

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра електронних обчислювальних машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.

кафедри

_____ (підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Петрику Роману Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Моделі та алгоритми прийняття рішень для процесів зовнішнього забезпечення якості у вищій освіті

затверджена наказом по університету від “ 25 ” березня 2022 р. № 33Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 травня 2022 р.

3. Вхідні дані до роботи _____

Інформаційна система підтримки акредитаційних процесів освітніх програм

Рекомендації щодо застосування критерії оцінювання якості освітньої програми

Багатокритеріальні методи прийняття рішень

Методи нечіткої математики, дослідження операцій, математичного програмування

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

Проаналізувати підходи до реалізації зовнішнього забезпечення якості у вищій освіті

Дослідити та обрати методи, моделі та інструменти розробки інформаційної системи

прийняття рішень для оцінки якості у вищій школі

Запропонувати модель прийняття колегіального рішення експертної оцінки якості

освітньої програми. Описати методику застосування даної моделі

Розробити програмні рішення для інформаційної системи відділу акредитації

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) _____

Слайд-презентація – 12 слайдів _____

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд ІТ рішень для забезпечення якості у вищій освіті	29.03–04.04.2022	
2	Обґрунтування методів дослