна – доктор технічних наук, доцент, Одеський національний морський університет, доцент кафедри експлуатації портів і технології вантажних робіт, Одеса, Україна; e-mail: varuwa@ukr.net; ORCID: http://orcid.org/0000-0001-5849-9033.

Питерская Варвара Михайловна – доктор технических наук, доцент, Одесский национальный морской университет, доцент кафедры эксплуатации портов и технологии грузовых работ, Одесса, Украина.

Piterska Varvara – Doctor of Sciences (Engineering), Associate Professor, Odessa National Maritime University, Associate Professor of the Department of Port Operations and Cargo Works Technology, Odessa, Ukraine.

Логінов Олег Володимирович – кандидат технічних наук, Одеський національний морський університет, доцент кафедри морського права, Одеса, Україна; e-mail: ologinov@ukr.net; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4540-731X.

Логинов Олег Владимирович – кандидат технических наук, Одесский национальный морской университет, доцент кафедры морского права, Одесса, Украина.

Lohinov Oleh – PhD (Engineering Sciences), Odessa National Maritime University, Associate Professor of the Department of Maritime Law, Odessa, Ukraine.

Логінова Лілія Володимирівна – Одеський національний морський університет, старший викладач кафедри філології, Одеса, Україна; e-mail: llv2003@ukr.net; ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2263-9457.

Логинова Лилия Владимировна – Одесский национальный морской университет, старший преподаватель кафедры филологии, Одесса, Украина.

Lohinova Liliia – Odessa National Maritime University, Senior Lecturer of the Department of Philology, Odessa, Ukraine.

ПОРТФЕЛЬНИЙ МЕТОД УПРАВЛІННЯ НАУКОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Предметом дослідження в статті є моделі і методи управління портфелями наукових проектів закладів вищої освіти. **Мета** роботи – створення методів портфельного управління науковою діяльністю закладів вищої освіти на прикладі Одеського національного морського університету. В статті вирішуються наступні **завдання**: аналіз інноваційної моделі розвитку держави, формування моделі управління науковою діяльністю закладів вищої освіти, розробка методу формування портфелю наукових проектів закладу вищої освіти на прикладі Одеського національного морського університету. Використовуються такі **методи**: методи управління проектами і програмами, теорія систем і системного аналізу, методи математичного моделювання. Отримано наступні **результати**: розроблено механізми управління науковими проектами закладів вищої освіти, розроблено метод формування портфелю наукових проектів закладу вищої освіти, який враховує стратегічні цілі університету та ресурси, що він має в наявності. **Висновки**: Застосування портфельного методу управління науковими проектами закладу вищої освіти дозволило підвищити ефективність наукової діяльності університету, дало змогу сформувати ефективний портфель наукових проектів, на основі визначення запланованої довжини траєкторії організації при реалізації стратегічних цілей в області наукових досліджень, дозволило досягти стратегічної мети університету в рамках реалізації місії інноваційної програми. На підставі отриманих пропозицій для кожного наукового проекту був обчислена питома довжина траєкторії, як відношення довжини траєкторії, що пройде заклад вищої освіти (Одеський національний морський університет) у випадку успішної реалізації визначеного наукового проекту до запланованої довжини траєкторії. На основі запропонованої системи управління науковою діяльністю закладів вищої освіти, яка має чотирьохрівневу структуру, здійснюється розподіл часових нормативів на реалізацію наукових проектів в портфелі проектів закладів вищої освіти. Отримано порівняльні оцінки наукових проектів Одеського національного морського університету, що дозволяють включити в портфель наукові проекти "НП3", "НП2", "НП1", які дають змогу досягти стратегічної мети університету в рамках реалізації місії інноваційної програми.

Ключові слова: управління проектами; портфельне управління; науковий проект; заклад вищої освіти.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

ПОРТФЕЛЬНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЗАВЕДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Предметом исследования в статье являются модели и методы управления портфелями научных проектов высших учебных заведений. Цель **работы** – создание методов портфельного управления научной деятельностью учреждений высшего образования на примере Одесского национального морского университета. В статье решаются следующие **задачи**: анализ инновационной модели развития государства, формирование модели управления научной деятельностью учреждений высшего образования, разработка метода формирования портфеля научных проектов учреждения высшего образования на примере Одесского национального морского университета. Используются следующие **методы**: методы управления проектами и программами, теория систем и системного анализа, методы математического моделирования. Получены следующие **результаты**: разработаны механизмы управления научными проектами высших учебных заведений, разработан метод формирования портфеля научных проектов учреждения высшего образования, который учитывает стратегические цели университета и ресурсы, которые он имеет в наличии. **Выводы**: Применение портфельного метода управления научными проектами учреждения высшего образования позволило повысить эффективность научной деятельности университета, сформировать эффективный портфель научных проектов, на основе определения запланированной длины траектории организации при реализации стратегических целей в области научных исследований, позволило достичь стратегической цели университета в рамках реализации миссии инновационной программы. На основании полученных предложений для каждого научного проекта была определена удельная длина траектории, как отношение длины траектории, которую пройдет учреждение высшего образования (Одесский национальный морской университет) в случае успешной реализации определенного научного проекта к запланированной длине траектории. На основе предложенной системы управления научной деятельностью учреждений высшего образования, которая имеет четырехуровневую структуру, осуществляется распределение временных нормативов на реализацию научных проектов в портфеле проектов высших учебных заведений. Получены сравнительные оценки научных проектов Одесского национального морского университета, позволяющие включить в портфель научные проекты "НП3", "НП2", "НП1", которые способствуют достижению стратегической цели университета в рамках реализации миссии инновационной программы.

Ключевые слова: управление проектами; портфельное управления; научный проект; учреждение высшего образования.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Пітерська В. М., Логінов О. В., Логінова Л. В. Портфельний метод управління науковою діяльністю закладів вищої освіти. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 86–96. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.086.

Piterska, V., Lohinov, O., Lohinova, L. (2019), "Portfolio method of scientific activity management of higher education institutions", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 86–96. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.086.

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

UDC 339.138 : 334.012.64 (477) DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.097

O. TELETOV, V. GRIGORENKO

THE STATE AND PROSPECTS OF MARKETING STRATEGIES FOR SMALL AND MEDIUM BUSINESS ENTERPRISES IN UKRAINE

The **subject** of research is the transform processes taking place at Ukrainian small and medium enterprises and development of theirs marketing strategies. The **purpose** of the work is to study the role of marketing strategies for small and medium enterprises in Ukraine. The article solves the following **tasks**: analysis of small and medium enterprises functioning in Ukraine; determining the functioning differences between their marketing management and the marketing management of large industrial enterprises; a description of the marketing strategies developed by the small and medium enterprises. **Methods** of mathematical statistics, theoretical generalization, marketing researches have been used. The following **results** were obtained: The general situation at the small businesses in Ukraine was analyzed. The state of small and medium business enterprises in the conditions of creation of united communities and their possible entry into territorial clusters as a tool for increasing the competitiveness of some economic entities of the region was considered. The organization differences between marketing management at large industrial enterprises and small businesses were given. Since international partners have repeatedly pointed out the lack of modern economic education at the small and medium enterprises management, the directions for its possible receipt were presented. It was shown that since the concept of marketing in a market economy is the basis of successful entrepreneurial activity, it became required to develop a theoretical and methodological base at the state level in order to take into account the features of small and medium businesses and coordinating the related actions. The ways of developing small and medium enterprises marketing strategies are given. **Conclusions**. The necessity to increase the innovative potential of small and medium enterprises in Ukraine in the conditions of administrative reform; development of entrepreneurial skills in the persons engaged in this process and development of marketing strategies of the corresponding enterprises has been confirmed.

Keywords: small and medium enterprises; marketing strategies; territorial cluster; marketer; economical regional policy; local economic development.

Introduction

The current economic development trends in the G-7 countries show that the rapid development of small and medium businesses is the main driver of economic growth, employment and the welfare of the country as a whole. The development of relevant small and medium enterprises is the driving force behind the launch of a complex of active and passive processes, thus ensuring the country's social progress, which in turn leads to changes in the economic situation of the country, the emergence, exploitation, distribution and export of innovative technologies that improve the material condition of each Ukrainian and ultimately lead to strengthening the country's economic position on the international scene.

Analysis of problems and existing methods

L. Voronin [1], N. Kubai [2], S. Likholat [3], V. Ozarinskaya [4], N. Pryamukhina [5], I. Paderin [6], T. Tkachenko [7], O. Yakusheva [8] and other domestic scholars studied the problems of analysis the place, role and development of small and medium enterprises in Ukraine. Thus, according to I. Paderin, the source of small business development is the result of its activity (profit), and timely evaluation of the results of activity at the enterprises of the region avoids financial problems, adapts to economic changes and efficiently distributes profits or prevents damage. The main indicator of the economic efficiency of an enterprise is the profitability that generates profit. Profit has a special significance in a market economy, characterizes the results of the functioning of small business and serves as an intensifier of its activities [6]. S. Likholat notes that not only economic indicators affect the level of indicators of development of small and medium enterprises, but also the level of competitiveness of the state, innovativeness of management decisions, availability of support programs and development of small enterprises [3].

In the Strategy for the Development of Small and Medium Enterprises in Ukraine up to 2020 [9], the Ministry of Economic Development declares that 99.98% of the total number of enterprises in our state are micro, small and medium enterprises. It also states that small and medium enterprises account for 79.1% of the Ukraine's total employed population and 63.0% of total incomes. The criteria for determining the affiliation of enterprises to the micro, small, medium and large businesses are set out in Article 55 (3) of the Commercial Code of Ukraine [10], amendments to which were introduced with the adoption in 2012 of the Law of Ukraine "On Development and State Support of the Small and Medium Enterprises in Ukraine" [11]. In addition, on October 5, 2017, amendments to the Article 2 of the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine" [12] were introduced to some extent, as indicated in [10] and [11] criteria.

It should be noted that the criteria for determining the enterprises to belong to micro, small, medium and large businesses, although oriented to and in line with EU legislation, do not take into account the realities of the transformational economy of Ukraine. This leads to a paradoxical situation, when small and medium enterprises, which meet the established criteria of the legislation, make 2.41% and 0.79% of the total number of enterprises in Ukraine, respectively. Although Article 1 [11] and "Strategies for the development of small and medium enterprises in Ukraine until 2020" [9] include microenterprises for small businesses, but the percentage of enterprises that do not meet the requirements set out in [10], [11], [12], the criteria for belonging to a small

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

enterprise, amount to 96.78% of the total number of all enterprises in Ukraine and are considered to be micro enterprises.

The purpose of this article is to study the state of small and medium business in Ukraine, the prospects for its development in the context of the country's administrative reform and the role of marketing strategies for small and medium enterprises.

Solving the problem

In Ukraine, according to documents [10-12], an enterprise moves from the micro category to the category of small business if such events occur:

1. The annual income from any activity is in the range of 2 to 10 million Euros (determined by the average annual rate of the NBU [10, 11]). In 2018, the range of annual incomes of small enterprises ranged from 65 to 325 million UAH.

2. The average number of employees in the calendar year is in the range of 11 to 50 people [10-12].

3. The net income from sales of goods (goods, works, services) ranges from 700,000 to 8 million Euros [12], which, as of March 2018, corresponds to a range of net annual income of small enterprises from 22.75 to 260 million UAH.

4. The book value of assets is in the range of 350 thousand to 4 million Euros [12]. As of March 2018, the range of book value of assets for small enterprises ranges from 11.38 to 130 million UAH.

For example, the market value of the administrative-warehouse base in the city of Kiev is 5 thousand square meters along with the land and costs about 40 million UAH. Approximately 70 million UAH is the market value of a mill elevator in the city of Shostka, Sumy region, along with all equipment and fleet. Based on the proposed criteria, the enterprise can afford approximately three administrative warehouses directly in the city of Kiev or almost two mill elevators in the city of Shostka, while remaining the subject of a small business.

From January 1, 1999, the Presidential Decree [13] introduced a simplified taxation system in Ukraine as an instrument for stimulating the development of small and medium enterprises. In accordance with the provisions of the current Tax Code of Ukraine [14], which currently regulates all issues related to the use of the simplified taxation system by business entities, all enterprises entitled to use the simplified system are divided into four groups. According to Clause 4 of Article 291 [4], the first group includes persons - entrepreneurs who do not use the labor of hired persons. They carry out exclusively retail sales of goods from trading places in the markets and / or conduct economic activities for the provision of household services to the population and their volume of income during the calendar year does not exceed 300 thousand UAH. The second group includes the entrepreneurs who carry out economic activities for the provision of services, including households, to single tax payers and / or the population, the production and / or sale of goods, activities in the restaurant industry. It is agreed that within a calendar year the totality of this group: do not use the labor of hired persons or the number of persons who are in labor relations with them, does not exceed 10 persons simultaneously; the annual income does not exceed 1.5 million UAH. The third group consists of individuals – entrepreneurs who do not use the work of hired persons or the number of persons who are with them in labor relations, is not limited, and legal entities are economic entities of any organizational and legal form in which during the calendar year the amount of income does not exceed 5 million UAH. The fourth group includes a certain list of agricultural producers.

For entrepreneurs of the first and second groups, the single tax rate is determined as a percentage of the minimum wage, approved as of January 1 of each current year and in accordance with pp. 2.3 Article 293 [14]. The rate has the following limits, respectively: the first group of single tax - up to 10% of the subsistence minimum per able-bodied person, which as of January 1, 2020 will amount to 192,10 hryvna; the second group - up to 20% of the minimum wage, which as of January 1, 2020 will amount to 834.60 hryvna. For the third group of single tax payers, the rate is set in percentages of income: 3% - for VAT payers; and 5% - for non-payers of VAT. The rates of the fourth group (producers-agrarians) are established depending on types of land plots.

Perhaps the criteria for dividing a business into micro, small and medium indicated in [10–12] are consistent with the realities of a developed market economy, prices for commercial real estate, a stable Euro exchange rate and business conditions in the EU, but in fact they are not relevant to the real conditions of the transformational economy of Ukraine. Moreover, the above criteria for determining the affiliation of enterprises to micro, small and medium enterprises do not meet the criteria of division into groups for use by enterprises of the simplified taxation system, which is more in line with the real state of entrepreneurship in Ukraine [13, 14]. Based on the above, the real small and medium enterprises in Ukraine are business entities that meet the criteria of the second and third groups of the simplified taxation system. Although according to [10–12], all these enterprises come under the definition of micro enterprises.

For all years of independence, the Ukrainian economy has traditionally been characterized by a relatively unfavorable climate for small and medium-sized businesses, which created some obstacles to its development. According to research results, including international ratings such as Doing Business [15], Global Competitiveness Index [16] and the Economic Policy Index for Eastern Partnership countries [17], the business climate in Ukraine lags behind the similar climate of its closest neighbors and similar economies. Fig. 1 shows the position taken by Ukraine relatively to the economies of the neighboring states of the region in accordance with the Doing Business rating. Here, the mathematical processing of statistical information has determined the average estimates for which Poland (24th) ranked the leading position among some Eastern European and Central Asian neighbors. However, unfortunately, this rating outperforms Ukraine and all other countries from the

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8)
ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

given set. The assessment is based on the criterion of the number of points to the first position in the ranking, that is, to the ranking leader country.

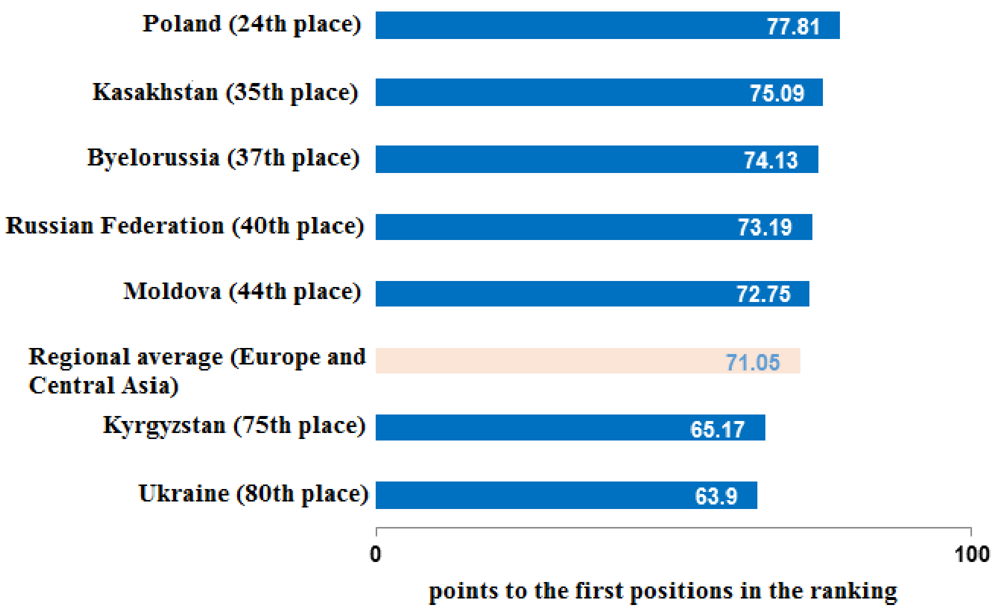


Fig. 1. "Doing Business" rating of the economic status of the North-Eastern Euro-Asian part of the world

When analyzing the adverse factors that hinder the development of a business climate in Ukraine, the most difficult issues in the development of entrepreneurial activity are the loss of citizens' solvency (150th place in the world) and the complexity of access to financial instruments for small and medium enterprises. As a whole, it is obvious that the business climate needs to be reformed in all directions so that business, and especially small and medium enterprises, develops, as the development of small and medium enterprises is the driving force behind the country's economic growth. In addition, the main direction of such reform is the creation of united territorial communities (UTC) [18]. Because in the community we have a wide field of implementation of primary technical innovations (creation, modernization or modification of a product) [19], decentralization should focus on reducing the tax burden and reducing the pressure on small and medium businesses. It is desirable to prevent the so-called internal competition between objects of economic activity within the community. In addition, it is necessary to determine the economic and social activities of each object in the community. Joint strategies of advanced innovative development of enterprises in the territories of united communities should create the necessary number of workplaces; improve conditions for better the small and medium businesses, given the opportunity to work normally for teachers, doctors and other, the so-called "state employees", and to improve the living conditions of unprotected layers of the population [20]. Based on the study of such a positive experience in some regions and its expansion to the whole country, sustainable socio-economic development of Ukraine as a whole can be ensured, which will help to minimize the losses of industrial and transport potential of Ukraine. That is if the technical innovations are irretrievably introduced in the enterprises of small and medium businesses, then the secondary innovations (*organizational, economic, social, legal*) that are inherent to the enterprises-producers and remained since the scheduled economy (table 1), may not be very much effective.

Table 1. *Classification of enterprises operating from the time of planned economy*

Type of manufacturer	Characteristic	
	Production volumes – Q, mln. USD.	Number of employees — N, people.
Large	Q > $ 100	N > 10 000
Middle	$ 1 < Q < $ 100*	10 000 > N > 1000
Small	Q < $ 1	N < 1000

* Because the ranges are fuzzy, the > = and < = signs are not used

Unlike large enterprises that have access to resources that somehow compensate a disadvantaged business environment, small and medium enterprises are interested in improving the regulatory framework and investment climate, since in the long run these factors play a significant role in their establishment, growth and stabilization. Small and medium businesses exist under the limited resources, lack of skilled staff and lack of effective state support.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Since the beginning of the 90th of the last century, the marketing services of industrial enterprises have been transformed into one of three types of structures: *commodity* – mainly for production and technical production and single production; *market* – for raw materials, as well as a large number of complex consumer goods, and *regional* ones - for those commodities of wide use, the purpose and functioning of which is understandable to any buyer, and the marketer must navigate well in places of consumption of a product [21]. At the enterprises indicated in table 1 there are units of marketing research, planning and forecasting of marketing, printed and decorated advertising, etc. In the marketing process marketers from commodity, market and regional structures work with the indicated departments, receiving from them one or another policy, normative, research or communicative information.

Together with the improvement of marketing structures at industrial enterprises, the professional staffs of marketers, managers, advertisers, logists, specialists in public relations, and others have already shaped marketing orientations. Initially, these were the practices experienced in the adjustment, tuning, configuration of finished products and services, in the planning and supply departments and packaging of products, groups of technical information, artists-designers, etc. With the gradual acquisition of their experience, they headed also the relevant profile marketing services, and since the late 90-ies of the last century, the leading universities of the country began to train professional marketers. Today the powerful scientific marketing schools have been established and successfully functioning not only in Kyiv, Kharkiv, Dnipro, Odessa, Lviv but also in Sumy, Poltava, Khmelnytsky, Rivne and some other Ukrainian cities.

Somewhat different is the acquisition of marketing experience in small and medium businesses. There is a marketer by position, mostly one, or the owner or manager of this enterprise performs even its functions. It is often a practitioner with a vocational education that is not theoretically backed up by economics education in marketing, business administration, finance and logistics, etc. In addition, it should be borne in mind that among small and medium-sized business entrepreneurs there are those who want to engage in business only in a certain profile, and others whose particular direction (object, subject, sphere) of business is not particularly interesting. The latter are easily transferred from the development of some types of manufactured products, from the trade or provision of services in one sphere to others, which seem to him the most promising for a certain period of time. Moreover, one and the other it is desirable to reinforce theoretically his practical experience with marketing and business administration expertise in order to understand the patterns of market activity better, to have the appropriate terminology for business communication at any level, to be the authority for executives' subordinates. Recently, more and more professional marketers are emerging in the small and medium business, which gradually take over marketing functions on their own. As a rule, these are young and ambitious people with university education. They do not cease to study and gradually master the related specialties of a sociologist, psychologist, advertiser, specialist in public relations, etc., which improve the ability to manage personnel, learn to communicate (to deal) with the managers of different levels, and with the public and to help in understanding and evaluating a particular business environment.

The contribution to creating a supportive business environment and the more effective formulation of marketing policies in the business sector should be considerably greater for small and medium-sized enterprises. One of the promising directions for the development of small and medium-sized businesses is the creation of so-called territorial clusters, which, in conditions of administrative reform, should ensure the sustainable development of territories [18, 22]. *Sustainable development of the territory* (SDT, region, area, and country) is the constant maintenance of its economic competitiveness and improvement of the quality of life of people living within it. The tool for such development is the development of a set of enterprises of small and medium businesses of the type of employment typical for a given locality. Thus, the *territorial cluster* is an association of subjects of management of the territory with the purpose of joint sustainable economic development and ensuring high quality of life of the population. In the partial case, it is the SDT, the main subject of management (management) of which, as the owner and sources of power, is the business and management of the community employed by it for the implementation of the strategy of sustainable development. This management should observe the balance of interests of all business entities. For example, if the general purpose of a particularly small or medium enterprise in a particular SDT is to generate profits, this should not only not interfere with others, but rather invest in other multifunctional entities, micro-territorial clusters, and so . It is clear that each territorial cluster must have a center that will provide industrial or agricultural potential and social infrastructure. It can be either a separate district or regional center, or the most socially and/or economically developed regional one. Consequently, there is a need for the most trained and self-sufficient territorial entities for the implementation of the strategy of sustainable development.

Using correlation-regression analysis, one can determine the quantitative estimation of the density of the connection between the features of the objects at the investigated enterprises and organize the latter into relatively homogeneous groups. That is, each of the economic clusters given in the table 2 should be defined as a set of economic objects, combining material, financial and information flows. Based on interaction and solving their own interests in the framework of cooperation and specialization of productions, the benefits of each cluster participants are the ability to distribute their limited resources to some extent in the best way. The main historical and geographical factors of cluster associations of regions of Ukraine can be traced also in the table 2.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Table 2. *Priorities of cluster associations in the regions of Ukraine*

The direction of the territorial cluster activity	Priority areas	Most promising areas for development
Engineering	Donbas, Dnipropetrovsk Region, Podolia, Slobozhanshchina	Vinnytsa Region, Dnipropetrovsk Region, Donetsk Region, Zaporozhye Region, City of Kyiv, Kyiv Region, Kirovograd Region, Lugansk Region, Poltava Region, Sumy Region, Kharkiv Region, Khmelnytsk Region, Cherkassy Region
Woodworkings	The Carpathian Region (Galician, Transcarpathian, Bukovina), Polesie (Volyn inclusive), Slobozhanshchina	Volyn Region, Zhytomyr Region, Transcarpathian Region, Ivano-Frankivsk Region, Kiev Region, Lviv Region, Poltava Region, Sumy Region, Chernihiv Region
Folk craft	Carpathian Region, Slobozhanshchina	Transcarpathian Region, Ivano-Frankivsk Region, Lviv Region, Poltava Region, Chernivtsy Region
Health and tourism	Carpathian Region, Black Sea Coast	Transcarpathian Region, Ivano-Frankivsk Region, Lviv Region, Mykolaiyv Region, Odessa Region, Poltava Region, Chernivtsy Region
Fisheries	Dnipropetrovsk Region, The Black Sea Region,	Zaporozhye Region, Mykolaiyv Region, Odessa Region, Kherson Region
Construction, light industry, agro-industrial, food, etc.	All territories	Almost all regions

The generalizations listed in table 2 show only the potential possibilities and do not deny the creation of clusters of a certain type in non-specific regions. Since today there is no typical method of creating cluster structures in Ukraine and they are created either in accordance with the unions of the times of the planned economy or in the manner of the foreigners without proper economic, mathematical and organizational justification or even spontaneously, that is, without it, we will use the considerations discussed in [22] approach. At *the first stage*, the main activities of the cluster, agreed with the central executive authorities, for example, for the *industrial* cluster, are formed: a) the territory of the development of knowledge-intensive industries is determined; b) the mission is formed – *the purpose and tasks* of the cluster's development; in this case, possible threats and methods are chosen to increase the competitiveness of the cluster.

At the *second stage*, with the consent of local governments, the purpose is to decompose the *main development goals* of a *given type of industry* in the given territory, approve the necessary documents for planning and support of the corresponding cluster model.

The third stage is the application of a *marketing concept* that should determine the level of priority of the region for such changes, its compliance with its national development strategy, the harmonization of the vision of the created cluster among all the participants in the synthesis of industrial clusters.

The fourth stage is the practical support of the cluster concept of the region's development, for example, preferential taxation, infrastructure support, research development, etc. Here, the regional economic policy should focus on the development, further expansion of the cluster and its possible access to the world market: the communication policy of the information services of the region that provide participation in exhibitions, fair conferences, will promote the release of a joint corporate magazine on the basis of holding both relevant state and consulting firms marketing research in the industry (the state's role in the cluster should dominate, since it can, on the one hand, support the economic interests of each participant in the cluster on the other hand, to act as a coordinating factor for commitments and competitive interactions). Such an approach from the state reproduces the conditions of the former regional specialization of Ukraine in accordance with the natural resource, scientific-technical and economic potential of a specific territory and should contain the main directions, mechanisms and stages of implementation of innovation policy at the state level.

Among the factors that create problems for the development of a favorable business environment in Ukraine, one can distinguish the following: our country, despite the educated labor force, has the lowest labor productivity in Europe and Central Asia; low position in terms of quality of institutions – insufficient level of protection of property rights and rights of shareholders; insufficient independence of the judiciary and inefficient spending of public funds.

The concentration of economic activity in the sphere of influence of the limited circles of businessmen and large industrial conglomerates requires an active approach by the state to the competition policy and prevents the creation of monopolies and initiatives for the development of small and medium-sized enterprises in order to achieve a balance and maintain conditions for fair competition in the market. The World Bank's research for 2014 confirms the low barriers to entry and exit of enterprises into the Ukrainian economy, low levels of foreign direct investment and a limited amount of investment in export-oriented enterprises [15]. Ukraine still has a significant share of the so-called informal sector of the economy, which, according to the estimates of the European Investment Bank, employs about 20% of the employed population.

The budget constraints that arose because of the economic recession of 2014–2015 led to the fact that state support for small and medium-sized businesses was extremely limited. Among a number of conclusions regarding the sphere of small and medium-sized enterprises in Ukraine, given in the Economic Policy

Index for Eastern Partnership countries [17], recommendations for the Government of Ukraine on introduction of measures to support the development of entrepreneurial skills in persons engaged in small and medium business, increase its innovative potential and internationalization. That is, our international partners directly point to the lack of modern economic education in the management of small and medium-sized businesses. In addition, since the concept of marketing is the basis for the successful conduct of business in a market economy, there is an urgent need for the State level to develop the theoretical and methodological basis for developing marketing strategies for small and medium enterprises, which, in turn, determines certain features of their formation in real terms. The challenge is how to reflect the evolution of products in marketing strategies [21]: *short-term* (to improve individual product quality indicators), *medium-term* (before the transition to a more rational technical solution), *long-term* (to change the physical principle of the product). Of course, small and medium-sized businesses, apart from individual cases, cannot fully follow the constructive evolution of products, because they occupy those economic niches, to which the big business "does not reach", table 3.

Table 3. *Approximate classification of marketing strategies for small and medium enterprises*

Classification features	Varieties of marketing strategies
According to the level of strategic planning at the enterprise, firm, institution	General marketing functional strategy
According to the source of competitive advantage	Concentration strategy
Depending on the type of differentiation	The strategy of service differentiation
By the variety of offensive competitive actions	Strategy of a bypass offensive, strategy of a flank offensive, the strategy of guerrilla warfare
According to the degree of sales market segmentation of the enterprise, firm. institutions	Market niche strategy (concentrated marketing)
By the method of selecting the target segment within the overall sales market	Strategy of commodity specialization, strategy of segmental specialization, strategy of selective specialization, strategy of one-segment concentration
By the elements of 4P (marketing complex)	Marketing commodity, pricing strategy, promotion and distribution strategy

Conclusions

The analysis carried out in the article confirmed the significant problems in the functioning of small and medium business in Ukraine. The use of marketing concept in the activity of small and medium enterprises is shown. The necessity of improving the innovative potential of small and medium enterprises in Ukraine in the conditions of administrative reform, development of entrepreneurial skills in persons engaged in both special types of business and those that do not depend on commodity or market specialization has been confirmed. The list of regions for entry of small and medium enterprises to the corresponding territorial clusters is given. The classification of the main marketing strategies of small and medium-sized enterprises is proposed, concerning the concentration of attention on specific market segments, service differentiation, the introduction of certain types of offensive competitive actions.

References

1. Voronina, L. I. (2002), *Small businesses and entrepreneurship in the environment of a market economy* [*Malyi biznes ta pidpryiemnytstvo v rynkovykh umovakh hospodariuvannia*], Kyiv : European University Publishing, 307 p.
2. Kubai, N. Ye. (1999), Becoming and development of private entrepreneurship in a transition economy (on the example of small enterprises of Ukraine) [Stanovlennia i rozvytok pryvatnoho pidpryiemnytstva v perekhidnii ekonomitsi (na prykladi malykh pidpryiemstv Ukrainy)], Candidate's thesis, Lviv.
3. Lykholat, S. M. (2018), "Research of the influence of state policy on small businesses development in Ukraine" ["Doslidzhennia vplyvu derzhavnoi polityky na rozvytok maloho pidpryiemnytstva v Ukraini"], *Social-legal Workshops*, No. 1, P. 167–171.
4. Ozarynska, V. (2011), "Fundamentals of the Small Business Support System in Ukraine" ["Osnovy formuvannia systemy pidtrymky maloho biznesu v Ukraini"], *Transport management methods development*, No. 37, P. 211–226.
5. Priamukhina, N. V. (2015), "The role of small businesses in the market area of the regions" ["Rol maloho pidpryiemnytstva u rynkovomu prostori rehioniv"], *Scientific Herald of Kherson State University. Series : Economic Sciences*, No. 11 (III), P. 109–112.
6. Paderin, I. D., Kornetskyi A. O. (2012), "The concept of increasing the profitability of small businesses in the region in a modern market economy" ["Kontseptsiia pidvyshchennia prybutkovosti maloho pidpryiemnytstva rehionu v umovakh suchasnoi rynkovoi ekonomiky"], *The Economy and State*, No. 8, P. 24–26.
7. Tkachenko, T. P. (2008), *Entrepreneurship as a Basis for the Formation of the Middle Class in Ukraine (Organizational and Management Foundations)* [*Pidpryiemnytstvo yak osnova formuvannia serednoho klasu v Ukraini (orhanizatsiino-upravlinski zasady)*], Candidate's thesis, Kyiv, 207 p.
8. Yakusheva, O. V. (2017), *Economic development and support of small and medium-sized businesses at the regional level* [*Ekonomichnyi rozvytok i pidtrymka maloho ta serednoho biznesu na rehionalnomu rivni*], Candidate's thesis, Cherkasy, 288 p.
9. "Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on approval of the Strategy for the development of small and medium-sized enterprises in Ukraine until 2020 from May 24 2017, № 504-r" ["Pro skhvalennia Stratehii rozvytku maloho i serednoho pidpryiemnytstva v Ukraini na period do 2020 roku : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24 travnia 2017 r. № 504-r"], (2017), *Governmental Courier*, No. 144, P. 7–12.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2524-2296 (online)*

10. "Commercial Code Ukraine" ["Hospodarskyi kodeks Ukrainy"], (2003, January 16), *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, Kyiv : Parlam. vyd-vo, No. 18, 19–20, 21–22, P. 144.
11. "Law of Ukraine on development and state support of small and medium-sized enterprises in Ukraine from March 22 2012, № 4618-VI" ["Pro rozvytok ta derzhavnu pidtrymku maloho ta serednoho pidpryiemnytstva v Ukraini : Zakon Ukrainy vid 22 bereznia 2012 r. № 4618-VI"], (2013), *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, No. 3, P. 23. Kyiv : Parlam. Vyd-vo.
12. "Law of Ukraine on accounting and financial reporting in Ukraine from July 16 1999, № 996-XIV" ["Pro bukhhalterskyi oblik ta finansovu zvitnist v Ukraini : Zakon Ukrainy vid 16 lypnia 1999 r. № 996-XIV"], (1999), *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, Kyiv : Parlam. vyd-vo, No. 40, P. 365.
13. "Decree of the President of Ukraine on the simplified system of taxation, accounting and reporting of small business entities from July 3 1998, № 727/98" ["Pro sproshchenu systemu opodatkuvannia, obliku ta zvitnosti subiektiv maloho pidpryiemnytstva : Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 03 lypnia 1998 r. № 727/98"], (1998), *Official Bulletin of Ukraine*, No. 27, P. 1.
14. Tax Code of Ukraine [Podatkovyi kodeks Ukrainy]. (2010, December 2), *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, Kyiv : Parlam. vyd-vo, (2011), No. 13–14, 15–16, 17, P. 112.
15. World Bank (2014), *Doing business 2015*, World Bank Group, Washington, DC
16. World Economic Forum (2018), *The Global Competitiveness Report 2018*, World Economic Forum Publishing, Geneva.
17. OECD/European Union/EBRD/ETF (2015), *SME Policy Index: Eastern Partner Countries 2016: Assessing the Implementation of the Small Business Act for Europe*, OECD Publishing, Paris.
18. Teletov, O. S. (2015), "A marketing approach to solving problems of administrative reform in Ukraine" ["Marketynhovyi pidkhid do vyrishennia problem administratyvnoi reformy v Ukraini"], *Market-oriented management of innovative development*, Kharkiv : TOV "Disa plius", P. 81-88.
19. Teletov, O. S. (2018), "Solving problems of the country innovative development as a guarantee of its economic success" ["Vyrishennia problem innovatsiinoho rozvytku krainy yak zaporuka yii ekonomichnoho uspikhu"], *Outpacing innovative development: theory, methodology, practice*, Sumy : Tritoria, P. 11–22.
20. Teletov, O. S., Grigorenko, V. Iu. (2018), "Conditions of penetration into European markets of agrarian enterprises of small and medium business by marketing tools using" ["Umovy pronyknennia na yevropeiski rynky ahrarnykh pidpryiemstv maloho ta serednoho biznesu za dopomohoiu instrumentiv marketynhu"], Proceedings from: VI Scientific and Practical Internet Conference "Marketing as the Most Important Component of the Functioning of the Agrarian Business System", Dnipro : FO-P Pitsyk, P. 3–6.
21. Teletov, O. S. (2004), *Marketing in Industry* [*Marketynh u promyslovosti*], Kyiv : Center of Educational Literature, 248 p.
22. Teletov O. S. (2011), 'Marketing support for clustering of the economy at the regional level" ["Marketynhove zabezpechennia klasteryzatsii ekonomiky na rehionalnomu rivni"], *Marketing and Management of Innovations*, No. 1, P. 176–184.

Received 09.04.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Тєлєтов Олександр Сергійович – доктор економічних наук, кандидат технічних наук, професор, Сумський державний університет, професор кафедри маркетингу та управління інноваційною діяльністю, Суми, Україна; e-mail: teletovas@gmail.com; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-9977-2294.

Телетов Александр Сергеевич – доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор. Сумской государственный университет, профессор кафедры маркетинга и управления инновационной деятельностью, Сумы, Украина.

Teletov Oleksandr – Doctor of Sciences (Economics), PhD (Engineering Sciences), Professor, Sumy State University, Professor of the Department of Marketing and Management of Innovative Activity, Sumy, Ukraine.

Григоренко Володимир Юрійович – Сумський державний університет, аспірант кафедри маркетингу та управління інноваційною діяльністю, Суми, Україна; e-mail: grigorenkopf@gmail.com; ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-8153-8317.

Григоренко Владимир Юрьевич – Сумской государственный университет, аспирант кафедры маркетинга и управления инновационной деятельностью, Сумы, Украина.

Grigorenko Vladimir – Sumy State University, Student of the Department of Marketing and Management of Innovative Activity, Sumy, Ukraine.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МАРКЕТИНГОВИХ СТРАТЕГІЙ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ

Предметом дослідження є процеси трансформації українських підприємствах малого й середнього бізнесу та розвитку їх маркетингових стратегій. **Мета** роботи – вивчення ролі маркетингових стратегій підприємств малого та середнього бізнесу в Україні. У статті вирішуються такі **завдання**: аналіз функціонування підприємств малого та середнього бізнесу в Україні; визначення відмінностей у функціонуванні його маркетингових служб від маркетингових служб крупних промислових підприємств, опису розроблюваних на малих та середніх підприємств маркетингових стратегій. Використовуються **методи** математичної статистики, теоретичного узагальнення, маркетингових досліджень. Одержані такі **результати**. Проаналізований загальний стан підприємств малого бізнесу в Україні. Розглянуто стан підприємств малого та середнього бізнесу в умовах створення об'єднаних громад й можливого їх входження до територіальних кластерів, як інструмента підвищення конкурентоспроможності окремих суб'єктів економічної діяльності регіону. Наведено відмінності в організації маркетингових служб крупних промислових підприємств й підприємств малого бізнесу. Оскільки міжнародні партнери неодноразово вказували на відсутність в менеджменту підприємств малого і середнього бізнесу сучасної економічної освіти, подані напрямки можливого його одержання. Показано, що оскільки концепція маркетингу в ринковій економіці є основою успішної підприємницької діяльності, виникла необхідність розвитку теоретичної та методичної бази на державному рівні з

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

метою врахування особливостей малого і середнього бізнесу й координації відповідних дій. Наведено напрямки розробки маркетингових стратегій на підприємствах малого і середнього бізнесу. **Висновки**. Підтверджено необхідність підвищення інноваційного потенціалу підприємств малого і середнього бізнесу в Україні в умовах адміністративної реформи, розвитку підприємницьких навичок в осіб, що цим займаються та розробки маркетингових стратегій відповідних підприємств.

Ключові слова: підприємства малого і середнього бізнесу; маркетингові стратегії; територіальний кластер; маркетолог; економічна регіональна політика.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАРКЕТИНГОВЫХ СТРАТЕГИЙ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В УКРАИНЕ

Предметом исследования являются процессы трансформации украинских предприятиях малого и среднего бизнеса, а также развития их маркетинговых стратегий. **Цель** работы – изучение роли маркетинговых стратегий предприятий малого и среднего бизнеса в Украине В статье решаются такие **задачи**: анализ функционирования предприятий малого и среднего бизнеса в Украине; определение отличий в функционировании его маркетинговых служб от маркетинговых служб крупных промышленных предприятий, описание разрабатываемых на малых и средних предприятиях маркетинговых стратегий. Используются **методы** математической статистики, теоретического обобщения, маркетинговых исследований. Получены следующие **результаты.** Проанализировано общее состояние предприятий малого бизнеса в Украине. Рассмотрено состояние предприятий малого и среднего бизнеса в условиях создания объединённых сообществ и возможного их вхождения в территориальные кластеры, как инструмента повышения конкурентоспособности отдельных субъектов экономической деятельности региона. Приведены отличия в организации маркетинговых служб крупных промышленных предприятий и предприятий малого бизнеса. Поскольку международные партнеры неоднократно указывали на отсутствие у менеджмента предприятий малого и среднего бизнеса современного экономического образования, представлены направления возможного его получения. Показано, что поскольку концепция маркетинга в рыночной экономике является основой успешной предпринимательской деятельности, возникла необходимость развития теоретической и методологической базы на государственном уровне с целью учёта особенностей малого и среднего бизнеса и координации соответствующих действий. Приведены направления разработки маркетинговых стратегий на предприятиях малого и среднего бизнеса. **Выводы**. Подтверждена необходимость повышения инновационного потенциала предприятий малого и среднего бизнеса в Украине в условиях административной реформы, развития предпринимательских навыков занимающихся этим лиц и разработки маркетинговых стратегий соответствующих предприятий.

Ключевые слова: предприятия малого и среднего бизнеса; маркетинговые стратегии; территориальный кластер; маркетолог; экономическая региональная политика.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Тєлєтов О. С., Григоренко В. Ю. Стан та перспективи розвитку маркетингових стратегій підприємств малого та середнього бізнесу в Україні. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості.* 2019. № 2 (8). С. 97–104. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.097.

Teletov, O., Grigorenko, V. (2019), "The state and prospects of marketing strategies for small and medium business enterprises in Ukraine", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 97–104. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.097.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

UDC 004.896 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.105

O. TSYMBAL, A. BRONNIKOV

DECISION-MAKING INFORMATION TECHNOLOGY FOR FLEXIBLE INTEGRATED MANUFACTURING

The **subject** of the study in the article is flexible integrated robotic systems. The **aim** of the work is to integrate models and decision-making methods in order to create information technology for flexible production. The following **tasks** are solved in the article: analysis of current trends in the development of production systems, consideration of intellectual decision-making systems as one of the key elements of automated control systems, consideration of the creation of information technology, based on a set of methods and decision models, including adaptive decision making for non-deterministic tasks. Research **methods** are the theory of sets and the theory of predicates. The following **results** were obtained: the main problems of the development of flexible integrated systems of modern production were analyzed and formulated. As a new element in the technological systems, it is proposed to introduce the intelligent production agents implemented as mobile robotic platforms capable of performing transport and assembling functions, executing the monitoring tasks, and establishing the basic requirements for them. From the formal point of view, the decision-making process in flexible robotic systems is considered, based on the interaction of the properties of the robotic system, the properties of the working space and the set of possible solutions. The fulfillment of each individual technological task involves the development and implementation of a plan of work of robotic equipment, the set of variants of which is a strategy of functioning of the intellectual robotic system, described in the form of predicate logic. To solve the required technological tasks, the use of the automatic procedures of the generator of solutions, which operates based on the frame-like structures is proposed. The decision-making process consistently supports the consistent decision-making information technology in a robotized production system based on the models of different types. **Conclusions**: application of the concept of the intellectual agent in the production environment requires the integrated application of models and methods of decision making, which can be a separate information technology of robotic production.

Keywords: information technology; decision-making; mobile robot; flexible integrated system.

Introduction

The research, development and application of flexible integrated systems (FIS) are the features of human entrance to the post-industrial stage of development. Application of FIS must provide the quick and low-cost transition to the new production types output, especially for conditions of low-series production. The efficiency of FIS is determined by optimal organization of technological equipment usage, supplied by robotized and transport systems, delivering bars, details and instruments, making the required service and check of technological processes [1].

The automation of modern manufacturing is based on widespread application of Flexible integrated systems (FIS) of different types. Their features are: the ability for quick adaptation to production technology changes at levels of technical refitting of particular units, parts and accessories, ability to reconstruct software according to new technological tasks. In addition, the key feature of FIS is its close connection and structural integration to existing production systems, which gives possibility to systematic modernization of them by modular method, simplifies the exploitation of technological systems and their technical supplement. This way of design, development and implementation of technical systems describes the modern automobile-, airplane- and shipbuilding, mechanical engineering, electronic (and other) devices production, that can be observed at assembling of European Airbus project A-380 [2] or of British aircraft carrier Queen Elizabeth [3].

The creation of automatic plants is currently impossible with traditional methods of manufacturing development. There are need the shifts in instrumental technology and in manufacturing organization, based of computer-integrated system base.

To create the machine-building plants of future there are need the following transformations:

- refusal of the differential details processing and assembling in several operations, transition to centralized processing and assembling in one operation, at one machine, one processing and assembling system;
- transition to application of machine's systems, executing the whole range of works and supplying the continuity of manufacturing processes;
- integration of different processes for manufacturing and control to the single computerized production system;
- transition to imitation simulation during sample's and manufacturing processes examination;
- intensification of technological detail-node specialization for production, shortage of seriality, the individual customer requirements execution;
- profession combining, workers qualification increase under whole shortage of them;
- electronization of manufacturing, development of communication and in-formatization tools;
- improvement of production organization under rule "everything only if need".

Therefore, the development of automated control systems for FMS has the certain level of structural organization and automation. The next steps for Flexible Automated Sectors (FAS) development can be in the introduction of intellectual technologies, which supplies more manufacturing flexibility, especially for low-serial production, with next phased transition to automated factory concept [4].

The perspective direction of FIS development is automatic solving of all the tasks by application of intellectual control system as a part of future automatic plants. Among their characteristics are [2, 5, 6–7]:

- high labor productivity level, high flexibility degree

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

to new production transmission;

- the shortest manufacturing loop for details production;
- the supplement for high quality production output, low energy consumption, high coefficient of machines and raw exploitation;
- non-waste technology, complete utilization of waste by transformation to raw materials, fabrication of secondary rows for collateral production;
- the high equipment reliability and of the whole plant by self-diagnosis methods, that controls the equipment malfunctions or supplies the short-term restoration;
- labor humanization, the creation of conditions for human health safety, for physical labor decrease, for full computerization of intellectual activity;
- ecological safety, save of environment;
- mobility for new science and technics achievements, for new technologies and equipment.

1. Decision-making systems background

The consideration of robotized technology design process shows the importance of every planning strategies act at every stage of technological operation execution. The similar case is for movement planning of mobile platforms: the transition result is the sequence of operations to move to some direction, to stop, to change direction, to move manipulator's joints (if platform has it). But, if movement needs additional actions like to prevent collisions with random obstacle, the planning task is accented not on whole multi-stage structure, but on planning of every partial decision for action of robot.

The most of particular tasks of strategies planning have to be of adaptive manner because of execution for conditions of predictable or unpredictable workspace. While the adaptive systems still have no first positions in technical planning systems, they have publications on psychology and human decision-making [3, 8, 9].

The human (or other organism, or technical system) ability to adapt to slow, moderate or quick change of external impacts and the ability to execute the given tasks, really, is adaptation. Certainly, adaptation is possible only for conditions is organism (technical system) is able to respond to external world effects, having the sensors to observe the effects of workspace of object's states, according to which the selected task is decided (or selected solution is executed). Other required thing is mechanism of organism to respond to external effects, including the changes of internal states and external response by particular action of human or robot to avoid the external impacts (f.e. to avoid stones on robot's way or to clean them) or to adapt to them (to select the reliable and correspondent to conditions chassis of robot).

Such intensions, however give no answer how the robotic system (also mobile system), equipped by tools of external workspace monitoring (sensor system); the intellectual component to generate the plans of movement; the execution mechanisms (manipulators), can respond to external world changes and to re-build its activity, taking in account the complexity of tasks and need to support the functional ability.

The adaptive control methods still take insufficient place in researches on automatic control theory. Among the sources adaptive control system is formulated as system, which automatically selects the required control law on base of object's behavior analyzes. From this position adaptive systems are divided into two classes: systems able for self-organization and systems able for self-settings.

For systems, able for self-organization, functioning process includes the formation of control algorithm, which allows to optimize system from control's goal view point. Such tasks arise for conditions of structure and parameters changes of controlled object and are dependent of functioning mode, especially if there is no priory information for current control mode setting. There is said about free regulator structure [8] and connected complex tasks.

The synthesis problem for continuous dynamic objects is described in [8]. Let the object of control is affected by the measured perturbations (initial impacts), non-measured impacts and the impacts of control. The output variables of object are observed. The behavior of object depends on number of unknown parameters – ξ set. There is given the set Ξ of possible values ξ, which defines the class of possible objects and impacts. There is set the target of control, which defines the behavior of controlled object. The result must be the synthesized control algorithm, which uses the measured or calculated values, that not dependent of and supplies the given control target achievement for every.

For case of FIMS adaptivity is a possibility to keep manufacturing system workability for case of functioning condition changes, caused by external (other FIMS, transport system, energy supplement, ventilation system etc.) and internal (work of processing units, NPC-units, transport system, personal activity etc.) sources [9–10].

For such conditions FIMS must adapt to the current conditions and change the schedule (plan) for whole system functioning or fro some parts, providing the adaptation of functioning strategy.

The technological process of mechanical processing and assembling must be provided in one or several workshops with processing centers, NPC-machines, industrial and transport robots, storages and the transport system, connecting the technological equipment and the automated storehouse.

The lacks of production process organization for the mentioned mechanical and assembling workshops are [11, 12]:

- the fixed mode of transport system work and insufficient level of automation with limited application of industrial robots;
- the manual loading for NPC-machines;
- the absence of automatized tools to avoid the emergency or non-standard production situations.

To overcome the mentioned lacks there are proposed:

- to introduce the mobile assembling-transport robot to the equipment of flexible integrated systems and workshops (fig. 1);

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

- to develop the mathematical and algorithmic supplement, the software for the mentioned robot.

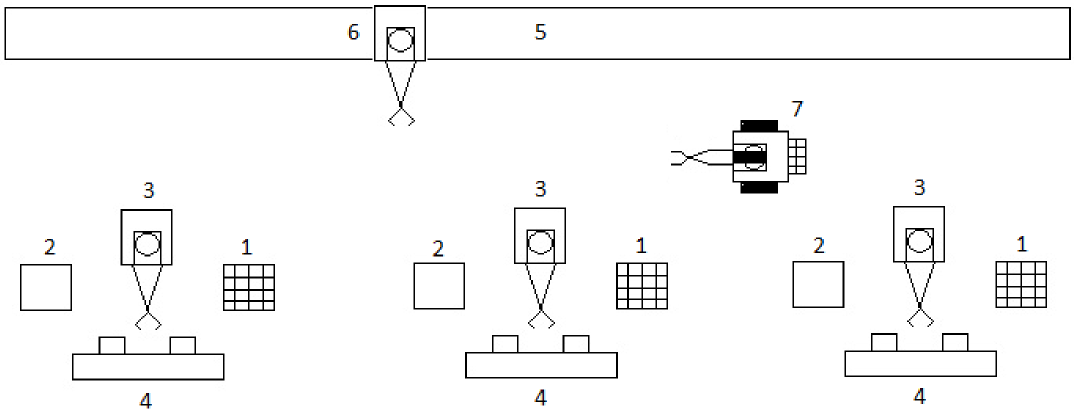


Fig. 1. Structure of Flexible Automated Line (1, 2 – input and output storages, 3 – industrial robot, 4 – NPC tool, 5 – transport system, 6 – transport robot, 7 – intellectual transport-assembling robot)

The mobile assembling-transport robot must correspond to the following requirements:

- free movement in range of workshops out of technological equipment units workspace;
- robot supplies the devivery of billets and other materials to the workspace of processing centers and NPC-machines;
- robot supplies the devivery of needed instruments or equipment on regular or irregular calls;
- robot supplies the execution of selected assembling operations;
- robot supplies the monitoring for technological and other equipment of workshop;
- robot checks the functionality of technological equipment.

To supply its functionality the assembling-transport robot must correspond to the following construction demands:

- the presence of mobile platform chassis;
- the presence of manipulator (or of several manipulators);
- the presence of cargo block to transport billets, details, instruments and equipment;
- the presence of communication system;
- the presence of control system with computer on-board;
- the presence of sensor system for chassis and manipulator.

The assembling-transport robot must be selected on base of existing models of transport robots and manipulators.

The particular element of control system for mobile assembling-transport robot is decision-making support system (DMSS). As to dynamics of robot's workspace DMSS must supply the problem-solving for transition tasks of assembling-transport robot to particular workspaces, to schedule the loading-uploading operation for technological equipment, instruments and supplement, to plan some assembling operations. The dynamic nature of assembling-transport robot workspace, determined by particular production system, defined the demands of functioning strategies adaptivity, which must supply the increase stability and productivity of flexible manufacturing systems.

In particular, RTS (set X) from ACS problem-solving point of view is proposed to describe consisting with the next elements:

- manipulator (with description of movements for particular joints of manipulator, movements execution);
- control system (with signal set, sent/received by manipulator or chassis);
- sensor system (with sensors to supply the transmission of signals on WS states to the control system of robot);
- technical (computer) vision system (with monitoring of WS and transmission of signals to robot's ACS);
- communication system (to transmit/send the signals from robot's control system, from other robots);
- robot's chassis (to transmit/send information to/from, movements execution).

The description of decision set D is proposed as containing:

- decision on manipulator (manipulators) movement for particular operations level (take object, move, put, replace objects), including the achievement of goal point;
- decision to direct the mobile robot's chassis movement (rightward, leftward, direct, back etc.), to change speed and acceleration;
- requests to sensors and technical vision system;
- expected result (accepted decision);
- pre-conditions of decision-making.

The description of external workspace objects set *S*:

- objects of WS (object's coordinated, direction and velocity, class of object, technical state, ability to use for decision execution);
- state of WS (topographis, availiable paths and their conditions, obstacles and their changes, fallouts, lighting etc.).

The description of goals set *Y* of robot's ACS:

- to position robot to WS point (or near the needed object of WS);
- to make operation (manipulation) at WS point (or near the needed object of WS);
- to get date on WS (with sensor system or CVS).

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

The examples of robot's goals (task) setting are:

being_at_point(x, y, z);

make_operation(take_object(class(nut))).

The goal of decision-making system (DMS) is to transfer to goal state y, reaches by application of Cartesian products X * D* S of FIS's states, its decisions and of WS by order at every step of system functioning.

To reach the goal, initially at moment t0 DMS generates the initial plan:

$$\vec{D}^0 = \left\{ d_0^0, d_1^0, ..., d_{n-1}^0 \right\},$$

which proposes the sequential transitions for states:

$$X_0^0 \to X_1^0 \to ... \to X_{n-1}^0 \equiv Y ,$$

and can be implemented by Cartesian products:

$$X_0 \times D_0^0 \times S_0 \to X_1 \times D_1^0 \times S_1 \to ... \to X_{n-1} \times D_{n-1}^0 \times S_{n-1},$$

and may lead system to the goal state Y.

Transitions must follow the restrictions:

$$\left\| X_1 - D_0 \times X_0 \times S_0 \right\| \le \varepsilon_1, \ \left\| X_2 - D_1 \times X_1 \times S_1 \right\| \le \varepsilon_2,$$
$$\left\| Y - D_{n-1} \times X_{n-1} \times S_{n-1} \right\| \le \varepsilon_n.$$

It means, that every new achieved by Decision-making acts step, which is a result of decision D_i to the current state X_i and for conditions of workspace S_i mustn't be different from planned X_{i+1} for more then ε_{i+1}.

The selection of decision for every stage and its dependence will be defined by goal (or subgoal) of robot's automatic control system (ACS).

For example:

D{move,take,look}×
X{manipulator,controller,sensor,CVS,CS,chassis}
=Y{robot_at_point(x_i, y_i, z_i*)}= D{{move,manipulator},{move,controller},*
{move,sensor},{move,CVS},{move,CS},{move,chassis},{take,manipulator},
{take,controller},{take,sensor},{take,CVS},{take,CS},{take,chassis},
{take,manipulator},{look,controller},{look,sensor},
{look,CVS},{look,CS},{look,chassis}}=
D{{move,chassis},{take,manipulator},{look,CVS}}.

The last line takes in account the compatibility of Cartesian product pairs, with compatible chassis and move operation, operation take for manipulator, computer vision system (CVS) and looking operation, while incompatible are taking operation for controller or movement for sensor.

Action «move» has the expected result – *robot_at_point (x, y, z)*, so form set *D* operation *{tranfer, chassis}* is selected:

D{transfer,chassis} =Y{robot_at_point(x_i, y_i, z_i*)}.*

Also the decision has pre-conditions

D{transfer(expected_result(robot_at_point(x_i, y_i, z_i*)),*
pre_condition(robot_at_point($x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}$*))}.*

The presence of pre-condition needs the recursive solving of new subgoal:

D{...}× X{...}=Y{robot_at_point($x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}$*)}.*

For case of static workspace (WS) the planning process looks rather simple. But interesting moment appears when the found decision meets the impossibility of implementation and need to adapt already formalized (at previous state) decision for current conditions of robot's WS.

We can notice, that adaptive strategies planning has next natural properties:

1) generation of initial plan before decision execution;

2) execution of accepted plan;

3) looking for situations for which the accepted plan becomes impossible to execute;

4) for case of previous plan failure – new plan generation with decision adaptation to the changed circumstances.

2. Description of Decision-making IT

In practical terms, the implementation of intelligent robot control systems in many aspects comes from the project STRIPS (Stanford Research Institute Problem Solver [8–9]) – strategies planning system for the closed world of a robot that interacts with the executive system PlanEx (plan execution).

To solve the practical problems of a robots strategies planning you must automatically create abstract spaces of different levels from the basic objects space and events in which the system operates.

In STRIPS-similar systems [8] abstract space is defined by the level of conditions detail of operators using. This approach allows: to fix the same model of the world – no need to delete the insignificant (for a given level of abstraction) parts from it and no need to take them into account; to make unchanged the operator schemes.

Model of the world must be in a properly constructed set of first-order predicate logic formulas (PCF), which reflect the facts (for example, ATR (a) – the robot is in point a) and laws, such as

$$(\forall y)(\forall z)\left\{\left[ATR(y) \wedge (y \ne z)\right] \supset \bar{A}\overline{TR}(z)(\ \ )\right\},$$

that robot can not be simultaneously in points y and *z*.

Operator scheme is determined by name, a list of parameters and records as PCF language logic of predicate of first order conditions of the action and the result of the action. The last one, in its turn contains a remote list and add list. Operators produce different models of the world by generating new facts. The purpose of the system is also supplied as a PCF of the same logic, that it is desirable PPF of a system.

STRIPS begins search with a attempt to get the goal formula G_0 from the original model of the world M_0. For this the theorems prove program searches a contradiction in the set of disjunction $\left\{\left(M_0 \cup \bar{G}_0\right)\right\}$. If contradiction is found (empty disjunction is displayed), the original problem is solved at this step in a trivial way, that original model M_0 satisfies objectives G_0. If the specified contradiction is disagreed, the so-called unfinished output

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

D_0 forms. This output is supplied by a set disjunction corresponding to negation of objective formulas (in this case $\bar{G}_0$), plus all their derivatives, if any exists, minus disjunction which are eliminated by the use of the limitating strategies (for example replacement strategies and assessment of predicates).

Unfinished D_0 output is taken as the difference between M_0 and G_0, that connected to one node (M_0, G_0). Next step is to search operators that are appropriate for reducing the resulting difference. These are the operators whose impact on the environment model allows you to continue the proof. If you search operator that is suitable, the values of its parameters are subjected to partial or complete enumeration.

Search of operator consists of two steps. The first step is to make an ordered list of candidate operators. Selection of candidate operators based on a simple comparison predicates from the difference D_0 with the predicates from the operator addition list. The second step is to use the program proofs to determine whether there is disjunction in a specified list of additions that would extend the output after you apply this operator. If this step was a success, the operator candidate with the appropriate values of parameters considered as suitable for reducing the difference D_0.

When operator candidate is found, the conditions of its application accepted as new subgoals of system. Let robot's task is to move to point b. Then $G_0 = \mathrm{ATR}(b)$ attempt to find proof required will be in vain as long as the robot does not find itself in a point *b*. Obviously, a particular case *goto(m, b)* of operator *goto(m, n)* – move from point *m* to point *n* – suitable to reduce difference $D_0 = \bar{G}_0$, because the result – ATR(*b*) allows you to continue output of G_0 (in this case - finish it). The role of new subgoal G_1 will be played by correspondent RCF – condition of ATR(*m*) application.

System STRIPS deals with subgoal G_1 in the same way as with the goal. It again uses the theorem proof for derivation of G_1 from M_0. Here two cases have matter. If system doesn't find proof, it in a similar way forms difference D_1 between M_0 and G_1 also sets subgoals, corresponding to formulas for conditions on application of correspondent operators-candidates. If theorem derives G_1 from M_0, correspondent particular operator is used to transform model M_0 to new model M_1. For the mentioned above case subgoal is $G_1 = ATR(m)$. If $ATR(a) \in M_0$, the particular case of G_1, namely ATR(*a*), can be derived from M_0. For this case goto (*a*, *b*) is applied to model M_0 and forms M_1, that includes ATR(*b*). After that STRIPS continues to derive G_0 form M_1. For our example, G_0 obviously comes from M_1. However, if derivation of G_0 isn't successful, there must be set the correspondent subgoals and procedure starts [3].

The described way implements the logical model of knowledge representation.

The hierarchy of goals, subgoals and models, originated during search process, can be presented as a tree search. Every vertex of such tree has view (workspace_model, (subgoals_list)) and corresponds to tasks to reach (according to order) subgoals of goal's list for the given model os workspace.

For the example of tree the top vertex (M_0, (G_0)) is a initial tasks: to reach G_0 from M_0. For the given case there are set two alrenative subgoals G_a and G_b. They are added to next son's vertexes at the start of goal's list. Selection of left brunch accepts, that at point (M_0, (G_a, G_0)) goal G_a is reached at M_0 and then the corresponding operator, f.e. fa is applied at M_0 to get model M_1 and the next task will be to reach G_0 at model M_1 and such tasl is presented by vertex (M_1, (G_0)).

Using other way we can get vertex (M_4, (G_0)). Let, goal formula G_0 is reached at M_4, so the vertex (M_4, (G_0)) is end. Then the queue f_c, f_b, f_e is solution.

The sources of initial information for STRIPS were of robot's workspace, defining the world model, operator's schemes and system's goal (goals). For case of mobile robot's rask in determinated workspace, the world of robot must correspond to the scheme of objects location in this workspace [12, 13].

Unlike the described scheme of problem-solver for intellectual robot, its adaptive variant must take in account the changes in workspace (WS) and correspond to the next additional requirements:

1) ability to change the structure and contents of subgoals, which are set to get the goal of problem-solver;

2) ability to change the order problem-solving;

3) ability to reject the execution of particular subgoals of generated by problem-solver plan;

4) ability to return to previous system's states, taking in account the consequencies of already accepted solutions;

5) ability to over-formulate the general goal of problem-solver or of particular subgoals.

The adaptivity of problem-solver may describe the ability of strategies planning system to function in conditions, where the robot's WS has changes during the decision execution [14]. Such conditions will require the constant check of WS, that have to provide every time on problem-solver call. Because of recursive functioning of problem-solver, the actual check will be provided at every cycle of strategies planning system. The consideration of robot's activity shows the fuzziness of the next type: fuzziness of execution test (action isn't finished), fuzziness of validation test (object doesn't correspond to given requirements). Depending of case, there can be selected different lists of pre-conditions, removals and addons. Therefore, the description of every robot's action is divided into the serie of alternatives, every with own true coefficient, giving the fuzziness for action description predicate. While, the fuzzi coefficient in such case is evaluation tool for alternative action's variant and (if

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

previous information is absent) may be defined during the execution of decision processes.

For the simplest case the predicate's adaptivity can be implemented by addition of special predicates call to refresh WS information, where robot makes actions, f.e. [15]:

```
make_plan(Task):-  observe_space,
                   // WS information refresh
                   action(N,Objects,Task,achieves),    // search of operator's scheme N
                   action(N,Objects,Task,requires),    // execution of precondition's list
                   action(N,Objects,Task,removes),     // execution of removal list
                   action(N,Objects,Task,adds,1).      // execution of addon list
```

While decision-maker works in a recursive way (at condition's list execution), information on objects location will be included. Therefore, the adaptivity of decision-maker will be provided at level of pre-condition list execution [10].

The informational technology of functional strategies planning is process of information transformation during the intellectual robot's functional strategies planning and is based on proposed method and models of strategies planning.

The information sources of developed informational technology are in data on RTS states (set X) and on workspace (WS) states (set S). The goal states of RTS are formulated as certain states of RTS or of WS. They must be produced by application of decisions (set D), forming the strategy, which is a serial transformation of RTS and WS states. Decision-making IT, using sensor system, gets information from WS of FIS and according to production goals makes the analysis of manufacturing situation, then divides global goal into sub-goals. To reach goals and subgoals, decision-making IT proposes to use a number of models: set-based (for WS detalization), dynamic (to keep limitations), logic-based (to build strategies), fuzzy and probabilistic (to estimate the proposed strategies). The result of models application is in the proposed decision-making strategy, which can be executed by technological equipment.

The essential effect on strategies formation will be provided by changes in states of RTS and of WS, because the reach of goal state will be planned as discrete serial process of RTS and WS state's transformations, correspondent to decision's set D. If the developed initial plan (strategy), because of RTS of WS changes can't be executed, there will arise the request on plan's adaptation – by reformulation of plan under incalculation of dynamics of RTS and WS. The scheme of proposed technology of functional strategies planning is shown in fig. 2. The proposed decision-making IT can be implemented for solving of transport problems of FIS, also for manipulation tasks on assembling operations.

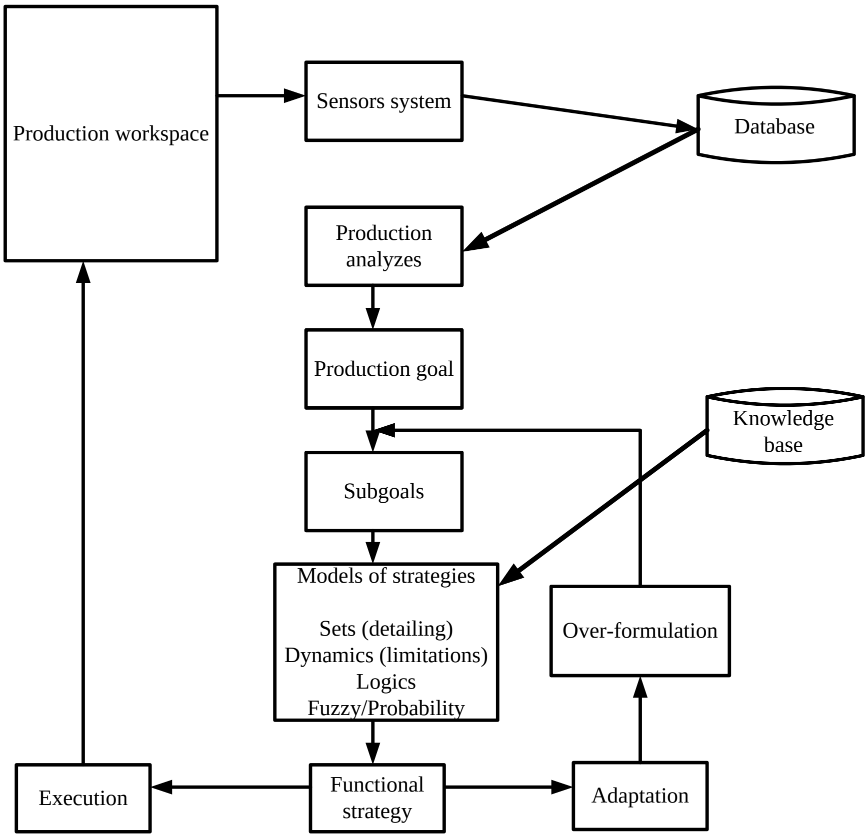


Fig. 2. Decision-making IT for flexible manufacturing

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

Conclusion

The current problem of modern flexible integrated production systems is to supply the implementation of production functions aimed at increasing the efficiency of production through the continuity of the operation of the entire system. A control system that takes into account the changes in the working environment and the state of the flexible manufacturing integrated system should oversee the terms of the task and, if necessary, adapt the process of performing the production functions of the robotic system. As such, the intelligent control system based on the IoRT principles can act [14]. The introduction of such a system should significantly improve the characteristics of control systems for robotic systems that are part of the flexible manufacturing systems.

The given article proposes the new information technology to organize the process of decision-making for robotized means of flexible integrated manufacturing, which includes the monitoring of states for technological equipment and for workspace; the setting of goals and formation of decision-making strategy with taking in account of limitations and process dynamics, introduced by set theory method, of logical dependence between serial steps of technological tasks achievement, fuzzy/probabilistic estimations for proposed plans of work for technological equipment of robotized system; if it's need – the adaptation of system for new conditions of workspace to reach new technological tasks.

The advances of described flexible manifactiring Decision-Making IT can be reached by extension of problem workspace. It will lead to growth of operator's schemes and more their complexity. If one goal can be reached by several ways, every of possible operator's schemes must be evaluated. For every scheme of conflict set, providing the same goals, there will be a special coefficient and the whole set will present a fuzzy set. The FIS and robot's functioning in real time mode will need the improvement of procedures for adequate operator's schemes search, including the backward procedures with restorations of previous states of workspace. The expansion of problem field will expand also the number of operations, executed by FIS's elements, and the order of operations execution (technological process) will define the strategy of following activity.

References

1. Veselovska, N., Strutinkii, V. (2009), "The perspectives of computer-integrated manufacturing systems", *Naukovi Notatki*, Vol. 25, P. 11–15.
2. Kerak, P. (2012), "Novel trends in the intelligent manufacturing systems", *Proc. Of 8th International Baltic Conference "Industrial Engineering", 19-21 Apr., 2012, Tallinn*.
3. Greiff, S., Scheiter, K., Schrer, R., Borgonovi, F., Britt, A., Graesser, A., Kitajima, M., Rouet, J. F. (2017), *Adaptive problem solving. Moving towards a new assessment domain in the second cycle of PIAAC*, OECD Education Working Papers, No. 156, 57 p.
4. Gratch, J., DeJong, J. (1996), "A statistical approach to adaptive problem solving", *Artificial Intelligence*, Vol. 88, No. 1-2, P. 101–142. DOI: https://doi.org/10.1016/S0004-3702(96)00011-2
5. Yegupov, N. (2002), *Methods of robust, neuro-fuzzy and adaptive control*, MGTU, 744 p.
6. Eiter, T., Wolfgang, F., Leone, N., Pfeifer, G. (2004), "A Logic Programming Approach to Knowledge-State Planning: Semantics and Complexity", *ACM Transactions on Computational Logic*, Vol. 5, P. 206–263.
7. O'Hara, Keith J. (2004), "Distributed Path Planning for Robots in Dynamic Environments Using a Pervasive Embedded Network", *AAMAS'04*, P. 1536–1537.
8. Yefimov, E. I. (1982), *Solvers for intelligent tasks*, Nauka, 320 p.
9. Thrun, S. (2005), *Probabilistic Robotics*, The MIT Press, 667 p.
10. Tsymbal, O. (2009), "Decision-planning for robot control system", *Vestnik of Sevastopol GTU*, Vol. 95, P. 124–128.
11. Ladaniuk, A., T. Prokopenko, T., Reshetiuk, V. (2014), "The model of strategic management of organizational and technical systems, taking into account risk-based cognitive approach", *Annals of Warsaw University of life science*, No. 63, P. 97–104.
12. Tsymbal, A., Bronnikov, A. (2012). "Decision-making in Robotics and adaptive tasks", *Proceedings of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2012)*, P. 417–420.
13. Tsymbal, A. (2014), "Methodical aspects of planning strategies for intelligent control system of robot", *Vestnik of Belgorod GTU*, Vol. 2, P 139–142.
14. Simoens, P., Dragone, M., Saffiotti, A. (2018), "The Internet of Robotic things: A review of concept, added value and applications", *International Journal of Advanced Robotic Systems*, No. 1-2, P. 1–11.
15. Nevliudov, I., Tsymbal, O. and Bronnikov, A. (2018), "Intelligent means in the system of managing a manufacturing agent", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 1 (3), P. 33–47. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2018.3.033.

Received 09.04.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Цимбал Олександр Михайлович – доктор технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харків, Україна; e-mail: oleksandr.tsymbal@nure.ua; ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4947-7446.

Цымбал Александр Михайлович – доктор технических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры компьютерно-интегрированных технологий, автоматизации и мехатроники, Харьков, Украина.

Tsymbal Oleksandr – Doctor of Science (Engineering), Associate Professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Professor of the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Mechatronics, Kharkiv, Ukraine.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Бронніков Артем Ігорович – Харківський національний університет радіоелектроніки, асистент кафедри комп'ютерно- інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харків, Україна; e-mail: artem.bronnikov@nure.ua; ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3096-7653.

Бронников Артем Игоревич – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, ассистент кафедры компьютерно- интегрированных технологий, автоматизации и мехатроники, Харьков, Украина.

Bronnikov Artem – Kharkiv National University of Radio Electronics, Assistant of the Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Mechatronics, Kharkiv, Ukraine.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ГНУЧКОГО ІНТЕГРОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Предметом дослідження в статті є гнучкі інтегровані роботизовані системи. **Мета** роботи – інтеграція моделей та методів прийняття рішень з метою створення інформаційної технології для гнучкого виробництва. В статті вирішуються наступні **завдання**: проведення аналізу сучасних тенденцій у розробці виробничих систем, розгляд інтелектуальних систем прийняття рішень як один з ключових елементів автоматизованих систем керування, розгляд створення інформаційної технології, що грунтується на наборі методів та моделей прийняття рішень, включаючи адаптивне прийняття рішень для не детермінованих завдань. **Методами** дослідження є теорія множин та теорія предикатів. Отримано наступні **результати**: проаналізовано та сформульовано основні проблеми розробки гнучких інтегрованих систем сучасного виробництва; в якості нового елемента до складу технологічних систем пропонується впровадження інтелектуальних виробничих агентів, реалізованих у вигляді мобільних роботизованих платформ, здатних виконувати транспортні та допоміжні складальні функції, виконувати завдання моніторингу та встановлюються основні вимоги до них; з формальної точки зору розглянуто процес прийняття рішень в гнучких роботизованих системах, який побудовано на взаємодії властивостей роботизованої системи, властивостей робочого простору та множини можливих рішень. Виконання кожного окремого технологічного завдання передбачає розробку та реалізацію плану роботи роботизованого обладнання, сукупність варіантів яких складає стратегію функціонування інтелектуальної роботизованої системи, що описується у вигляді логіки предикатів. Для розв'язання необхідних технологічних завдань пропонується використати автоматичні процедури генератора рішень, що функціонують на базі фреймоподібних структур. Послідовна підтримка процесу прийняття рішень у роботизованій системі виробничого призначення на основі моделей різного типу складає запропоновану інформаційну технологію прийняття рішень. **Висновки**: застосування концепції інтелектуального агента у виробничих умовах вимагає комплексного застосування моделей і методів прийняття рішень, які можуть складати окрему інформаційну технологію роботизованого виробництва.

Ключові слова: інформаційна технологія; прийняття рішень; мобільний робот; гнучка інтегрована система.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ГИБКОГО ИНТЕГРИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предметом исследования в статье являются гибкие интегрированные роботизированные системы. **Цель** работы – интеграция моделей и методов принятия решений с целью создания информационной технологии для гибкого производства. В статье решаются следующие задачи: проведение анализа современных тенденций в разработке производственных систем, рассмотрение интеллектуальных систем принятия решений как одного из ключевых элементов автоматизированных систем управления, рассмотрение и создание информационной технологии, основанной на наборе методов и моделей принятия решений, включающих адаптивное принятие решений для недетерминованных задач. **Методами** исследования явдяются теория множеств и теория предикатов. Получены следующие **результаты**: проанализированы и сформулированы основные проблемы разработки гибких интегрированных систем современного производства; в качестве нового элемента в составе технологических систем предлагается внедрение интеллектуальных производственных агентов, реализованнных в виде мобильных роботизированных платформ, способных выполнять транспортные и вспомогательные сборочные функции, выполнять задания мониторинга, устанавливаются основные требования к ним; с формальной точки зрения рассмотрено процесс принятия решений в гибких роботизированных системах, который построено на взаимодействии свойств роботизированной системы, свойств рабочего пространства и множества возможных решений. Выполнение каждого отдельного технологического задания предусматривает разработку и реализацию планов работы роботизированного оборудования, совокупность вариантов которых составляет стратегию функционирования интеллектуальной роботизированной системы, которая описывается в виде логики предикатов. Для решения необходимых технологических заданий предлагается использовать автоматические процедуры генератора решений, функционирующие на базе фреймоподобных структур. Последовательная поддержка процесса принятия решений в роботизированной системе производственного назначения на основе моделей разного типа составляет предложенную информационную технологию принятия решений. **Выводы**: применение концепции интеллектуального агента в производственных условиях требует комплексного применения моделей и методов принятия решений, которые могут составлять отдельную информационную технологию роботизованного производства.

Ключевые слова: информационная технология; принятие решений; мобильный робот; гибкая интегрированная система.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Цимбал О. М., Бронніков А. І. Інформаційна технологія прийняття рішень для гнучкого інтегрованого виробництва. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 105–112. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.105.

Tsymbal O., Bronnikov A. (2019), "Decision-making information technology for flexible integrated manufacturing", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 105–112. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.105.

Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) *ISSN 2522-9818 (print)* *ISSN 2524-2296 (online)*

UDC 338.45 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.113

N. CHEKH, D. VERSHYNINA, A. LUB

THE MAIN RISKS OF ECONOMIC SECURITY OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY ENTERPRISES, THEIR IDENTIFICATION AND MANAGEMENT

In the conditions of an unstable economic environment, the main task of the management of enterprises in the construction industry is to adapt the changing of the external conditions and the reducing of negative factors influence on the activity and its financial results. The uncertainty of the influence of environmental factors and the lack of opportunity to make a reliable forecast of economic processes in the industry give rise to risk. The uncertainty factor has a significant impact on the activity of construction companies, which determines the urgency of the task of increasing the effectiveness of risk management at all stages of the life cycle of construction products. The **subject** of the study in this paper is the peculiarities of the activities of construction enterprises and their economic security. The construction industry is the core of the entire national industry, in comparison with other types of economic activity; it has a number of advantages, namely: consolidation, real estate, capital intensity, material content, duration of creation and operation, etc. Compared to many other industries, construction is a specific type of design industry with certain characteristics that affect the characteristics of the built-in products, the modes of production and industry. The **objective** of the article is to identify the main risks of the economic security system of the construction company and analyze the ways of their identification and evaluation. The **purpose** of article is to identify the main risks of the economic security system of the construction company and analyze the ways of their identification and management. The **goal** of this research is to develop an author's approach to classifying the risks of economic safety of construction industry enterprises and to develop recommendations on identifying and managing risks. Using the general logical-analytical methods, this article explores the nature of the characteristics of the enterprises of construction and industry of various types of risks associated with it. As a **result**, the authors proposed to distinguish legal, financial, architectural and construction (production), natural (ecological) and risks on the real estate market as the main risks of economic safety of the enterprises of the construction industry. **Conclusions** regarding the main features of the activity of construction enterprises and nature of risks in their functioning are made.

Keywords: economic security; construction; risks; financial risks; construction companies; fraud.

Introduction

The construction industry is one of the sectors of the economy that is the most sensitive to the dynamic changes, and, at the same time, it has a significant impact on the development of the entire Ukrainian economy. The construction sector, in addition to financial services and export-oriented manufacturing, was hit hardest by the economic crisis of 2008-2009. The construction industry of Ukraine begun to recover the pre-crisis capacities only since the end of 2016. Volume of sales of construction works and products, the number of employed workers at the enterprises of the branch, profitability and the volume of own capital increased compared to the previous year.

There are also positive trends in the development of the construction sector in Europe. The European Construction Industry Federation (FIEC) in its annual report noted that the construction activity across the EU increased by 2.2% in 2016 (reaching 1278 billion Euros) compared to 2015. In 2018, even more growth was projected - by 3% compared to the previous year (forecast at 1.343 billion euros).

Nevertheless, in spite of positive forecasts and trends, in their activity, construction companies are forced to withstand a number of risks that can negatively affect their level of economic security and, consequently, the results of their operation.

Analysis of literary sources and problem statement

Problems of economic safety of construction organizations in their work considered Andrienko V.M., Vasiliev V.M., Panibratov Yu.P., Molodid O.O., Vakhovich I.V., Karpova K.V., Kushniruk A.O., Lagutina Z.V. etc. Despite the research carried out, the issues of classification of the main risks of economic safety of construction enterprises remain insufficiently high; taking into account the European integration course of Ukraine and the key role of the construction sector in the national economy becomes especially relevant.

Aims and objectives of the study

The purpose of the article is to determine the main risks of the economic security system of a construction company and to develop a comprehensive risk classification that would take into account both the features of the construction industry and the European integration expectations of Ukraine.

Materials and methods of research

To achieve this goal, the results of international surveys and studies are used, the relevant researches of the well-known scientists are analyzed, and the logical-analytical and visual general methods are applied.

Research results and discussions

Euro integration remains the main foreign policy priority of Ukraine, which is connected with the advantages of recognizing the status of the state as a European one. These include the provision of small and medium-sized businesses, the introduction of EU standards, macroeconomic stability, additional investment in the country's economy, the use of new technologies, etc.

For construction companies, this means the potential

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

development of the industry and the corresponding increase in the efficiency of their activities. However, in order to take the full advantage of the opportunities opened up by the European integration, construction companies need to understand the risks that may arise in the course of their activities, as well as at the global markets.

The economic security of the construction industry enterprises is of particular importance for the state, society and citizens taking into account the peculiarities of the construction industry, its importance for the national economy and the general instability of the national economy. The economic security of the building industry companies is understood as a system of guarantees and measures to ensure the protection of corporate resources, strategic goals and interests of the enterprise, as well as timely and adequate response to the signals and threats to its external and internal environment. Accordingly, the risk of economic security of the construction industry is considered a possible event, the onset of which may lead to unwanted consequences for the company itself and other contract participants

The project production predominates in construction, and manufacturing organizations are formed with the relatively independent participants, that are the part of the ever-changing one-off coalitions of enterprises. This affects the structure and methods of the industry, which leads to a strong fragmentation of the sector with the different types of firms. As a result, the level of complexity of production in construction is relatively high, and the level of efficiency is relatively low.

Vasiliev V.M. and Panibratov Yu.P., considering the management of investment construction projects, distinguish risks depending on the affiliation with the enterprise. Accordingly, their classification includes investor risks, banking, leasing, issuer risks, and vendor risks [1].

Karpova K. V., considering threats to economic security of construction companies as a set of certain negative factors, groups them in the following areas:

- threats to material resources;
- threats to financial resources;
- threats to the safety of production technologies;
- threats to commercial activities;
- management threats [2].

Kushniruk A. A. also considers various risks in the activities of construction enterprises, but does not provide any criteria or signs by which they could be grouped and generally analyzes the risks that are characteristic of any enterprise [3].

Andrienko V.M. identifies specific types of threats in the construction industry, such as:

- aggravation of competition on a limited market of orders;
- aggravation of competition in a limited geographic area;
- unfair competition in all its manifestations;
- monopolization of the market by large construction companies;
- corruption relations in the distribution of state and municipal orders;
- the phenomenon of commercial bribery in obtaining orders and distribution of subcontractors, so-called "rollback" and "back rollback";
- internal fraud.
- damage to the object of construction, engineering, damage to inventory;
- damage to personnel (occupational injuries);
- the threat of the appearance of a defect, including hidden, in work performed by the forces of subcontractors, as well as due to a low quality of used building materials;
- the threat of the appearance of a marriage, including a hidden one, in works performed by one's own forces;
- the threat of a shortage due to poor quality of project organizations, as well as general contractors [4].

Although the author emphasizes the specifics of the enterprises of the construction industry, in our opinion, the current list is incomplete and does not take into account the features of the financial component of the economic security of the construction company.

Construction is a risky business. Each construction project is unique and involves a set of problems and opportunities. Detection and risk management can be complex, but not impossible, with careful planning and execution. When the risk turns into reality, it can disrupt the project. In order to avoid disaster, you should be able to properly assess, control and manage the risks after their detection.

Risks are not always negative. The ability to effectively identify and manage risks can increase profits, build good customer relationships, which will increase the number of projects and expand the business to new markets and sectors.

Among the reasons hindering the development of construction activities in Ukraine, the following are often referred:

1) insecurity with financial resources; 2) lack of working capital; 3) lack of orders for construction work; 4) reducing the solvency of consumers; 5) non-transparency of legislation and high level of bureaucratization; 6) high tax pressure and so on.

Serdyuk T.V. and Sologor V.M. emphasize that the scope of real estate transactions, in general, is subject to risks, which is exacerbated by the special vulnerability of objects of unfinished construction. At the same time, among the reasons for the existence of high risk in the construction sector, the following should be mentioned: the location of the real estate market, its direct dependence on the regional and global economic situation, low liquidity of the new buildings in the absence of a real mechanism of mortgage lending, a large amount of funds involved in the construction process, duration of investment and dependence of the final result upon the economic and political situation in the country [5].

In addition, in comparison with the many other industries, construction is a specific type of project industry with certain characteristics that affect the characteristics of built products, methods of production and industry. Let us consider the main features of the

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

activities of construction companies that can affect the level of their economic security.

First of all, the activity of construction industry enterprises is largely regulated by the state. They operate based on a license, the start of construction requires obtaining a design permit, the construction process itself requires coordination with a number of services, and verification of compliance with standards and specifications, and the state has an impact on the pricing structure of the construction industry. With the entry of Ukraine into the European space, domestic construction companies are waiting for changes in legislation and the transition to a new level of technical regulation in construction. Ukraine is constantly reviewing and implementing new state building codes (DBN). In 2019, it is planned to revise 30 DBNs, which will enable the introduction of effective innovations, while on the other hand will force construction companies to make changes to their activities [6].

Minister of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine G. Zubko notes that the main risk to the development of the construction industry is corruption that occurs at different stages of the procedure: from obtaining a license to commissioning a construction site [2]. The indicated problem occurs both at the stage of commissioning of the object and during the procedures for approval of the design documentation and the allocation of land for construction. The presence of additional unofficial costs forces the owners of construction companies to go on illegal actions to fulfill the obligations that were taken to the customers in the stipulated terms [7].

In addition, construction as a licensed activity is associated with the threats of administrative pressure on the management of the company, both by officials and competitors.

Another risk in the activities of the construction industry is the risk of non-compliance with the terms of the contract. Because construction companies operate in conditions of constant uncertainty and environment variability, the probability of breach of contractual terms both from third parties and from the enterprise, itself is very high. For example, a supplier may delay the delivery of materials, or deliver materials of poor quality, or the contractor may not perform scheduled construction and installation work in time, thereby delaying the construction of the property. Accordingly, the delaying of the construction, as well as other violations of contractual conditions, causes the financial losses of the construction company.

Consequently, it is advisable to take into account the following legal risks: administrative barriers, high level of corruption, dynamic changes in the legislation, violation of licensing conditions, non-compliance with European standards, pressure from the controlling authorities, breach of contract conditions, unfair counteraction behavior, pressure from creditors, lack or non-compliance of the technical documentation.

The construction industry, possibly more than any other, is associated with the emergence of financial risks [8]. The directions of their occurrence may be both from investors, developers, and from the side of specialized contractors.

The configuration of financial risks is caused by many factors: the duration of the construction cycle; high capital intensity of products; involving third parties (usually financial intermediaries) to execute an investment project; limited resources; limited number of projects carried out simultaneously, investment dependence, availability of external conditions including the inflationary processes, permanent change in the taxation regime.

Construction is an industry that requires significant financial resources. That is why we need to use the constant sources that would allow us to attract the additional funds. As a rule, owners do not have the desire to risk their own capital in building real estate, translating financial risks to investors, which makes the construction industry dependent on investments and sources of additional capital (for example, bank loans).

The next problem related to the lack of information is the inability to obtain a complete package of information from the developer the quality of materials, reliability and durability of structures, future dates and cost of repairs. This leads to the fact that investors cannot fully appreciate the investment attractiveness of the object.

The pricing problem is that buyers cannot get proven information about upcoming operating costs in advance. This is partly because ministries do not have directories of current market prices. Instead, they use outdated resource costs. This makes it possible to enter any amount in the estimates, creating a "backlash" for corruption. In addition, Ukraine is offered to determine the cost of design as a percentage of the cost of construction. However, it is determined by the project itself. This encourages an increase in the value of an object rather than being oriented towards its effectiveness.

In addition, among the characteristics of the activity of construction enterprises the following can be distinguished: the high level of competition in the industry, considerable unprofitableness of construction enterprises and, in general, the industry sensitivity to economic changes and its dependence on demand [9].

As construction work is a long process that takes very often not more than one calendar year, it is not always possible to determine the demand for construction products and predict changes in market conditions at the time of commissioning of the facility. This threat entails the risk not only of obtaining less profit from the enterprise, compared with the planned but possibly full loss of investment in the project.

In addition, the involvement of a large number of participants in the implementation of the construction project and a large amount of capital spent on its implementation, the construction industry is considered an area for which fraudulent schemes are typical. According to the ACFE, the share of financial losses in the budget of a construction project caused by inefficient spending, misappropriation of assets, and fraud could reach 45% [10].

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

Typical fraudulent schemes are:

- excessive prices in orders for change of volumes of works;
- manipulation of completion reports;
- an increase in the volume of construction and costs, including - due to the introduction of fictitious papers into the acts of inspection of hidden works (for example, on the foundation);
- manipulation of write-off rates and reports on the use of materials;
- services of fictitious vehicles and equipment;
- excess of the required volume of purchases and fictitious purchases from affiliated companies;
- sale of fixed assets and materials at a price below market, including on credit;
- issuance of outstanding advances and financial assistance;
- financial leasing at overcharged rates through intermediary companies;
- excessive labour costs of the project and "dead souls";
- unpaid bills of subcontractors [11].

Thus, it is expedient to include the following financial risks: changes in exchange rates, inflation rate rise, interest rate changes, lack or incorrect design estimates, growth of accounts receivable and payables, fraud.

Concerning the features of production, it is expedient to allocate the uniformity of construction production, the volume and duration of production, labour intensity, significant social responsibility for the product created, a conservatism of the industry, the cyclicality of production, and dependence on suppliers of raw materials.

Performance of construction work is always accompanied by the drawing up of appropriate plans for the fulfillment of obligations in accordance with the construction contract. Deviations in work plans, changes in technology or errors in the technical documentation may lead to over-expenditures or contract breach.

The greatest risks that may arise in this area are design flaws and changes that need to be made after the start of construction. The design may be incomplete, inadequate or incorrect, and therefore the project cannot be constructed. In addition, there may be an additional risk of delay in the delivery of construction plans [12].

In connection with the use of services of contractors and subcontractors in construction, it should be noted that while using the outsourcing construction company can generate profits, this practice can be at the same time risky. Low project performance may be achieved, which will delay the implementation of the whole project or lead to a breach of contract because of disputes between subcontractors and contractors that impede the implementation of the project.

The presence of strictly regulated conditions of construction, a set of software products, which are used to calculate complex formulas for determining various kinds of loads necessitate the presence of highly qualified personnel with practical and theoretical experience in the implementation of projects that the company performs.

As a work activity, construction is characterized by an increased risk of work performed. This is due to the many reasons, such as:

- work at height;
- outdoor work (in particular, in unfavourable weather conditions);
- work with harmful and dangerous substances (including flammable and explosive materials);
- physically tense work connected with the rise of cargoes and a large number of displacements, etc. [13]

Here you can also add the need to use of a large number of different equipment, pneumatic and power tools, specialized vehicles and other units that require additional training of personnel who use them, and increased attention when working in the construction.

Thus, it is advisable to highlight the architectural and construction or production risks, which are manifested in the failure of the construction process, equipment failure, violation of the technology of construction works, involving construction workers and contractors with the low qualification, errors in design solutions and technical expertise, design changes, the use of outdated technologies and construction materials of poor quality, emergencies, violation of safety rules.

The next type of risk is natural (environmental) risks. Production in construction is always locally related and depends on physical factors such as soil and weather conditions. The natural risk in construction includes the natural disasters, accidents (including construction work), environmental pollution.

A specific type of risk for the construction industry is the risks connected with the real estate market. Features of the real estate market are its location, dependence on the state of the regional economy, low liquidity of the goods on the market, high capital market capitalization, as well as imperfection of the domestic legal framework for real estate transactions and the underdeveloped system of registration of rights to real estate and their transition, a significant gap between housing prices and incomes of the overwhelming majority of the population. In connection with them, construction companies often become objects of exposure to risks in the real estate market. These risks include changes in market conditions and prices, the emergence of alternative market proposals, increased competition, local changes in legislation and the economy.

However, the risks of economic safety of construction enterprises should be grouped into five main groups according to their nature and origin (Fig. 1). Such a classification helps to understand better the nature of these risks because it is based on their origin.

The presence of such a number of risks and their diversification requires the use of a set of management measures for these risks, they should include:

- identification of risks that are possible during a particular transaction or real estate transaction;
- qualitative and quantitative risk analysis (definition of the causes of risks and factors of increasing their probability of occurrence, stages of processes at which there may be a risk;

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

- definition of possible sizes of losses caused by this or that risk);
- determination of the possibilities of reducing the risk and expenses necessary for its prevention;
- development and implementation of measures to prevent risks, reduce the probability of their occurrence or possible losses;
- control over the implementation of necessary measures; making meaningful changes in the mechanism of their implementation.

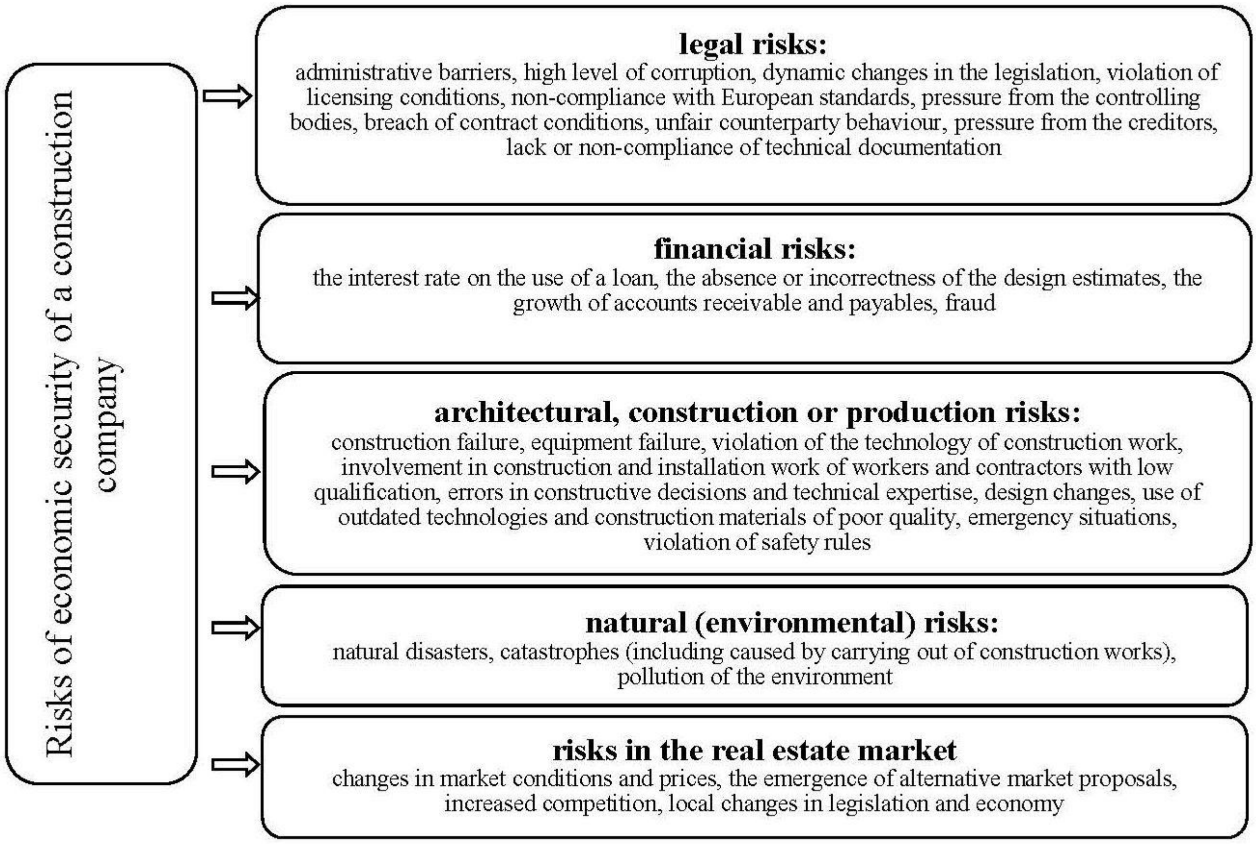


Fig. 1. Classification of risks of economic safety of a construction company by their origin

Circumstances that complicate the timely detection and prevention of risks in the construction industry can be considered the following:
- the environment of permissiveness and mutual guarantee;
- lack of proper accounting and control;
- the practice of decision-making without proper informational and analytical support of this process;
- limited access to the documents of the security company's employees;
- the lack of proper control and monitoring of the activity of the construction company as a whole, and the factors of threats, in particular.

Despite these circumstances, the identification of risks is a key step in managing and minimizing risks [14]. The main measures aimed at timely identification and response to the risks of economic security in the construction industry should be:
- analysis of the local real estate market and the situation in the industry;
- carrying out a competitive selection of project participants;
- the involvement of competent lawyers and builders for the preparation and conclusion of contracts with contractors and other market players;
- order in the law firm to conduct an examination of the rights of the contracting parties and contracts;
- introduction of a risk management system and its minimization;
- customer satisfaction analysis, work with regular, verified suppliers and contractors;
- strengthened control over the timing of the work, the creation of a reserve of capacities;
- elimination of the probable reasons for the breach of contracts;
- systematic training of employees and managers.

As to the steps to be taken to identify the risks and threats, it is important to point out that complete elimination or elimination of risks in the construction sector is practically impossible. Therefore, the main task of risk management should be to transfer them from one side to another through contractual provisions. Therefore, it is very important to identify them primarily to reduce the risks. Once this is done, it is possible to take measures aimed at preserving control and preventing possible negative consequences.

The response strategy and the choice of approach depend on the type of risk. Among the responses, it is advisable to distinguish:

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

- Avoidance of risk - the risk can be rejected by eliminating the risk, project execution in another direction, while at the same time continuing to achieve the set goals of the project. Changing the project management plan to eliminate the threat, isolating project objectives from the risk, or weaken project objectives that could lead to losses, such as increasing schedule times or reducing sales volumes [15].

- Risk transfer - Risk transfer involves searching for the other party that is ready to assume responsibility for the management and is responsible for the risk in case of its occurrence. The transmission of the threat does not eliminate it; this threat still exists, but it belongs and is managed by the other party. Risk transfer can be an effective way to deal with financial risk. The purpose is to ensure that the risk belongs and is managed by the party that is able to cope with it most effectively.

- Risk mitigation/reduce - Mitigation reduces the likelihood and/or the impact of an adverse risk event to an acceptable level. The use of early measures to reduce the likelihood and/or exposure of the risk is often more effective than attempting to repair damage after the risk has occurred.

- Risk management - this strategy aims at eliminating the uncertainty associated with a certain positive risk, creating conditions for its implementation, eliminating the uncertainty associated with a certain positive risk. The opportunity is defined as a risk event, which, if it occurs, will have a positive effect on the achievement of the project objectives.

- Distribution of risk - the ability to share its own risk with the other party, which is best able to increase its probability of occurrence and potential benefits if it is realized. The transfer of threats and the distribution of opportunities is similar to the use of the third party to whom the threats are transmitted and which assumes the responsibility with which the opportunities and potential benefits are shared.

- Adoption of risk - Ultimately, it is impossible to eliminate all threats or take full advantage of opportunities. It is possible to document them and at least ensure that they are identified and identified. This strategy is adopted when it is not possible to react to the risk by other strategies, or the reaction is not justified by the great danger. When the manager and project team decide to take the risk, they agree to address the risk when it comes.

- Emergency plan - this involves using a backup plan if there is a risk. Emergencies can also be in the form of reserves for addressing unknown risks or in the form of costs for addressing unknown risks.

- Risk monitoring is the last stage of risk management. Once appropriate measures are implemented, it is advisable to track and record their effectiveness and any changes to the project risk profile. Whether the response measures have a positive or negative impact on the achievement of the project goals? Response and its consequences should be also documented for future reference and design plans.

Taking into account the specifics of construction work, insurance is another measure to prevent risks. Insurance of construction and installation risks allows a construction organization to remove the burden of possible additional costs that not only can significantly affect the profitability of the project but also to break all construction dates. Insurance coverage may include protection not only from classical hazards such as fire, natural disasters, and civil liability to third parties, etc. but also from the purely specific risks such as designer error, use of defective materials, personnel negligence, electric shock, etc.

Conclusions

In the conditions of an unstable economic environment, the main task of management of enterprises in the construction industry is to adapt to changing external conditions and reduce the manifestation of negative factors on the activity and its financial results. Uncertainty about the impact of environmental factors and the lack of opportunity to make a reliable forecast of economic processes in the industry give rise to the risk.

To identify and manage risks, it is necessary to know the types of risks inherent in the activities of construction companies. They can be legal, financial, architectural, construction, natural, risks in the real estate market, and can be caused by both internal and external sources. This classification reflects the nature of the risks to the economic safety of the construction enterprises and gives an understanding of their origin. The next step after a preliminary analysis of potential risks should be identifying and identifying these risks and their manifestations as a whole in the activities of the construction company, as well as within individual construction projects. Construction professionals' use the methods described in the management article but do not realize it. Working with risks in this field, construction should be complex and systemic in nature, which will minimize the impact of negative factors, and enhance the impact of positive.

References

1. Vasiliev, V. M., Panibratova, Yu. P. (1997), *Management of construction investment projects :* study guide [*Upravlenie stroitelnymi investitsionnymi proektamy* : uchebnoe posobie], Publishing of the DIA, Moscow, 307 p.
2. Karpova, K. V. (2015), "Analysis of threats to the economic safety of construction enterprises" [Analiz zagroz ekonomichnij bezpetsi budivelnyh pidpryjemstv"], *Building manufacture*, Vol. 58, P. 18–20.
3. Kushniruk, A. O. (2015), "Identification of internal and external threats to the system of economic safety of construction enterprises" ["Identyficatsia vnutrishnih ta zovnishnih zagroz systemi ekonomichnoi ,ezpeky budivelnych pidpryjemstv"], *Ways of increasing the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations*, Vol. 33, P. 174–184.
4. Andrienko, V. (2012), "Specific types of threats and characteristics of economic security building enterprises" ["Spetsyfichni vydy zagroz ta osoblyvosti organizatsia zabezpechenia ekonomichnoi bezpeky budivelnych pidpryjemstv"], *Effective Economics*, No. 12.

5. Serdyuk, T. V., Solohor, V. M. (2017), "Risk Insurance in Construction" ["Strahuvania ryzykiv v bunivnytstvi"], *Materials of XLVI Scientific and Technical Conference of VNTU Departments, Vinnytsya, March 22-24*.
6. "The Ministry of Regional Development has approved new DBNs for the development of territories" ["Minregion zatverdyv novi DBN shcodo zabudovy terytorii"], available at : https://www.kmu.gov.ua/en/news/minregion-zatverdiv-novi-dbn-shodo-zabudovi-teritorij
7. "The main risk for the construction industry is corrupt, - Zubko" ["Golovnyj ryzyk budivelnoi galuzi – koruptsijnyj, - Zubko"], available at : https://www.mk-oblrada.gov.ua/news.php?news=591&group=23
8. Baloi, D. (2012), "Risk Analysis Techniques in Construction Engineering Projects", *Journal of Risk analysis and crisis response*, Vol. 2, Issue 2, P. 1–9.
9. Chekh, N. O., Vinnik, I. V. (2017), "Regulatory environment of business activities in Ukraine", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, Vol. 1 (1), P. 124–129, DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2017.1.124
10. Nasir, D., McCabe, B., Hartono, L. (2003), "Evaluating Risk in Construction-Construction Schedule Risk Model", *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 129, Issue 5, P. 518–527. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:5(518)
11. "Construction Fraud: Ukrainian Realities" ["Shahraistvo v butivnytstvi: Ukrainski realii"], available at : https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/press-room/press-release/2018/fraud-on-construction.html
12. Lyons, T., Skitmore, M. (2004), "Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey", *International Journal of Project Management*, Vol. 22, P. 51–61. DOI: https://doi.org/10.1016/S0263-7863(03)00005-X.
13. Smith, N. J., Merna, T., Jobling, P. (2006), *Managing Risk in Construction Projects, 2nd Edition*, Oxford : Blackwell Publishing, P. 1-56.
14. Ward, S. C. (2003), *Project Risk Management: Process, Techniques and Insights, 2nd Edition*, Chichester: John Wiley and Sons publication, 344 p., ISBN-13: 978-0470853559.
15. Chapman, C. B. (2013), "Risk management perspective on the project life cycle", *International journal of Project Management*, Vol. 13, Issue 3, P. 145–149. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0263-7863(95)00008-E.

Received 30.03.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Чех Наталія Олександрівна – кандидат економічних наук, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, старший викладач кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: natariathebest@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5728-804X.

Чех Наталья Александровна – кандидат экономических наук, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, старший преподаватель кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита, Харьков, Украина.

Chekh Nataliia – PhD (Economics Sciences), O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Senior Lecturer of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Auditing, Kharkiv, Ukraine.

Вершиніна Дарина Миколаївна – Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, аспірант кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: daryna1992v@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2336-7916.

Вершинина Дарина Николаевна – Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, аспирант кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита Харьков, Украина.

Vershynina Darina – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Graduate Student of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

Луб Андрій Іванович – Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, аспірант кафедри фінансово-економічної безпеки, обліку і аудиту, Харків, Україна; e-mail: alub6907@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9649-3476.

Луб Андрей Иванович – Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, аспирант кафедры финансово-экономической безопасности, учета и аудита Харьков, Украина.

Lub Andrey – O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Graduate Student of the Department of Financial and Economic Security, Accounting and Audit, Kharkiv, Ukraine.

ОСНОВНІ РИЗИКИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ, ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

В умовах нестабільного економічного середовища головним завданням менеджменту підприємств будівельної галузі стає пристосування до мінливих зовнішніх умов та зменшення прояву негативних факторів на діяльність та її фінансові результати. Невизначеність впливу факторів зовнішнього середовища та відсутність можливості здійснення достовірного прогнозу економічних процесів в галузі породжують ризик. Фактор невизначеності відіграє суттєвий вплив на діяльність будівельних підприємств, що обумовлює актуальність завдання підвищення ефективності управління ризиками на всіх стадіях життєвого циклу будівельної продукції. **Предметом** дослідження у цій роботі є особливості діяльності будівельних підприємств та їх економічна безпека. Будівельна галузь є серцевиною всієї національної промисловості, у порівняні з іншими видами економічної діяльності вона має ряд переваг, а саме: закріпленість, нерухомість, капіталоємність, матеріалоємність, тривалість створення й експлуатації та ін. У порівнянні з багатьма іншими галузями, будівництво є специфічним видом проектної індустрії з певними особливостями, що впливають на характеристики побудованої продукції, способи виробництва та промисловості. **Метою** статті є визначення основних ризиків системи економічної безпеки

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

будівельного підприємства та аналіз шляхів їх ідентифікації та управління ними. **Завданням** цього дослідження є розробка авторського підходу щодо класифікації ризиків економічної безпеки підприємств будівельної галузі та розробка рекомендацій щодо ідентифікації та управління ризиками. Використовуючи загальні логічно-аналітичні **методи**, ця стаття досліджує природу особливостей діяльності підприємств будівельної та галузі різних видів ризиків, пов’язаних з нею. У **результаті** авторами запропоновано виділяти юридично-правові, фінансові, архітектурно-будівельні (виробничі), природні (екологічні) та ризики на ринку нерухомості як основні ризики економічної безпеки підприємств будівельної галузі. Зроблено висновки щодо основних особливостей діяльності будівельних підприємств та природи ризиків у їх функціонуванні.

Ключові слова: економічна безпека; будівництво; ризики; фінансові ризики; будівельні підприємства; ідентифікація ризиків.

ОСНОВНЫЕ РИСКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ, ИХ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ

В условиях нестабильной экономической среды главной задачей менеджмента предприятий строительной отрасли становится приспособление к изменяющимся внешним условиям и уменьшения проявления негативных факторов на деятельность и ее финансовые результаты. Неопределенность влияния факторов внешней среды и отсутствие возможности осуществления достоверного прогноза экономических процессов в области порождают риск. Фактор неопределенности играет существенное влияние на деятельность строительных предприятий, обусловливает актуальность задачи повышения эффективности управления рисками на всех стадиях жизненного цикла строительной продукции. **Предметом** исследования в данной работе являются особенности деятельности строительных предприятий и их экономическая безопасность. Строительная отрасль является сердцевиной всей национальной промышленности, по сравнению с другими видами экономической деятельности она имеет ряд преимуществ, а именно: закрепленность, недвижимость, капиталоемкость, материалоемкость, продолжительность создания и эксплуатации и др. По сравнению со многими другими отраслями, строительство является специфическим видом проектной индустрии с определенными особенностями, которые влияют на характеристики построенной продукции, способы производства и промышленности. **Целью** статьи является определение основных рисков системы экономической безопасности строительного предприятия и анализ путей их идентификации и управления ими. **Задачей** данного исследования является разработка авторского подхода к классификации рисков экономической безопасности предприятий строительной отрасли и разработка рекомендаций по идентификации и управления рисками. Используя общие логико-аналитические **методы**, эта статья исследует природу особенностей деятельности предприятий строительной и области различных видов рисков, связанных с ней. В **результате** авторами предложено выделять юридически-правовые, финансовые, архитектурно-строительные (производственные), природные (экологические) и риски на рынке недвижимости основные риски экономической безопасности предприятий строительной отрасли. Сделаны выводы относительно основных особенностей деятельности строительных предприятий и природы рисков в их функционировании.

Ключевые слова: экономическая безопасность; строительство; риски; финансовые риски; строительные предприятия; мошенничество.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Чех Н. О., Вершиніна Д. М., Луб А. І. Основні ризики економічної безпеки підприємств будівельної галузі, їх ідентифікація та управління ними. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 113–120. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.113.

Chekh, N., Vershynina, D., Lub, A. (2019), "The main risks of economic security of the construction industry enterprises, their identification and management", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 113–120. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.113.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

UDC 339.92 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.121

A. SHAPOVAL

THE CURRENT STATE OF THE TRANSNATIONALIZATION OF THE ECONOMY AND ASPECTS OF THE TRANSNATIONAL CORPORATION'S GROWTH

The **subject** matter of the article is the theoretical and practical aspects of growth, expansion, and functioning of the transnational corporations against the backdrop of the modern transnationalization of the economy. The **aim** of the work is to research the transnationalization of the economy and to identify the main factors of growth and development of modern transnational corporations. The following **tasks** were solved in the article: analysis of the level of transnationalization of the economy; definition of modern geographical diversification of TNCs; research the theoretical foundations of corporate growth; creation of practical evidence of a theoretical basis on modern databases; analysis of the influence of the elements of the expansion of TNCs on their profitability. The following **methods** are used: the graphic method, the statistical method, the comparative method, the index method. The following **results** were obtained: the level of transnationalization of the world economy in dynamics over the past years has been revealed, which is characterized by a stagnant situation from 2014. The study of the transnationalization of individual economies shows a certain approach of the leaders to the more similar indicators. This trend demonstrates the importance of geographical diversification for TNCs. The relationship between the profit and the using of various specific expenses was discovered. It has been revealed that R & D, as a component cannot independently provide the sufficient competitive advantages to the ever-growing technological solution of global competitors. The need for the existence of specific capabilities of the company due to the proper management in the geographical structure is confirmed. It is noted about the change in the local position of both the parent companies and affiliates of TNCs, which leads to transnational competition between countries. The need of simultaneous use of multiple methods of growth is noted. **Conclusions**: the studied at the work theoretical and practical aspects demonstrate the importance of each element of the TNCs. The expenses of corporations are necessary for the development and expansion of activities. Marketing costs, migration force, R & D costs, geographic diversification management make it possible to use the potential of companies more widely while simultaneously using different methods. Practical consideration has allowed to determine that the maximum result is achieved by a combination of several elements of growth, thereby creating so-called "profitable giants."

Keywords: transnational corporations; marketing expenses; R&D; geographical diversification.

Introduction

The development of the economic sphere is characterized by the continuous growth of the role of transnational corporations. The theoretical understanding and the practical study of the existence of transnational corporations on the basis of their constant growth can predict possible benefits not only at the level of the parent company but also at the state level. Over the past decades, the basic legal forms of ownership have been created and improved. This allows continuing to offer organizational decisions that enable TNCs to keep their current leading positions in comparison with national companies.

Analysis of recent research and publications

The subject of the article was considered by various representatives, both from a theoretical and a practical point of view. New insights on the development of TNCs and the expansion of influence were studied by Solomon Picciotto [1]. The researcher examined the opportunities for TNCs to grow through the creation of specific opportunities in the form of allocation of resources for international tax planning in order to avoid double taxation and create conditions for the introduction of transfer prices. The development of specific opportunities in recent years is also based on research on the benefits of migratory force.

An important approach to the development of TNCs for today's researchers on this topic was the allocation of strategically properly managed management. This is represented as the creation of a TNC differential network to provide specific functions of individual affiliated subsidiaries performing independent work to complement and integrate into core activities. This schematic image was considered by Heinz Thüßelmannakim, Edvard Gilmor [2] and others [3].

Thus, modern researchers of the theoretical approaches to the expansion of TNCs on the basis of transfer pricing, avoidance of double taxation and the use of FDI for R & D, marketing components are Solomon Picciotto, Stephen R. Buzdugan, Heinz Tyselemann, Edvard Gilmor, Ulf Andersson and Nusan Memar and others.

Identification of previously unsettled parts of the general problem

Despite a large number of explored approaches and methods for analyzing the expansion and functioning of TNCs, there is a constant need to focus on the new research and the basic theory transferred to the practical basis.

The purpose of the work is to study the transnationalization of the economy and the disclosure of methods for the expansion and growth of TNCs, modelling the relationship of the theoretical basis with the practical results.

Presentation of the main research material

In the studies of the theoretical basis for the transnationalization of the economy, the most commonly used method is the transnationalization index for a particular country. This index in this study is used to trace the dynamics of the ratio of FDI to GDP at the global level. The index of transnationalization of the world economy takes on the following form:

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

$$Index\ of\ transnationalization = FDI_{world} \ /\ GDP_{world}\ , \quad (1)$$

where *Index of transnationalization* – index of transnationalization of the world economy; FDI_{world} – foreign direct investment in the global economy; GDP_{world} – world gross domestic product.

The dynamics of the index of transnationalization from 2000 to 2018 inclusive is shown at fig. 1, with an interval of four and two years.

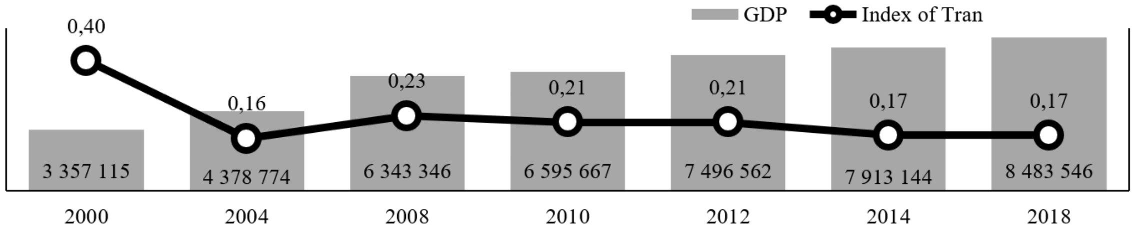


Fig.1. The dynamics of the global index of transnationalization,% and billion dollars USA

The source is calculated and compiled by the author on the basis of statistical indicators [4].

According to the data shown in the figure, it is possible to note that there is no stabilization trend of the transnationalization index at the global level, resulting in constant volatility trends. An interesting period in this study is the actual value for 2000 when there is a significant increase and peak in the period under review. It is possible to characterize this as a certain boom in the transfer of production and the geographical diversification of corporations for the sake of profit. It is also characterized by the expansion of entrepreneurial activity and the creation of financial agglomerates to expand the monopoly power of banking institutions. This provoked a further decline in the index value in a few years due to the closure of non-profit affiliates.

In 2018 there has been some modest growth rate that can not be described as an unusual situation. During 10 years the period of the global crisis is a small oscillating trend toward growth or decline.

The United States, China, along with Hong Kong and Japan, are countries that are represented as a base of the transnational movement. The theoretically-formed part allows us to investigate this tendency on practical indicators, confirming or refuting the initial statement of their leading position.

The results of calculating the transnationalization index for the respective countries in the dynamics are shown in table 1.

Table 1. *The dynamics of the transnationalization index of the USA, China, Japan, and the EU*

Country/Year	2000	2006	2012	2018
USA	8,6	5,1	3,9	4,4
China	13,9	12,8	10,7	8,1
Japan	0,3	-0,2	0,1	0,2
EU	30,1	18,3	14	6,9

The source is calculated and compiled by the author on the basis of statistical indicators [4]

According to the dynamics of the indicator in the above countries, the table shows a similar situation to the global scale. The highest value in the four regions was achieved in 2000, which subsequently led to a sharp, further more gentle decline. The leader in the calculated indicator of the transnationalization of the economy is the EU as a region. However, when considering the countries of the Union separately, the study will acquire a different characteristic. Among the single countries in 2018, it is inappropriate to single out only one leader. The indicator is similar in all cases except Japan. This situation is confirmed by the location of TNCs in the countries provided, significantly changing the diversification from 2000 to 2018.

The review of General information on transnationalization, its indicators, the study of the structure and rating lists of TNCs make it possible to move on to more General information on foreign direct investment (FDI) flows demonstrated by the fig. 2.

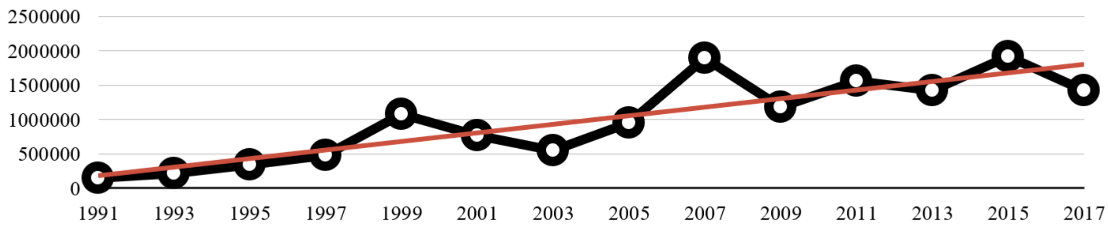


Fig.2. Dynamics of FDI flow, million dollars USA

Source: compiled based on statistical data [5]

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

From the research data of the period from 1991 to 2017, with an interval period of 2 years, there is an upward trend until 1999. After 1999, the fluctuating trend is noted without constant constant growth or decrease. The maximum value of FDI flows was noted in the pre-crisis year, in 2007. After that, there was a sharp decline in this indicator.

According to the announcements of the UN Conference on Trade and Development for 2018, again the decline in the flow of FDI. Thus, world foreign direct investment fell by 19% in 2018 to an estimated 1,2 trillion USD, from 1,47 trillion USD in 2017 The decrease was due to elemental changes in developed countries, where the inflow of FDI dropped by 40% to 451 billion USD, mainly due to the large repatriation of accrued income by international US companies after tax reforms. This led to a decrease in flows to European countries [6].

After examining the general situation regarding the transnationalization of the economy, it is possible to move directly to the next element of the study - the theoretical and practical aspects of the growth of transnational corporations. Most of the theoretical research by different authors develop the bases, completing them with new observations. In general, according to the combined data of materials, three scientific directions of growth of FDI and TNCs are allocated :

- specific advantages;
- the dynamism of opportunities;
- knowledge pooling [7-9].

The first element of strategic expansion is the direction concerning the company's special advantages. Mainly, this aspect is based on technological advances. Technological equipment allows to accelerate the FDI turnover at constant restoration and slow down at a certain stagnation [5–6], being a necessity for geographical diversification in foreign markets.

An interesting addition to this expansion theory by improving the technological basis is the results of Buckley and Cason's research based on the work of Edith Penrose. The importance of entrepreneurial opportunities for the disclosure and use of investment opportunities in the environment is important [1-3]. Diversification takes place when taking into account two main components: research and development (R & D) and results from product innovation (focusing on the development within marketing and through marketing).

Buckley and Cason [7-8] noted insufficient Penrose's consideration of R & D. In their work Buckley and Cason argue that R & D helps the company to grow, while the researcher claims about the equality of the simultaneous growth of R & D expenditure and growth of TNCs [4-8]. As a result of these studies, a schematic illustration of the transformation of TNCs into R & D costs was created (fig. 3).

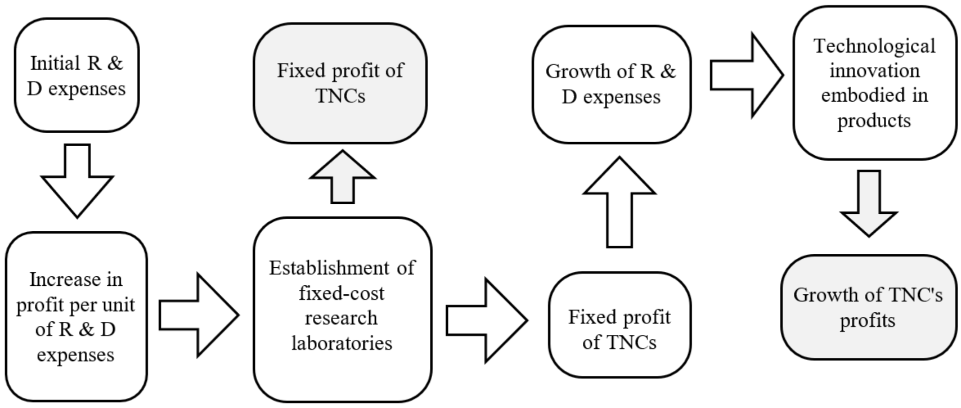


Fig. 3. Impact of R & D expenditures on corporate profits

Source: compiled by the author based on data [7-11]

There are two directions of development of the company with the use of the costs of specific benefits, which is contained in R & D. In the first direction, there is an increase and profit recording relative to the cost of technological equipment, while the other shows the growth and dependence of TNCs on these investments..

In addition, researchers note the stimulation of R & D diversification within the corporation, as technological attachment leads to the spread of knowledge from one product to another. The flow of technological innovation, especially in rapidly changing industries, ultimately determines the growth rate at the firm level [7, 9-11]. The lack of constant and systematic replenishment of technological knowledge, based on investment in R & D, will significantly limit the growth of the corporation, even in spite of the existence of other specific competitive opportunities. The company's growth rate is determined by a trade-off between improving the quality of products and increasing the cost of R & D.

The work of Buckley, Cason and Penrose is that the growth of TNCs must take into account both geographic diversification into new markets and product innovation. Approval of Penrose was based on the fact that geographical diversification into new markets is a set of "assistive empirical assumptions". Today, such assumptions may include trade and investment barriers, national regimes of property rights and the political situation, dependence on the commodity market, etc. [5-7]. Organizational management decision considers these aspects as possible factors of influence, and not as the basis on which the development model is being built in order to use the opportunities of the external market.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

The experience of Penrose allows us to conclude on the construction of a TNC system based on marketing strategic decisions [5-6]. Marketing, as a component, cannot independently provide sufficient competitive advantages to the ever-increasing technological solutions of global competitors. Investments in R & D is an integral part of the growth of any corporation. The rating of corporations for R & D expenditures is shown in table 2.

Table 2. *Rating of corporations for R & D expenses, billion dollars USA*

No.	Corporation	Field	Period		
			2012	2015	2018
1	Amazon.com, Inc.	Retailer	2,9	9,3	22,6
2	Alphabet Inc.	Software and services	5,2	9,8	16,2
3	Volkswagen	Cars and components	8,7	13,9	15,8
4	Samsung	Technology and equipment	9,3	13,9	15,3
5	Intel Corporation	Semiconductors and semiconductor equipment	8,4	11,5	13,1
6	Microsoft Corporation	Software and services	9,8	12	12,3
7	Apple Inc.	Technology and equipment	2,4	6	11,6
8	Roche Holding AG	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	8,5	10,2	10,8
9	Johnson & Johnson	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	7,5	8,5	10,6
10	Merck&Co., Inc.	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	8,5	7,2	10,2
11	Toyota	Cars and components	7,3	9,5	10
12	Novartis AG	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	10,2	9,7	8,5
13	Ford Motor Company	Cars and components	5,3	6,7	8
14	Facebook, Inc.	Software and services	0,4	2,7	7,8
15	Pfizer Inc.	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	9,1	8,4	7,7

Source: [11]

There is an increase in spending over the period 2017-2018 for the research and development of almost all representatives of the first 15th rating. Most of the corporations with significant R & D investments are represented by US representatives. The sphere of corporations dominates the pharmaceutical sphere. It has a fairly standard explanation: the pharmaceutical sector requires continuous improvement of the means of treatment, the development of biotechnology and genetic engineering. The research of corporations' expenditures for R & D and income in 2018 is shown in table 3.

Table 3. *R & D expenses and corporation revenues in 2018, billion dollars USA*

No.	Corporation	Field	R&D	Profit
1	Amazon.com, Inc.	Retailer	22,6	232,8
2	Alphabet Inc.	Software and services	16,2	136,8
3	Volkswagen	Cars and components	15,8	230,7
4	Samsung	Technology and equipment	15,3	218,17
5	Intel Corporation	Semiconductors and semiconductor equipment	13,1	70,8
6	Microsoft Corporation	Software and services	12,3	110,36
7	Apple Inc.	Technology and equipment	11,6	265,5
8	Roche Holding AG	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	10,8	56,8
9	Johnson & Johnson	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	10,6	81,5
10	Merck&Co., Inc.	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	10,2	42,2
11	Toyota	Cars and components	10	264,4
12	Novartis AG	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	8,5	53,1
13	Ford Motor Company	Cars and components	8	160,3
14	Facebook, Inc.	Software and services	7,8	55,8
15	Pfizer Inc.	Pharmaceuticals, biotechnology and natural Sciences	7,7	53,6

Source: [6, 11-12]

An interesting trend is that corporations with lower annual income are more likely to be allocated to research and development, which is more than 14% of average revenue. While the "giants of profit" invest in R & D only more than 5% of annual income. However, in actual terms, "profitable giants" are not inferior, being at about the same level.

The representatives of the pharmaceutical and biotechnology spheres mostly spend more than 14% of annual income. This situation is justified by the logic of the existence of such corporations: the constant improvement of pharmaceuticals, the development of genetic engineering, the discovery of new substances, etc. Competition in this area requires constant development and significant technological improvement.

Thus, there is a certain tendency to R & d expenditures by corporations in the amount of about 12% of annual income.

However, in spite of the fact that in relative terms the "profitable giants" invest almost 10% less in R & D, this does not overlook the level of actual indicators. The constant growth of annual income allows us to conclude that the confirmation of the theoretical growth of TNCs is not only based on the assumptions of Kylie and Bailey (R

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

& D), but also on the assumptions of Penrose. Determines the importance of the internal development of TNCs through marketing. Corporations, for example, Apple, Toyota, Samsung, Volkswagen spend a lot of money on the marketing component. According to the 2017 rating, published at the end of 2018, Samsung is among the top five corporations that spend significant advertising spending, heading this list. The expenses of corporations for marketing steps in 2017, is shown in the table 4.

Table 4. *The expenses of corporations for marketing steps in 2017*

No.	Corporation	Field	billion dollars USA	%
1	Samsung	Technology and equipment	11,2	4,3
2	Alphabet	Software and services	5,1	4,6
3	Pfizer	Pharmaceuticals, biotechnology, natural Sciences	2	3,8
4	Amazon	Retailer	3,3	1,8
5	Johnson & Johnson	Pharmaceuticals, biotechnology, natural Sciences	1,9	2,4

Source: compiled by the author on the basis of data [12]

The "financial giants" invest a significant part of the annual revenue in the marketing steps to promote their product. However, it is also possible to see that in the total size of the annual income of the investigated corporations does not vary significantly in the relative value of the corporation to the corporation. This confirms the necessity of the existence of specific features of the company not only in one of the elements but in the combination of R & D and marketing as a common element of the internal development of the corporation.

The second direction of TNC growth is the dynamism of opportunities. Different scientists studied and regulated different approaches. The Penrose model has been certified for intentional knowledge upgrades [5].

Steen and Leashe argue that MNCs are developing the higher-order capability for managing resources under their control [7-8]. In general, all models of authors are largely based on the assessment, addition, and expansion of the well-known Dawning's paradigm. This concept is based on three main elements of transnationalization: ownership, internalization and location advantages.

The dynamism of opportunities is reflected by the new factors in the form of tax avoidance and transfer pricing. By Solomon Picciotto, tax avoidance gives transnational corporations the ability to allocate resources to international tax planning [1]. Strategies acquire the two generalized ways. First, the main methods of tax evasion are the creation of "core companies" in jurisdictions with low tax. Secondly, the activity of TNCs is differentiated by function. Branches whose profits are subject to high tax rates are treated as those that carry out "low risk" production, distribution, or research functions and are attributed to "standard" profit rates, typically using a one-way transfer pricing method [1].

The expansion of TNCs activity through the dynamism of opportunities under the old theoretical basis is the subject to internationalization, and, according to the new analytical research, the tax avoidance and the transfer pricing is added.

The development of the differentiation of the TNC network leads to the modernization and deepening of FDI. This statement is proved and analyzed in the work of Stephen R. Buzdugan and Heinz Tyselemann. TNCs increase their specialization in the TNC network and create a differentiated network of subsidiaries in order to maximize competitive advantages by developing their contributions to meet the strategic objectives of the parent company [2]. As a result of this development, the authors summarize the information on the need for the existence of the mandate and strategic autonomy of branches for deep implementation, the development of the main areas of activity, the implementation of specialized functions.

Edward Gilmor, Ulf Andersson and Nusan Memar have similar views. An additional element to similar theories is the uniqueness and independence of the branch due to FDI invested in R & D. The parent company provides investment and responsibility to one of the subsidiaries for certain research activities. This responsibility requires the subsidiary not only to use its own capabilities but also to integrate the research and development mandate into its existing portfolio and resources that are in the internal and external environment of the subsidiary to promote the overall growth of the TNCs [3].

The third element in the growth of FDI and TNCs is a knowledge pool of placement, international transfer, especially through international human resource management as a prerequisite for growth. Human resources play an important role, which in a sense is an entrepreneurial potential that is critical to diversification and growth, as well as the size of a management team that sets the limits of the firm's growth rate.

As a result of these assumptions, researchers, for example, Tang and Mahoni, and Beamish and Gorzen noted the importance of migrant force. Researchers believed that migrants represent links between important knowledge between geographically dispersed centers of economic activity within the TNCs. Expatriates facilitate the exchange of knowledge transmitted internationally from a parent company with knowledge of location located in the host country's management, and this merger has a positive effect on the sustainable growth potential of MNCs, at least at the initial stage of the conquest of the new market [3, 13].

Migration is not only a process of transferring productive factors between countries, but also affects aggregate productivity through interaction with TNCs, resulting in an intraindustry redistribution of market share to more productive firms. Moreover, migration reduces the variable costs of offshore TNCs and leads to more types of available for consumers. Both channels contribute to an increase in global production efficiency [7, 3, 13]. Thus, in addition to welfare growth through

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online)

openness to TNCs, migration encourages further achievements.

At the same time as the existence of the theoretical bases for the expansion and functioning of transnational corporations, the question arises of the geographical basis. Localization is considered by researchers as a certain aspect of management and strategic planning for efficiency improvement. Suitable research of the theoretical basis for the expansion and functioning of transnational corporations is geographic diversification, which is often overshadowed by researchers in the writings. Thus, according to Forbes magazine [14], which lists the largest 2,000 TNCs, 61 countries are represented among the functioning. According to the rating in the United States, there is the largest number of companies based there, reaching a total of 575 pieces. The second position belongs to China and Hong Kong with 309 companies, followed by Japan with 223 corporations. Even with this source of rating lists, it is possible to observe a significant approximation to more similar rates by location, which is significantly different from the first publication in 2003. The statistical changes in the number of corporations by countries are shown in fig. 4.

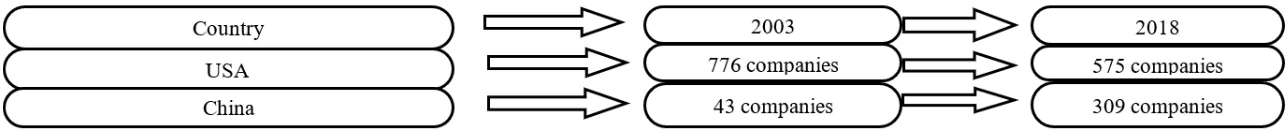


Fig. 4. Leading countries for the formation of TNCs

Source: compiled based on data [14]

According to the data of 2018, the trend is to place the parent companies not only in the United States but also in China and Japan. This situation shows the growing role of the two last countries on the international scene with the following factors:

a) technology development;

b) state support for both the formation of TNCs and the partial ownership of the shares of large corporations;

c) reformed tax system.

At the same time, the tendency for localization changes focuses on the transnational competitive concept. American brand space is characterized by quality and redundancy of offerings on the example of Apple, Google, Coca-Cola, Microsoft, etc. Nevertheless, in 2018, the dominance of American brands in the world market is decreasing. From Samsung to Toyota to Mercedes Benz, companies in Europe and Asia are destroying the cost reduction system by offering goods at a stable price [15].

The biggest competitive pressure of US multinational corporations in 2018 is felt by the Asia-Pacific region, which is now constantly opening new markets in developing countries. Here, the main representatives are two Chinese companies, Haier and Kelon, which are becoming the leading competitors for the well-known American brands Whirlpool and Maytag. At the same time, the South Korean brands, Samsung, LG and Hyundai, began to appear in the arena in new categories for themselves, such as smartphones, home appliances and cars [15].

The leaders in the ratings of TNCs have a direct influence to the processes of transnationalization. They form a foundation and set the level of development in their spheres as leaders and innovators. Various ratings review the list for a variety of key indicators, so Global 500 Fortune considers profitability as the "Global 2000: The World's Biggest Public Companies" rating is published in terms of profitability.

Table 5 shows the first 10 companies for profitability by the end of 2018.

Table 5. *Top 10 TNCs ranked for yield in 2018*

No.	Corporation	Field	Billion dollars USA
1	ICBC	Finance	45,2
2	JPMorgan Chace	Finance	32,7
3	China Construction Bank	Finance	38,8
4	Agricultural Bank of Chins	Finance	30,9
5	Bank of America	Finance	28,5
6	Apple	Technologies	59,4
7	Ping An insurance Group	Insurance	16,3
8	Bank of China	Finance	27,5
9	Royal Dutch Shell	Oil production	23,3
10	Wells Fargo	Finance	23,1

Source: compiled based on data [15]

According to the ranking, presented by "Global 2000: The World's Biggest Public Companies" [15], leading profits are led by the financial corporations. The Industrial and Commercial Bank of China (IISC) is ranked first in the ranking for seven consecutive years. The remaining four largest Chinese banks represented the top ten, while JPMorgan Chase climbed to second place due to higher profits and significant tax cuts.

Position leader has an interesting feature of this position. Thus, ICBC has a significantly higher interest margin than international companies [4, 17]. Focusing on business through the use of individuals as important

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

customers allowed the bank to create a solid client base inside the bank. The state guarantee provided credibility to the banking system. This has led to the expansion of its own base on the international arena. The outbreak began by investing in significant projects and enterprises supported by government agencies of other countries to stabilize and reduce the risks of the investment portfolio [17]. Thus, this type of expansion of TNC activities may characterize the transition of the national company to the international level, and with the year to the transnational through the development of the marketing base as a client-oriented different types.

In the above local competition between the United States and other areas for the location of subsidiaries of TNCs, it is also worth considering the placement of affiliated companies as interconnections between different "platforms". The location of foreign (American) affiliates in the European territory is reflected in fig. 5.

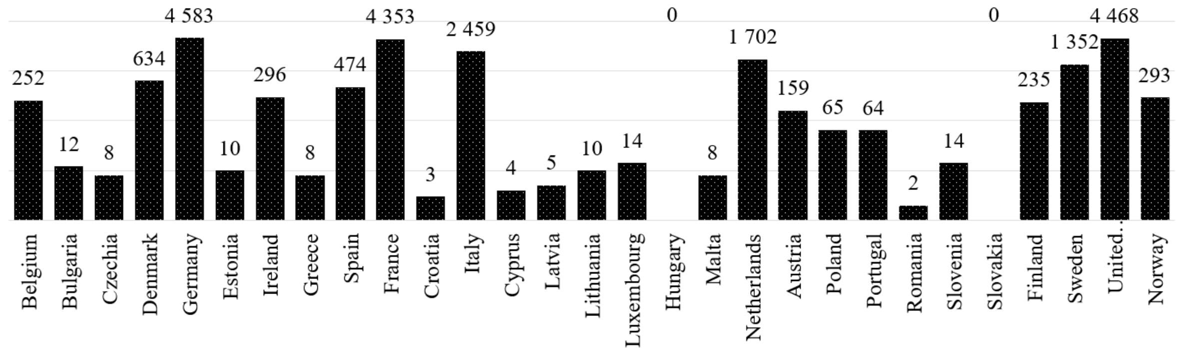


Fig. 5. The number of American affiliates in the EU-28 in 2018

Source: compiled by the author based on data [4]

The given at the Figure data allows you to analyze the location of TNC affiliates from US parent corporations in Europe. The largest branches in 2018 from US transnational corporations are located in the UK, Germany and France. This trend is bilateral, but to confirm the impact on the region's profits in each country, one should consider separately the result of the absolute indicator - the profits from American branches of TNCs in the territory of Great Britain, Germany and France, as shown in table 6.

Table 6. *Statistics for TNC affiliates in France, Germany and the UK in 2018*

Country	Profit in million Euros	Working places	Quantity
France	247 957	660 099	4 353
Germany	512 720	773 942	4 583
Great Britain	200 226	488 846	4 468

Source: compiled according to the data [4]

The data in the table allows us to conclude that the study of the three countries has a significant profit form the activities of their American transnational corporations. At the same time, it allows for an increase in the number of jobs, which allows to some extent maintain unemployment within the permissible values for Germany and Great Britain.

From the data above, it is noticeable that, despite a large number of affiliated branches in Britain, there is a significantly higher income in Germany. This situation requires more attention. Firstly, in Germany, there are clearly defined rules in the legislation regarding branches and subsidiaries of foreign missions. Secondly, the continuous improvement of the technological sphere makes it more expedient to use existing German equipment and equipment. Germany remains an attractive investment for American companies. In fiscal 2018, 77% of US corporations recorded sales growth, 82% believed that a positive trend in 2019 would continue, 61% planned to expand their business in Germany over the next three to four years. American companies in Germany appreciate the qualifications of workers, the potential of the sales market and infrastructure. They critically assess corporate taxation and labor costs [4, 16].

In considering the situation regarding TNCs, it is necessary to consider not only the placement of affiliates from US multinational corporations but also in the opposite direction. A positive picture is observed for German companies in the USA. Positive results of the year are accompanied by optimistic forecasts for the next year. Thus, 80% expect an increase in employment and 55% expect an increase in investment. At the same time, 70% want to strengthen their relationship with the US over the next three to four years. German companies in the US are positively evaluating the high potential of the market, taxation and favourable conditions for start-ups, entrepreneurship [4, 16].

In general, such a study leads to the conclusion that the mutual location between countries with respect to TNCs allows to get benefits for each party, despite the general opinion of the existence and benefits of only American and Chinese TNCs.

Conclusions

The transnationalization of the economy will be quite significant in 2018. The countries of the transnational index are the United States, China, and the

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

European region as the only research element. The development of TNCs on a theoretical basis takes place as a process characterized by the transition of a national company due to the specific advantages and dynamic capabilities of the TNCs. The basis of a transnational corporation is the constant expansion of FDI. The direction of investing in the field of development and research leads to the creation of constantly new potential. Addition to the cost of research and development is the cost of marketing, which allows to increase the profit of corporations. Recent research suggests that TNCs are an element of growth - avoiding taxation, which affects the process of creating transfer pricing. At the same time, the important point is the use of migrant force as an element of the growth of TNCs in the use of knowledge. Consideration of the geographical location of TNCs allowed investigating the movement of a central location from the United States to China and European countries, replacing the American brand monopoly in the markets. Practical consideration has allowed determining that the maximum result is achieved by a combination of several elements of growth while creating so-called "profitable giants".

References

1. Statistics. Official site [Statistics. Official site], World Bank Open Data, available at : https://data.worldbank.org
2. "Global 2000 The World's Largest Public Companies", *Forbes,* 2019, available at : https://www.forbes.com/global2000/#7c6e016c335d.
3. Global 500 Fortune, available at : http://fortune.com/global500/
4. Buckley, J., Stephen, P. *Hymer: Three phases, one approach?*, available at : https://econpapers.repec.org/article/eeeiburev/v_3a15_3ay_3a2006_3ai_3a2_3ap_3a140-147.htm
5. Verbeke, A. Edith Penrose and the future of the multinational enterprise: New research directions, available at : https://ideas.repec.org/a/spr/manint/v47y2007i2d10.1007_s11575-007-0008-2.html
6. Pitelis, C, N. *Globalization, Development, and History in the Work of Edith Penrose*, available at : https://www.researchgate.net/publication/231869464_Globalization_Development_and_History_in_the_Work_of_Edith_Penrose
7. Xiong, G. (2018), *The Impact of MNCs' R&D Centers Aggregation Level on Regional Innovation Capability*, Gege Xiong, available at : https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/394/4/042030/pdf
8. The 2018 Global Innovation 1000 study, Official site "PwC", 2018, available at : https://www.strategyand.pwc.com/innovation1000#GlobalKeyFindingsTabs1|VisualTabs1, Official site "AdAge", Statistical Indicators of Marketing Costs [Statystychni pokaznyky vytrat na marketynh], available at : https://adage.com/help/datacenter?msg=You+must+be+a+DataCenter+Subscriber+to+access+this+file
9. Picciotto, S. (2018), "International tax, regulatory arbitrage and the growth of transnational corporations", *Transnational Corporations,* available at : https://unctad.org/en/PublicationChapters/diaeia2018d5a3_en.pdf
10. Buzdugan, S R., Tüselmann, H. (2018), "Making the most of FDI for development: "new" industrial policy and FDI deepening for industrial upgrading", *Transnational Corporations*, available at : https://unctad.org/en/PublicationChapters/diaeia2018d3a1_en.pdf
11. Gilmore, E., Andersson, U., Memar, N. (2018), How subsidiaries influence innovation in the MNE value chain, available at : https://unctad.org/en/PublicationChapters/diaeia2018d3a4_en.pdf
12. Cuhlova, R. (2014), "Employing highly skilled professionals in multinational corporations", available at : https://www.researchgate.net/publication/269231864_Employing_highly_skilled_professionals_in_multinational_corporations
13. Wang C.-K. (2014), *Bilateral Migration and Multinationals: On the Welfare Effects of Firm and Labor Mobility*, available at : https://www.bu.edu/econ/files/2012/11/Bilateral-Migration-and-Multinationals.pdf
14. Global 2000 The World's Largest Public Companies, *Forbes,* 2019, available at : https://www.forbes.com/global2000/#7c6e016c335d
15. "The Impact of Multinational Corporations", *Competing in the Global Marketplace*, available at : https://opentextbc.ca/businessopenstax/chapter/the-impact-of-multinational-corporations/
16. *ICBC History*, Official site "Industrial and Commercial Bank of China", available at : http://www.icbc-ltd.com/icbcltd/About%20Us/ICBC%20History/

Received 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Шаповал Анастасія Віталіївна – Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, студентка магістратури спеціальності "Міжнародні економічні відносини", Одеса, Україна; e-mail: shastia96@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4100-2013.

Шаповал Анастасия Витальевна – Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, студентка магистратуры специальности "Международные экономические отношения", Одесса, Украина.

Shapoval Anastasiia – Odesa I. I. Mechnikov National University, Student of the Master's Degree in the Specialty "International Economic Relations", Odessa, Ukraine.

СУЧАСНИЙ СТАН ТРАНСНАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЧИННИКИ ЗРОСТАННЯ ТРАНСНАЦІОНАЛЬНИХ КОРПОРАЦІЙ

Предметом дослідження в статті є теоретичні та практичні аспекти зростання, розширення та функціонування транснаціональних корпорацій на тлі сучасної транснаціоналізації господарського простору. **Мета** роботи – аналіз особливостей транснаціоналізації світового господарства та виявлення основних чинників зростання й розвитку сучасних транснаціональних корпорацій. В статті вирішуються наступні **завдання**: аналіз рівня транснаціоналізації економіки;

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

визначення сучасної географічної диверсифікації ТНК; дослідження теоретичних основ зростання корпорацій; створення практичних підтверджень теоретичної основи на основі аналізу сучасних баз даних; розгляд впливу елементів розширення ТНК на їх дохідність. Використовуються такі **методи**: графічний метод, статистичний метод, порівняльний метод, індексний метод. Отримано наступні **результати**: виявлено рівень транснаціоналізації світового господарства в динаміці на протязі останніх років, що характеризується стагнаційною ситуацією від 2014 року. Дослідження транснаціоналізації окремих економік свідчить про певне наближення країн лідерів до більш схожих показників. Така тенденція свідчить про важливість географічної диверсифікації для ТНК. Було виявлено взаємозв'язок дохідності фірми при використанні різних витрат. При розгляді показників дохідності констатується зростання розміру від витрат на НДДКР та маркетинг. Виявлено, що НДДКР, як складова, не може самостійно забезпечити достатні конкурентні переваги постійно зростаючим технологічним рішенням глобальних конкурентів. Підтверджено необхідність існування специфічних можливостей компанії при використанні правильного менеджменту в географічній структурі. Зазначається про зміну локального розташування як материнських компаній так і філій ТНК, що призводить до транснаціональної конкурентної боротьби між країнами. Зазначено про важливість одночасного використання декількох методів зростання корпорацій. **Висновки**: дослідженні теоретичні та практичні основи в роботі свідчать про важливість кожного елементу управління ТНК. Витрати корпорацій необхідна складова розвитку та розширення діяльності. Маркетингові витрати, міграційна сила, витрати на НДДКР, географічний диверсифікаційний менеджмент дозволяють використовувати потенціал компаній більш широко при одночасному використанню різних методів. Практичний розгляд дозволив визначити, що максимальний результат досягається запорукою поєднання декількох елементів зростання створюючи при цьому так званих "дохідних гігантів".

Ключові слова: транснаціональні корпорації; маркетингові витрати; НДДКР; географічна диверсифікація.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАНСНАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ И ФАКТОРЫ РОСТА ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ

Предметом исследования в статье являются теоретические и практические аспекты роста, расширения и функционирования транснациональных корпораций на фоне современной транснационализации экономики. **Цель** работы – анализ особенностей транснационализации мирового хозяйства и выявление основных факторов роста и развития современных транснациональных корпораций. В статье решаются следующие **задачи**: анализ уровня транснационализации экономики; определение современной географической диверсификации ТНК; исследование теоретических основ роста корпораций; создание практических подтверждений теоретической основы на основе анализа современных баз данных; рассмотрение влияния элементов расширения ТНК на их доходность. Используются следующие **методы**: графический метод, статистический метод, сравнительный метод, индексный метод. Получены следующие **результаты**: выявлен уровень транснационализации мирового хозяйства в динамике на протяжении последних лет, который характеризуется стагнационная ситуацией от 2014 года. Исследование транснационализации отдельных экономик свидетельствует об определенном приближении стран лидеров к более похожим показателям. Такая тенденция свидетельствует о важности географической диверсификации для ТНК. Было обнаружено взаимосвязь доходности фирмы при использовании различных спецефических расходов. При рассмотрении показателей доходности констатируется рост размера от вложения в НИОКР и маркетинг. Выявлено, что НИОКР, как составляющая, не может самостоятельно обеспечить достаточные конкурентные преимущества постоянно растущим технологическим решением глобальных конкурентов. Подтверждена необходимость существования специфических возможностей компании за счет правильного менеджмента в географической структуре. Отмечается об изменении локального расположения как материнских компаний, так и филиалов ТНК, что приводит к транснациональной конкурентной борьбы между странами. Отмечена значимость одновременного использования нескольких методов роста корпораций. **Выводы**: исследованные теоретические и практические аспекты в работе свидетельствуют о важности каждого элемента управления ТНК. Расходы корпораций неотъемлемая составляющая часть развития и расширения деятельности. Маркетинговые расходы, миграционная сила, расходы на НИОКР, географический менеджмент позволяют использовать потенциал компаний более широко при одновременном их использование. Практическое рассмотрение позволило определить, что наибольший результат достигается залогом сочетание нескольких элементов роста, создавая, при этом так называемых "доходных гигантов".

Ключевые слова: транснациональные корпорации; маркетинговые расходы; НИОКР; географическая диверсификация.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Шаповал А. В. Сучасний стан транснаціоналізації економіки та чинники зростання транснаціональних корпорацій. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 121–129. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.121.

Shapoval, A. (2019), "The current state of the transnationalization of the economy and aspects of the transnational corporation's growth", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 121–129. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.121.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

UDC 004.94 DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.130

E. YASHINA, R. ARTIUKH, N. PAN, A. ZELENSKY

INFORMATION TECHNOLOGY FOR RECOGNITION OF ROAD SIGNS USING A NEURAL NETWORK

The **subject** of the study is the methods and tools for automation of recognition of road signs at the level of software implementation. Detection of road signs is associated with the processing of a significant amount of video data in real time, which requires significant computing power. Therefore, the **purpose** of the work is to automate the process of recognition of road signs for filling the databases of navigators, which will allow operatively provide drivers with up-to-date information on established road signs. The following **tasks** are **solved**: analysis of methods and software for image recognition; development of the search algorithm for characters in the video frame; implementation of the definition of the contour of the sign; realization of a convolutional neural network for recognition of a sign; testing of applied information technology work. **Methods** are used: convolutional neural networks; Viola-Jones's method for recognizing objects in an image, the Bousting method as a way to accelerate the recognition process with a large amount of information. **Results**: Different approaches to the identification of symbols on images, various software tools for object recognition, image transformation for optimal fragment are considered. An algorithm for detecting and recognizing the sign is developed. Using the Viola-Jones method, a fast way to calculate the values of attributes using the integral representation of an image is implemented. The recognition process takes place by constructing a convolutional neural network. Features of the layers of the roller network are considered. Schematically illustrated script recognition. The process of interaction of the system with different data sources is represented by a diagram of precedents. The main result is the creation of information technology for the automated recognition of road signs. The algorithm of its work is presented in the form of a sequence diagram. **Conclusions.** Using the applied application information technology, recognition of road signs is made with an average probability of 88%, which allows automating the process of filling the database of navigators to a large extent, to increase the reliability and productivity of the given process.

Keywords: image recognition; neural network; computer vision; information technology.

Introduction

In our time, a simple and commonly used tool for drivers to make it easier to control a car is navigators. They plan a route, report traffic congestion, inform about any changes in the road situation. It provides both driver comfort and road safety for all road users. One of the most important parts of many programs, including navigators, is a constant update to meet the expectations of users. Thanks for upgrading the recommendations for drivers are really relevant and reflect the real situation. At present, the updating of the database, for the most part, is still provided by people who see the road signs, markup, analyze the situation on their own. But with the development of technologies and software, there is an opportunity to automate some of these processes, and especially – the stage of recognition of road signs. Transferring the process to a software basis will enable data updates to be faster, cheaper, and better than large staffs do. Thus, the need for human presence to verify the work of the program will remain, as it is necessary to achieve a high level of quality that will provide complete safety, but the volume of work will be reduced several times.

Analysis of publications and problem statement

The task of recognizing road signs is quite known. This is due to the fact that, firstly, road signs play a crucial role in regulating traffic, ensuring the safety of drivers and pedestrians, as well as in navigation and route search tasks; and secondly, road signs are designed in such a way as to facilitate their identification.

Signs recognition is usually performed in two stages: the detection of a sign and its own recognition. Road signs have specific colors and shapes, and are usually visible from afar on the road. As a rule, known algorithms and software detecting signs take these features into account. The input (most often video from the camera installed on it) passes a series of transformations in order to select areas that are in the correct shape and contain character-specific colors. [1].

Detection of road signs is associated with the processing of a significant amount of video data in real time, which requires significant computing power. Pre-processing an image can greatly ease the task. One way to preprocess the video is to analyze the colors used to transfer to the HSV (Hue, Saturation and Value) space. The preliminary color analysis allows to increase the reliability and the speed of software [2].

In addition, for the classification of road signs, methods are used based on the analysis of signs [3, 4]. For example, for constructing and analyzing a system of attributes, the method of reference vectors and histogram oriented gradients can be used [5].

A promising area of research is the use of neural networks for problems of pattern recognition, in particular, road signs [6, 7]. When learning a neural network or other classifiers it should be borne in mind that the image of characters on video is not always perfect. The quality of the image depends on lighting, weather conditions, the angle of view, the presence of contamination or damage and other noise factors. In order to take into account these features, it is necessary to have a significant amount of video captured in different conditions. An alternative can be the use of synthetic data obtained by generating different noise and transformations [8].

The purpose of the work is to automate the process of recognizing the road signs. To achieve the goal, the following tasks should be solved:

- analysis of image recognition methods and

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

software;

- development of the search algorithm for characters in the video frame;
- realization of the definition of the contour of the sign;
- realization of a convolutional neural network for recognition of a sign;
- testing of applied information technology.

Materials and methods of research

1. Description of the existing process of recognizing the road signs

Safety on the road is provided primarily by traffic rules. They have their foundation - road signs and markup. Signs are divided into:

- prohibitive;
- giving orders;
- warning;
- priority signs;
- information;
- service signs.

Categories of signs are different, but within the category the signs are very similar. Signs, preferably, have the same colors and shape, so that drivers can understand from the distance what they mean. Similarity of forms and shades on signs (shades according to standards should be used the same on all signs) helps not only the drivers but also those who replenish the base of signs for navigators.

The complexity of recognizing signs will be that they can be accompanied by signs bearing different characteristics (the time of the sign, the length of the sign, etc.). When recognizing characters, it is difficult to take into account such plates, because they are usually smaller than the sign and have a small font. However, their presence allows us to understand that the insertion of signs in the database can not be unambiguous and has certain rules. Without taking into account additional information, some signs can still be entered into the database. However, you need to lay down a number of rules that must be respected when entering the recognized sign.

First of all, when implementing the recognition of road signs, you need to pay attention to the signs "pedestrian crossing", "speed limit", "ban on turning", "ban on overtaking" "curvature of the road", "caution, children" and "steep ascent/descent". Recognition of these signs is of primary importance. If these signs are clearly recognized, further addition of signs to the database will not require the significant effort.

Currently, the process of filling the database of navigators is due to the staff of the workers. From drivers of special cars there are video data on which the real road situation is shot - markup, signs, traffic lights, entrances, intersections - everything that the average driver sees. With this information, it is possible to estimate many different factors, for example: what path is indicated by the sign, to what extent it acts, as well as whether it is duplicated and whether it should be introduced into the database. With the help of human skills, these factors manage to take into account and realize the maximum similarity of the map with the road. Mostly, thanks to this quality, human labor remains indispensable in a field that does not tolerate mistakes.

But software tools are fast developing and at least signs can be automated, supplemented by defining the position in shape and size on the images and integrated into the process of filling the database with a number of advantages. Since the input, we have video data that can be decomposed into frames and each scrupulously checked (automated), then the work is reduced to determining the presence of a character in the frame and determining its content..

To determine the presence, you can use such a feature as the monotony of shades. Each sign uses the standard colors - white and blue; red and white; red, white and black. Signs stand out against the background of the environment. Even if they are not so clearly visible by the human eye, you can automatically recognize red with white between green and blue on a grey background. Of course, these colors are widespread. But looking for specific shades, combinations of colors and their accumulation can at least cut off frames that do not contain them and, accordingly, do not contain signs. It should be noted that most frames can only contain gray road, white marking and sky. These frames are intended to be cut off. Next, you need to find out where there is a sign, and where is the blue car. For example, through the shade of windshield inside or in the form. This will reduce the number of frames and facilitate the work of the neural network, which would require a lot more time.

From the description of the existing recognition process and its shortcomings, we can distinguish the key fragments that should improve the applied information technology (AIT), its main functional tasks and advantages.

The main task of the AIT is to identify places where there is a road sign and recognize which sign is present at least of those that should be manifested in the first place – "pedestrian crossing", "speed limit", "ban on turning", "ban on overtaking" "curvature of the road", "caution, children" and "steep ascent/descent". Thus, a number of images will be created from the files – frames that the program will process. Since it has no information how large the series will be, it is necessary to provide for the acceleration of work with a large amount of data. As a solution to the problem, you can split the video file into smaller fragments during operation.

The AIT should use free software, open source resources and ready-made libraries, modules, or functions since the development of object recognition in images is already well-developed.

When recognizing a road sign, it should be entered into the base of the navigator, although it is desirable to also this stage to automate. But for this, it is necessary to find the distance to the sign, its relation to a certain road, and to a certain part of it, which will greatly increase the complexity of the project. Therefore, there is a need for an intermediate stage of data storage - the result of the process of recognition process should be inserted into a separate database, which will store the data on the sign, the frame on which it is located and additional data. If

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

necessary, it will be possible to integrate the data thus prepared with the results into the navigator base.

2. Research methods

The Viola-Jones method is used to detect objects in images [9]. Although the method can recognize different classes of images, the main task when creating it was the facial recognition. the algorithm of this method is able to detect objects very reliably and quickly enough to work in a real time.

The Viola-Jones detector is a cascade of classifiers. It combines the following concepts:

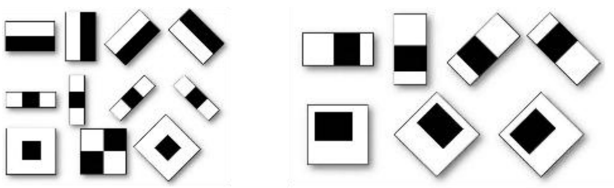
- features of Haar are used;
- images are presented in an integral form;
- boosting is used.

The feature of Haar is a rectangular primitive. From the beginning, the authors proposed the main four primitives (fig. 1a), but the OpenCV library uses additional primitives (fig. 1b) that enhance the recognition quality by additional tests from non-standard points of view.

The value of the attribute is calculated by the formula:

$$F = X - Y,$$

where X – the sum of the pixels values filled with a light part of the sign, Y – the sum of the pixels values filled with the dark part of the sign.



a) *b*)

Fig. 1. Haar's primatives are: a) standard, b) additional

Each feature works in pairs with the threshold, and the decision of the sign is determined by comparing its value with the threshold. The Viola-Jones method implements a fast way to calculate the values of the attributes, which uses the integral representation of the image. The integral representation of an image is a matrix that has dimensions as in the original image, the value of the elements which is defined as the sum of intensity peaks of the ridge, which are left and above. In such a matrix, the sum of the pixels values in an arbitrary rectangle is calculated at a constant time.

Consider a set of methods that help increase the accuracy of analytical models. "Weak" models do not allow to classify objects, make a large number of errors. Therefore, Boosting (enhancement, amplification, improvement) is intended to amplify weak models by sequentially constructing their compositions so that each subsequent model corrects the errors of the previous one..

AdaBoost (adaptive boosting) is a machine learning algorithm proposed by Yoav Freund and Robert Schapire that combines a number of weak classifiers into the strong one. This is done on the Haar features – signs of digital images used in pattern recognition. They owe their name to the intuitive similarity with Haar wavelets. Haar features were used in the first real-time face detector.

AdaBoost assigns a weight to attributes based on their quality, and as a result, a strong classifier is a linear combination of weak classifiers with corresponding weights. The Viola-Jones method combines several strong classifiers built by the AdaBoost method in a cascade. To train the cascade, a positive and false sample is built. The classifier in the first stage is selected in such a way that with a small number of primitives to cast a large number of erroneous objects while preserving almost all positive objects of the training sample.

For each next step, the number of primitives increases, false-positive actions of the previous stage are denoted as negative elements of the sample and the training continues. Consequently, the following stages are trained to correct the errors of the previous, while maintaining high accuracy on the true sample items. Thus, using a cascade allows you to quickly reject most of the false objects in the early stages, which greatly reduces the number of computations. Among the benefits of boosting: good generalizing ability; the simplicity of implementation; own overhead boosting costs are small; the ability to identify objects that are noise emissions.

The detection process is performed by sliding the detection window throughout the image. For each window, the cascade solution is calculated. In the case of a positive answer, it is assumed that the desired object is inside the window. After completing one pass of the image, the window size is increased. The window size is increased until a predetermined size is reached. A smaller percentage of increase improves the detection rate but increases the total processing time.

The recognition process takes place by constructing a convolutional neural network [10, 11].

Rolling Neural Networks include the three main paradigms:

1. Local perception. At the entrance of each neuron, not all images (or outputs of the previous layer) are fed, but only some of its area and each individual neuron is separate. This significantly reduces the amount of computing and at the same time allows you to save the topology of the image from the layer to the layer. With this approach, each neuron of the next layer receives information not from the entire previous layer, but only from the part that it describes. The selected part may be described by a matrix (usually it is chosen in the size of 5 × 5). "Scanning" by a neuron only a part of the image allows you to capture its features, which greatly increases the accuracy of recognition.

2. Joint scales. This concept allows for a large number of bonds to use a relatively small number of parameters to be studied, by selecting weight coefficients. This is achieved due to the fact that all neurons of the same card have the same weight coefficients (matrix of weights). Therefore, when learning the network for an entire map, only the weight matrix is adjusted. As a result, the training of the network runs much faster than the usual perceptron, which, during training, is configured to each link between the neurons of neighboring layers. For example, consider the number of parameters that can be

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

configured between two 14 × 14 and 10 × 10 cards with a 5 × 5 weight matrix. In the conglomerate it will be the number of elements of the matrix of weights, that is, 25 parameters, in the perceptron, this will be the number of all the links between the cards, that is, 19600 parameters. At the same time, from this assumption, the accuracy of recognition does not decrease.

3. Sub-sampling. The essence of this idea is to reduce the spatial dimension of the image. There are layers of the same name that do not analyze the image but only reduce its size, without losing the already highlighted features. This approach allows achieving partial invariance to scale.

The structure of convolutional neural networks involves the alternation of convolutional and sub-sampling (sub-level) layers initially and the presence of several fully-connected layers at the output.

Consider the features of the layers of the convolutional network.

1) Convolutional layer.

The essence of this layer is as follows: a limited matrix of weights moves along the treated layer, is multiplied by element in a fragment of the layer, the result is summed up and applied to the input of the activation function of the corresponding neuron of the convergent layer. The matrix of weights, it is a set of weights or a kernel of convolution, as if "graphically encodes" any sign, for example, the presence of a corner or a line. By the principle of shared weights, each core of the convolution forms a separate instance of the map of the signs, and since usually several nuclei are used, the neural network is multidimensional (on one layer, many independent maps). When processing the matrix of the weight of the layer, it is displaced every time not in full step (the size of the matrix), but on the small one. For example, with the dimension of a 5 × 5 weighing matrix to not "skip" the sought-after attribute, it tends to move one or two neurons instead of five.

The convolutional layer performs the convolution operation of input signals X (outputs of the previous layer) with the kernel W:

$$\left(X*W\right)(t)=\int_{-\infty}^{\infty}X(u)W(t-u)du\,. \tag{1}$$

In the case of discrete values, the formula for the convolution of the i-th value takes the form:

$$\left(X*W\right)_i=\sum_j x_j w_{i-j}\,. \tag{2}$$

If the input layer of the convolution is an image formed by the outputs of the previous layer X^{L-1}, the convolution with the kernel, which encodes a sign, taking into account the bias B, forms a map of signs:

$$X^L=B+X^{L-1}*W\,. \tag{3}$$

The value of the output of a separate (i, j) – neuron is calculated by the formula:

$$x_{i,j}^L=f\left(b^L+\sum_{s=1}^{K}\sum_{t=1}^{K}w_{s,t}^L x_{(i-1)+s,(j+t)}^{L-1}\right), \tag{4}$$

where L – network layer number, b^L – offset for layer L; K – the size of the receptive field of the neuron; $x_{i,j}^L\in X^L$ – the element of the matrix signal of the layer L; $w_{i,j}^L\in W^L$ – an element of the matrix weights of the layer L; $f(x)$ – activation function.

The sigmoidal function is traditionally used as a function of activation:

$$f_{sigm}(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}\,. \tag{5}$$

Recently, however, the most commonly used is the function ReLU (rectified linear unit), which eliminates the negative values, leaving positive unchanged:

$$f_{ReLU}\left(x\right)=\max\left(0,\,x\right). \tag{6}$$

Using the ReLU function speeds up network performance. Additionally, it does not have a saturation region that slows down the learning by gradient descent methods.

Also, the function Softmax is often used:

$$f_{Softmax}(x_i)=\frac{e^{x_i}}{\sum_i e^{x_i}}\,. \tag{7}$$

The Softmax function outputs the neurons to a range of [0,1], and the sum of all values is equal to 1. This allows you to interpret the value of the function as the probability of belonging to an object in a certain class. Due to this, Softmax is often used as a function of the activation of the source layer of the network.

2) Subsampling layer.

The subsampling operation performs the function of reducing the dimension of the formed charts. The Max Pooling conversion is most often used:

$$x_{i,j}^L=\max_{\substack{s\,\in\,[1,N]\\ t\,\in\,[1,N]}}\left(x_{i+s,\,j+t}^{L-1}\right), \tag{8}$$

where N – window size for subsampling.

From the small square area of the neuron map of the features, the maximum is selected and taken for one neuron map of this layer features. It stores information about the features found during the performance of the convolution. Rarely use the operation of finding the Average Pooling

$$x_{i,j}^L=\frac{1}{N^2}\sum_{s=1}^{N}\sum_{t=1}^{N}x_{i+s,\,j+t}^{L-1}. \tag{9}$$

This layer not only accelerates the further calculations but also allows you to design a network that is more invariant to the scale of the input image.

3) Full connection layer.

This layer is a regular perceptron that has proven itself well in recognizing simple objects. After multiple

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

image convolution passages and pushing densities, the system is rebuilt from a specific high-resolution pixel network to more abstract feature cards. As a rule, each subsequent layer increases the number of channels and decreases the dimension of the image in each channel. At the end, there is a large set of channels that store a small amount of data (even one parameter), which are interpreted as the most abstract concepts found from the original image.

These data are merged and transmitted to an ordinary full-connection neural network, which can also consist of several layers. At the same time, full-connection layers already lose the spatial structure of the pixels and have a relatively small dimension (in relation to the number of pixels of the original image).

Research results

3. Designing an algorithm for recognizing signs

In developing the main function of information technology, it was decided to realize the recognition of characters using the neural network, as a sufficiently accurate and reliable method, and to compensate for the time of its work and the complexity of filtration of the personnel that will come to it. Even a small video segment contains a large number of frames. Therefore, before giving frames for inspection, they will pass through a simpler method of recognition, which will only check the frame for the presence of characteristic features of the characters - the color and form.

First of all, the search for shades will allow you to remove more frames. All frames containing only road, markup, cars and homes will be shed as they do not contain the necessary shades and, what is also important, in the right amount. In order for the frame to go further, it must have clearly defined colors in distinct groups..

Before you give a frame for recognition, you need to check which characters are there. To do this, you need to check it for the presence of red and white (in the first place), as well as with black. Such signs should be a certain amount. In addition, so that a red car and white marking are not identified as a sign, they must be searched together. In addition, inside you can find a black color (a specific black hue, so that the windshield is not identified), but maybe the situation that it will not be. After making such settings, the extra frames are filtered out very quickly, and you will need to go further.

However, only a hue will not be enough, since there may still be errors and the frames will be able to go further. That's why it was decided to take another check by the selected frames - on the shape of the sign.

Another method that removes the rest of the extra frames will be able to determine the shape of the sign. The signs have a clear shape – a triangle, a circle, or a rectangle. By standard, all signs should have a similar shape, so it is a fairly clear indicator for identification. Only one sign has the form of a diamond - a sign of a priority road. This small exception will not be taken into account so far, although in the future it can also be easily recognized by a square pattern rotated 45 degrees.

Unfortunately not all signs are standing strictly front surface to the driver and have a flat shape. Some can be slightly deployed to the side, tilted, or even almost deployed. Therefore, just three form templates will not be enough and you will need to perform certain transformations to recognize the form. The easiest and most obvious way is to find at least one smooth side and turn the template base on this side. If such a face is found (the circle is identified in the process), returning the pattern so that the face converges will reveal a triangle or square. Creating additional templates will only complicate the algorithm, since there are too many options for distorting the shape.

So, with the help of another check, this time a smaller sample of characters, it will be enough to precisely determine exactly which frames are characters. Recognizing a sign by these means will be difficult since it will then be necessary to identify the numbers inside, the drawing arrows, or even the text, so the next turn goes to the convolutional neural network. In addition, the neural network is able to study and improve the data over time, replenishing its own knowledge, which is very useful in this field..

Therefore, you can illustrate the recognition scenario in fig. 2 schematically.

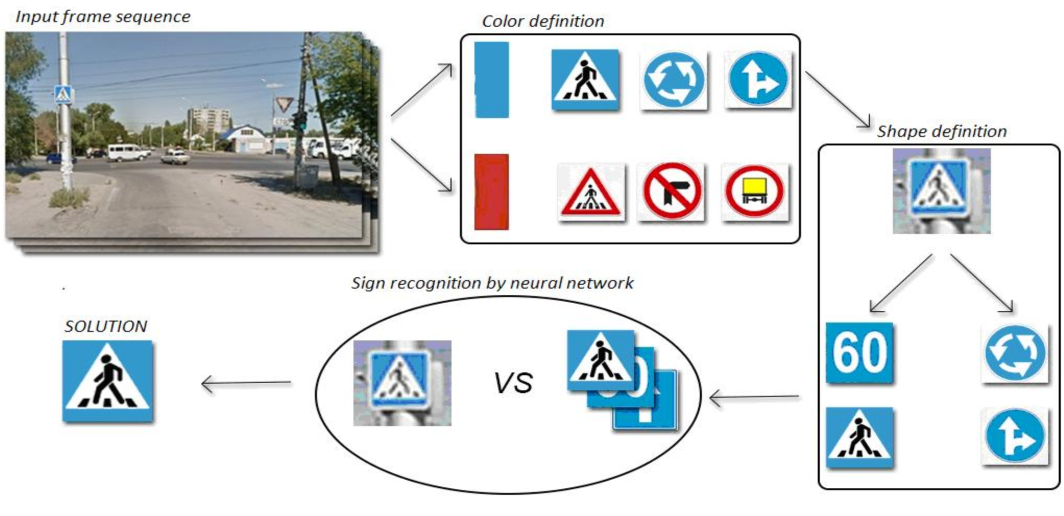


Fig. 2. Scenario of the work of information technology

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

We illustrate the process of interaction of the system with different data sources using the precedent diagram in fig. 3. The diagram shows:

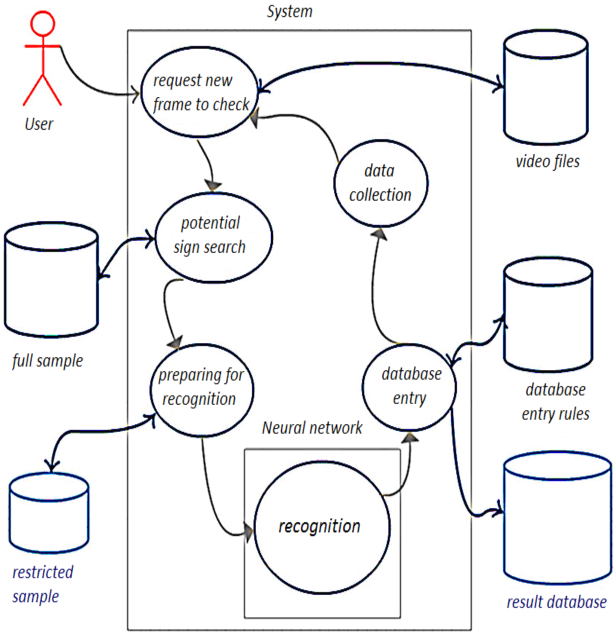


Fig. 3. Diagram of precedents

1. In addition to a sample of characters and video files from which information is to be recognized, there are still different rules for inserting characters into the database, since the characters are different in principle, and may also have different coding options, for example, in different countries. This fact should also be taken into account when recognizing signs. Recognition and entry rules must be specified by the user, or entered in accordance with the technical data from the video. This will allow you to adjust the program in case the rules change.

2. The neural network occupies the key place of recognition of the sign and conducts voluminous work on recognition. Nevertheless, in the scale of AIT in general, much of the technical work in the preparation and collection of data is carried out beyond its borders. Thanks to this, the processing time for image searches should be significantly reduced.

At the output of the program, a database will be formed in which the results of the recognition are stored. These will be the XML files that collect the following data:

- a frame on which the sign is recognized;
- category of the sign;
- sign meaning (speed limit, angle of inclination);
- form of the sign (stored separately for visual display to the user); which should be entered into the navigator in accordance with the rules;
- a note that the sign is not recognized for user verification.

The algorithm of work can also be illustrated using the UML activity diagram in fig. 4, which clearly shows what actions and in which the sequence is executed.

Each main point of the AIT is indicated as a cycle marked on the diagram with an orange diamond. At these stages, the program checks data and decides how to proceed.

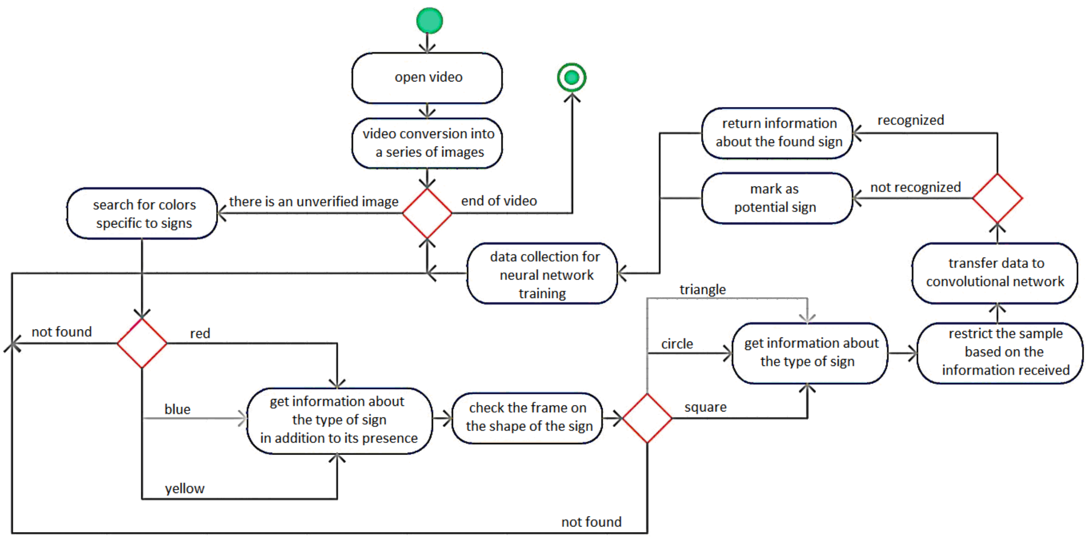


Fig. 4. Diagram of the activity of the technology of recognition of road signs

As you can see in the diagram - the technology implements three major significant actions and one additional – the conversion of video into a series of images. Since the incoming data will come from the customer, then their format may differ from the usual video, so you need to set up the input data to a single type – a group of individual frames in a single format. After that, we have three stages: recognizing the shade in the frame, detecting its shape, and further recognizing it in the neural network.

In addition, for every significant action, we receive additional information:

- when the shades are detected, you can identify the type of sign (prohibitive, warning, or prescriptive) and thereby reduce the subsequent sampling for recognition in the neural network;

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

- when the shape is recognized, the set of possible variants of the character types will also be reduced;

- after checking the neural network, regardless of whether the mark is recognized or not, the data is collected for the user to be output (or immediately entered into the database) in the first place, as well as for further training of the network in the second place.

Even if the program could not recognize the sign - the data can be passed to the user who either will be able to recognize the sign or will simply be informed about his ability to exist here. In addition, it will allow you to further check the work of the AIT itself and to provide it with data that is not enough.

4. Neural Network Recognition

Using the previous two steps, the neural network work is greatly simplified because:

- A limited number of frames were found from all videos where signs are very likely;

- Reduced sample of characters that can be depicted in a frame using the detected color and form;

- The location of the sign is found in the contour search, so you will not need to check the entire image - only a small part.

From this follows that the work of the neural network itself will take place only with the necessary material and will not use too much time.

The work of AIT is illustrated by a sequence diagram in fig. 5.

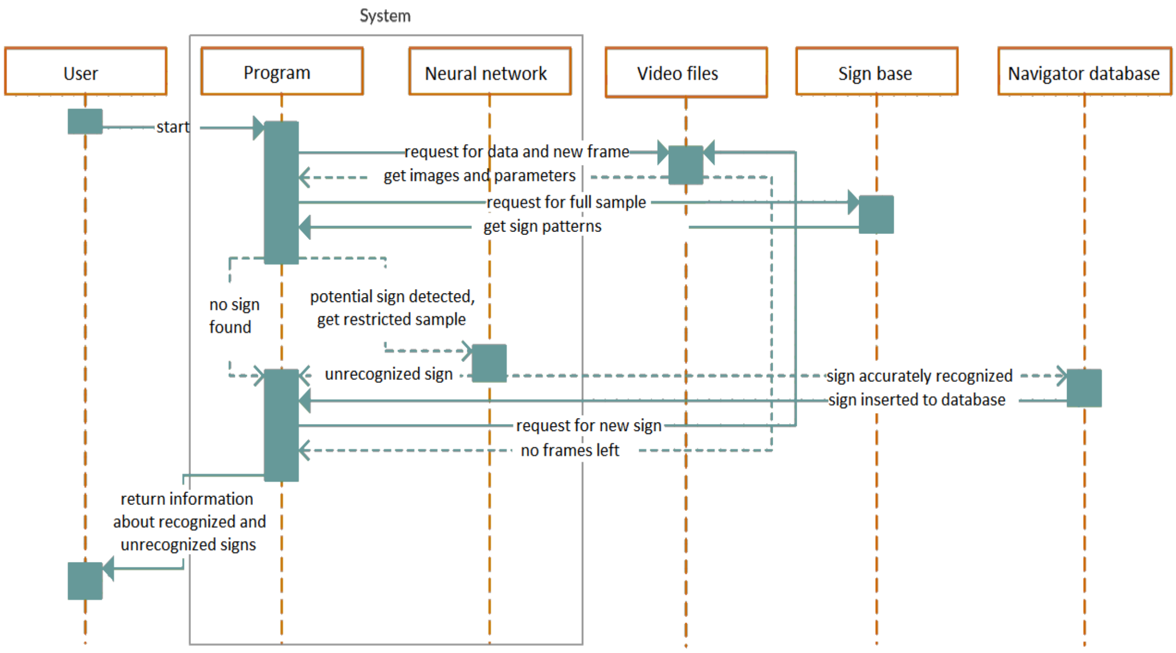


Fig. 5. A sequence diagram

This diagram shows the sequence and the elements the system interacts with different variants of action, as in the cycles at the activity diagram.

The diagram does not specify a set of rules that are mentioned in the precedent diagram since it is assumed that this is not a separate database, but the configuration within the system and it is arranged in the "Program". The rules are simply taken into account and applied where necessary. In the precedent diagram, they are referred to for completeness of understanding the data that the program works with.

In order to realize the recognition, the library of computer vision OpenCV (open source computer vision library) was thrown [12, 13]. It has an open source code and is available for several programming languages, such as Java. Includes a variety of computer vision algorithms, image recognition and many others working in real time. The library is widely used in research, including the design of machine vision systems for unmanned vehicles [14].

When looking for a color in the frame to restrict the frames to be checked, it was decided to look for a certain color on the signs - one of the standard shades for the signs. It is blue (ordering), red (warning and prohibitive) and white (general). To search, the HSV color model (Hue, Saturation, Value) was used - a color model in which the color coordinates are:

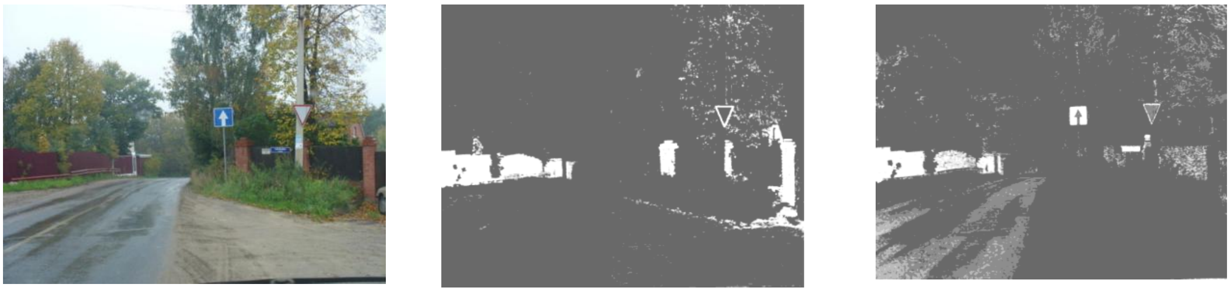
1. Hue - color tone (for example, red, green or blue-blue). It varies in the range of 0-360°, but sometimes it is reduced to a range of 0-100 or 0-1.

2. Saturation. Varying within 0-100 or 0-1. The larger this parameter, the "cleaner" color, so this option is sometimes called purity of color. And the closer this parameter to zero, the closer the color to the neutral gray.

3. Value (color value) or Brightness (Brightness). Also set within 0-100 and 0-1.

An illustration of the work of this function is depicted in fig. 6. Fig. 6. a) depicts an output frame with characters. It has a red sign indicating a low priority at the crossroads, as well as a blue one-way sign. As can be seen in fig. 6. b) and fig. 6. c), the transformation for a given (red or blue) color of a bright white highlights places where there is this shade.

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)



a) input image *b) search for red color* *c) search for blue color*

Fig. 6. Convert an image to search for colors that are specific to road signs

Then, without interference, you can detect a sufficiently white fragment on the converted image by searching through OpenCV and proceed to the form detection. Although at this stage there is some information about the presence of a character in the frame.

To determine the shape of a character on the selected frames using the color of the painted sign, you can understand its boundaries. This will simplify the search by reducing the sample among the options. It will also allow you to remove shots that do not have characters, but there are the necessary shades (billboards, fragments of cars, etc.).

Regarding the work of the network, at the stage where the form was discovered, a number of convolutional and subsampling layers have formed that pass through the entire found area and, in the process of forming the full-connection layers, find the necessary forms by which one can identify the sign. Using the information about the signs that were sent out to check in the previous stages, the forms will continue to appear. First of all, this is a quantitative data - indicators of maximum speed, length of the sign, time of action, and so on. In the next turn (if necessary) - arrows, forms of cars, black fragments of road geometry, geometric shapes, etc. Some of these tags are very similar, and they may have a single template to validate, others will have to be checked separately. The identification of such corporate marks identifies a sign. This will mean that it can be entered into the database, and the network will remember the right decisions. In a situation in which there will be no similarity to any of the fragments, the network will inform that there is a possible sign here. This will give an impetus to the addition of the base, change the principle of work as needed, or provide additional information for verification, even if it is not needed.

Designing a convolutional neural network involves the formation of its architecture [16]. This is done using the freely available Caffee library (Convolutional architecture for fast feature embedding) [17]. Caffee supports CUDA technology, which allows you to perform fast computing on multi-core graphics processors. A network built in Caffee using the JSON format can be imported into the DNN (deep neural network) of the OpenCV library. This allows you to build a single software environment for image preparation and further recognition.

The following classes of the Caffee library were used to build the network:

- Input – the input layer receives a fragment of the image that potentially contains the sign and transmits it to the network;

- Convolution (Conv) – the convolutional layer performs the operations of convolution with kernels of size 5×5;

- ReLU – the activation layer that calculates the activation function of the convolutional neurons by the formula (6);

- Pooling (Pool) – a subsampling layer that performs the max pooling operation using the formula (8) with the cards 2×2.

- InnerProduct (FC, full connection) – a full-connection layer that forms the output of the network;

- Softmax – the activation layer of the output neurons, which calculates the Softmax function by the formula (7).

The network architecture reflects the sequence of the libraries used:

$$\text{Input} \to \text{Conv} \to \text{ReLU} \to \text{Pool} \to \text{Conv} \to \text{ReLU} \to \text{Pool} \to \text{FC} \to \text{Softmax}$$

At the learning stage, additional layers were used, such as:

- Dropout – a regularization layer that prevents network redesign, that is, memorization of the training sample instead of its generalization.

- Accuracy – calculates the accuracy of the classification as the ratio of the number of objects that are classified correctly to the total number of objects in the training voter.

Thus, the software architecture of the neural network is constructed and implemented.

5. Experiments on work with AIT

In the first stage of user work with AIT it is necessary to determine the path to the video file. If the data format is correct - the image from the first frame will appear in the right window. If not, a new window opens with a message that the format is not supported.

When opening the video will be divided into fragments of 1000 frames, for the convenience of viewing very large files. After that, the frame view of all fragments will be realized according to the previously described algorithm and the entry of the data in the new database.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 2 (8)

In case the data needs to be checked, this can be done after the recognition. The program will download information about the frame and position of the mark from the newly created database only in those frames that are identified as potentially having a sign. Fig. 7 shows an example where the program recognized the speed limit sign and highlighted it in color.

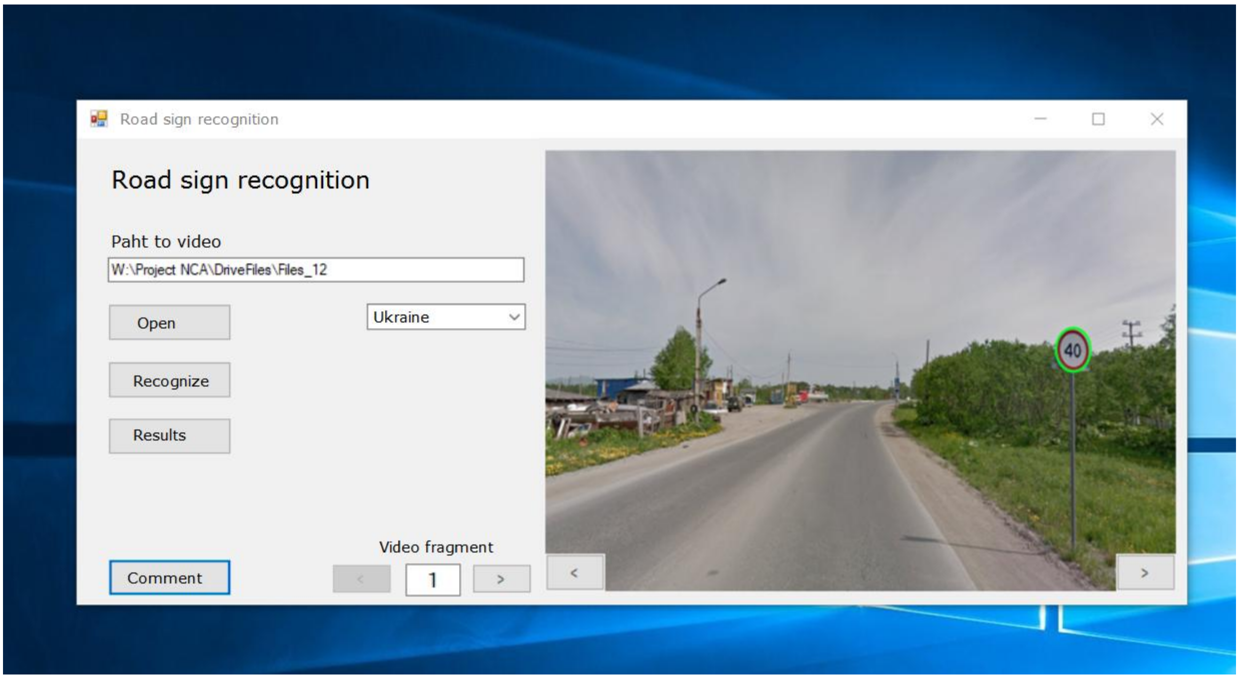


Fig. 7. An example of speed limit sign recognition

After developing algorithms for recognition and creating a form for input values, the system was tested on test video data. Two video files were taken, with a number of frames over 1000, and provided to the program to recognize the specified types of characters. Some signs have varieties: distortion of the road, the prohibition of turning (right and left), and speed limitations. The test sample contained different characters and the program recognized them separately.

The volume of 1000 frames includes almost 10 kilometers of road outside the city and twice less in the city, but in the city a large number of signs. In total, 1000 frames have 30 to 60 characters, this is enough to determine the quality of recognition. After recognizing the program, the signs were verified manually and data was collected on how many times the program found the mark correctly, and how many times it was mistaken.

Fig. 8 shows a histogram in which the percentage of recognition of a particular sign is given.

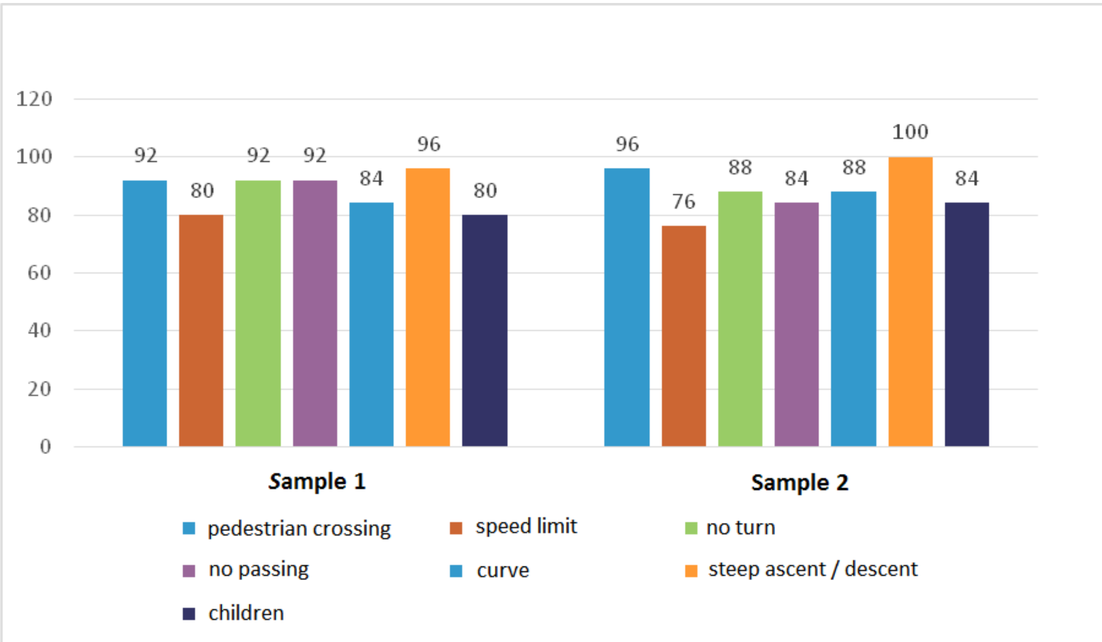


Fig. 8. Histogram of recognition quality

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 2 (8) ISSN 2524-2296 (online)

From fig. 8, we can draw some conclusions about the work of the AIT – it recognizes all the prescribed categories of signs and is sufficiently accurate. In both cases, all categories of recognition were successful at 80% or more except for the speed limit in the second sample. The program correctly recognizes the category of the sign, but allows errors in recognizing the speed value.

Best of all, the program coped with the recognition of the sign of a steep climb and descent, in which part of the sign is filled with black, and the sign of the pedestrian crossing. In other cases, recognition took place at 88%. This does not allow you to fully automate the recognition of signs, but allows you to reduce human participation to review the results of the program and correct individual errors. In addition, the filling of the base of navigators substantially accelerates and the complexity of this process decreases.

Conclusions

Within the framework of this work various approaches to the detection of characters in images, various software tools for object recognition, image transformation for optimal fragment were considered. The principles of operation of the convolutional neural network, which can recognize a sign from an image, are broken down into fragments. Also, the principle of the Viola-Jones method is considered, as one of the most common for recognizing objects in the image. Separately, we present a way of Boosting to accelerate the recognition process with a large amount of information prior to recognition. Also reviewed is a library that can detect frame fragments for validation. This greatly simplifies and accelerates the work of the neural network and technology as a whole

The general algorithm of work of AIT is developed, which includes the units of detection of a sign in a frame, definition of its form, and then its contents.

In general, information technology is divided into identification, a bulky and key process, as well as a technical part that helps in the collection and preparation of data, reducing the work time, interaction with external resources and the user.

To identify the sign and its forms, the OpenSV library was used. For the recognition of the content of the characters in the image, a convolutional neural network is developed.

The peculiarities of realization of the system of recognition of road signs in different stages of its work are described - the search for a certain shade in the frame, the recognition of the shape along the sign's mark, and the actual recognition of the image on the sign using a convolutional neural network.

After the description of the technology itself, the results of the recognition of the test sample, which tested the system's performance, are given. According to the results of the AIT testing, it was found that the program recognizes signs with an average probability of 88%, which significantly increases the reliability and efficiency of the process of filling the databases of navigators.

References

1. Shneier, M. (2006), "Road sign detection and recognition", *Unmanned Systems Technology VIII, International Society for Optics and Photonics*, Vol. 6230 (623016). DOI: https://doi.org/10.1117/12.660219

2. Yakimov, P. Yu. (2013), "Preliminary processing of digital images in the systems of localization and recognition of road signs" ["Predvaritel'naya obrabotka tsifrovykh izobrazheniy v sistemakh lokalizatsii i raspoznavaniya dorozhnykh znakov. Komp'yuternaya optika"], *Computer Optics*, Vol. 37, No. 3. P. 401–405.

3. Malyeyeva, O., Nosova, N., Fedorovych, O., Kosenko, V. (2019), "The Semantic Network Creation for an Innovative Project Scope as a Part of Project Knowledge Ontology", *CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Linguistics and Intelligent Systems (COLINS-2019)*, Vol. I, P. 301–311.

4. Bolohova, N. Ruban, I. (2019), "Image processing models and methods research and ways of improving marker recognition technologies in added reality systems", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 25–33. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.025

5. Lisitsyn, S. O., Baida, O. A. (2012), "Recognition of road signs using the method of support vectors and histograms of oriented gradients" ["Raspoznavaniye dorozhnykh znakov s pomoshch'yu metoda opornykh vektorov i gistogramm oriyentirovannykh gradiyentov"], *Computer optics*, Vol. 36, No. 2, P. 289–295.

6. Zhu, Y., Zhang, C., Zhou, D., Wang, X., Bai, X., Liu, W. (2016), "Traffic sign detection and recognition using fully convolutional network guided proposals", *Neurocomputing*, Vol. 214, P. 758–766. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.009

7. Bodyanskiy, Y., Perova, I., Zhernova, P. (2019) "Online fuzzy clustering of high dimension data streams based on neural network ensembles", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (7), P. 16–24. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.7.016

8. Chigorin, A. A., Konushin, A. S. (2013), "Experiments with learning methods for recognizing road signs on synthetic data" ["Eksperimenty s obucheniyem metodov raspoznavaniya dorozhnykh znakov na sinteticheskikh dannykh"], *Science and education: a scientific publication MSTU. N.E. Bauman*, No. 08, P. 315–324. DOI: https://doi.org/10.7463/0813.0603378, available at : https://bmstu.ru/doc/603378.html

9. Viola, P. A., Jones, M. J. (2004), "Robust real-time face detection", *International journal of computer vision*, Vol. 57, No. 2, P. 137–154.

10. LeCun, Y., Bengio, Y. (1994), "Word-level training of a handwritten word recognizer based on convolutional neural networks", *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition*, Jerusalem, Israel, Vol. 2, P. 88–92.

11. Lawrence, S., Giles, C. L., Tsoi, A. C., Back, A. D. (1997), "Face recognition: a convolutional neural network approach", *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 8, No. 1, P. 98–113.

12. Open Source Computer Vision, available at : https://docs.opencv.org/3.4/index.html

13. Kaehler, A., Bradski, G. (2016), *Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library*, Reilly Media, Inc., 1024 p.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 1 (7)

14. Dergachev, K. Yu., Krasnov, L. A., Pyavka, I. A. (2018), "Analysis of the performance of technical vision algorithms in trajectory measurement problems" ["Analiz raboty algoritmov tekhnicheskogo zreniya v zadachakh trayektornykh izmereniy"], *Electrotechnic and Computer Systems*, No. 27 (103), P. 187–195. DOI: https://doi.org/10.15276/eltecs.27.103.2018.21
15. Yaloveha, V., Hlavcheva, D., Podorozhniak, A. (2019), "Usage of convolutional neural network for multispectral image processing applied to the problem of detecting fire hazardous forest areas", *Advanced Information Systems*, Vol. 3, No. 1, P. 116–120. DOI: https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.1.19
16. Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. (2012), ЄImagenet classification with deep convolutional neural networks", *Advances in neural information processing systems*, No. 25, P. 1097–1105.
17. Jia, Y., Shelhamer, E., Donahue, J., Karayev, S., Long, J., Girshick, R., Guadarrama, S., Darrell, T. (2014), "Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding", *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia*, ACM, P. 675–678.

Received 31.05.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Яшина Олена Сергіївна – кандидат технічних наук, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: o.yashina@khai.edu; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2459-1151.

Яшина Елена Сергеевна – кандидат технических наук, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", доцент кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

Yashina Elena – PhD (Engineering Sciences), National Aerospace N. E. Zhukovskiy University "Kharkov Aviation Institute", Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Technologies, Kharkov, Ukraine.

Артюх Роман Володимирович – кандидат технічних наук, Державне підприємство "Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості", директор, Харків, Україна; e-mail: roman.artyuh77@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5129-2221.

Артюх Роман Владимирович – кандидат технических наук, Государственное предприятие "Южный государственный проектно-конструкторский и научно-исследовательский институт авиационной промышленности", директор, Харьков, Украина.

Artiukh Roman – PhD (Engineering Sciences), State Enterprise "National Design & Research Institute of Aerospace Industries", Director, Kharkiv, Ukraine.

Пан Микола Павлович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри прикладної математики та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: pan@kname.edu.ua; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7137-5174.

Пан Николай Павлович – кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А. Н. Бекетова, доцент кафедры прикладной математики и информационных технологий, Харьков, Украина.

Pan Nikolai – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv; Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Information Technology, Kharkiv, Ukraine.

Зеленський Андрій Олександрович – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", студент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харків, Україна; e-mail: zelenman48@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8862-5387.

Зеленский Андрей Александрович – Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", студент кафедры компьютерных наук и информационных технологий, Харьков, Украина.

Zelensky Andrei – National Aerospace N. E. Zhukovskiy University "Kharkov Aviation Institute", Student of Department of Computer Science and Information Technologies, Kharkov, Ukraine.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Предметом дослідження є методи та інструментальні засоби автоматизації розпізнання дорожніх знаків на рівні програмної реалізації. Детектування дорожніх знаків пов'язане з обробкою значного обсягу відеоданих в реальному часі, що потребує значних обчислювальних потужностей. Тому **метою** роботи є автоматизація процесу розпізнання дорожніх знаків для наповнення баз даних навігаторів, що дозволить оперативно надавати водіям актуальну інформацію щодо встановлених дорожніх знаків. Вирішуються наступні **завдання**: аналіз методів та програмних засобів розпізнання зображень; розробка алгоритму пошуку знаків на кадрі відео; реалізація визначення контуру знаку; реалізація згорткової нейронної мережі для розпізнання знаку; тестування роботи прикладної інформаційної технології. Застосовуються **методи**: згорткові нейронні мережі; метод Віоли-Джонса для розпізнання об'єктів на зображенні, метод Бустінгу як спосіб прискорення процесу розпізнання при великому об'ємі інформації. **Результати**: розглянуті різні підходи до виявлення знаків на зображеннях, різноманітні програмні засоби розпізнання об'єктів, перетворення зображень для отримання оптимального фрагменту. Розроблено алгоритм виявлення та розпізнання знаку. Із застосуванням методу Віола-Джонса реалізовано швидкий спосіб обчислення значень ознак, який використовує інтегральне представлення зображення. Процес розпізнавання відбувається шляхом побудови згорткової нейронні мережі. Розглянуто особливості шарів згорткової мережі. Схематично проілюстровано сценарій розпізнання. Процес взаємодії системи з різними джерелами даних представлений за допомогою

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 1 (7) ISSN 2524-2296 (online)

діаграми прецедентів. Основним результатом є створення інформаційної технології автоматизованого розпізнання дорожніх знаків. Алгоритм її роботи представлено у вигляді діаграми послідовності. **Висновки.** Із застосуванням створеної прикладної інформаційної технології розпізнання дорожніх знаків робиться з середньою вірогідністю 88%, що дозволяє значною мірою автоматизувати процес наповнення бази даних навігаторів, підвищити надійність та продуктивність вказаного процесу.

Ключові слова: розпізнання зображень; нейронна мережа; комп’ютерний зір; інформаційна технологія.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Предметом исследования являются методы и инструментальные средства автоматизации распознавания дорожных знаков на уровне программной реализации. Детектирования дорожных знаков связано с обработкой большого объема видеоданных в реальном времени, что требует значительных вычислительных мощностей. Поэтому **целью** работы является автоматизация процесса распознавания дорожных знаков для наполнения баз данных навигаторов, что позволит оперативно предоставлять водителям актуальную информацию об установленных дорожных знаках. Решаются следующие **задачи**: анализ методов и программных средств распознавания изображений; разработка алгоритма поиска знаков в кадре видео; реализация определения контура знака; реализация сгруппированной нейронной сети для распознавания знака; тестирование работы прикладной информационной технологии. Применяются **методы**: сгруппированные нейронные сети; метод Виолы-Джонса для распознавания объектов на изображении, метод Бустинга как способ ускорения процесса распознавания при большом объеме информации. **Результаты**: рассмотрены различные подходы к выявлению знаков на изображениях, различные программные средства распознавания объектов, преобразования изображений для получения оптимального фрагмента. Разработан алгоритм обнаружения и распознавания знака. С применением метода Виола-Джонса реализовано быстрый способ вычисления значений признаков, который использует интегральное представление изображения. Процесс распознавания происходит путем построения сгруппированной нейронной сети. Рассмотрены особенности слоев сгруппированной сети. Схематично проиллюстрировано сценарий распознавания. Процесс взаимодействия системы с различными источниками данных представлен с помощью диаграммы прецедентов. Основным результатом является создание информационной технологии автоматизированного распознавания дорожных знаков. Алгоритм ее работы представлен в виде диаграммы последовательности. **Выводы**. С применением созданной прикладной информационной технологии распознавания дорожных знаков производится со средней вероятностью 88%, что позволяет в значительной степени автоматизировать процесс наполнения базы данных навигаторов, повысить надежность и производительность указанного процесса.

Ключевые слова: распознавание изображений; нейронная сеть; компьютерное зрение; информационная технология.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Яшина О. С., Артюх Р. В., Пан М. П., Зеленський А. О. Інформаційна технологія розпізнання дорожніх знаків з використанням нейронної мережі. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2019. № 2 (8). С. 130–141. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.130.

Yashina, E., Artiukh, R., Pan, N., Zelensky, A. (2019), "Information technology for recognition of road signs using a neural network", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (8), P. 130–141. DOI: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2019.8.130.

ISSN 2522-9818 (print)
ISSN 2524-2296 (online) Innovative technologies and scientific solutions for industries. 2019. No. 1 (7)

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК / **ALPHABETICAL INDEX**

ISSN 2522-9818 (print)
Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 1 (7) ISSN 2524-2296 (online)

ДЛЯ НОТАТКІВ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОМИСЛОВОСТІ

Щоквартальний науковий журнал

№ 2 (8), 2019

Відповідальний за випуск *А. А. Коваленко*
Комп'ютерна верстка *О. Ю. Персіянова*

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
Україна, 61166, м. Харків, проспект Науки, 14
Тел.: +38 (057) 704-10-51
Веб-сайт: http://itssi-journal.com
E-mail: journal.itssi@gmail.com

Формат 60×84/8.   Умов. друк. арк. 16,74.   Тираж 150 прим.

Відруковано з готових оригінал-макетів в типографії ФОП Андреєв К.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис №24800170000045020 від 30.05.2003.

61166, Харків, вул. Серпова, 4, тел. 063-993-62-73
e-mail: ep.zakaz@gmail.com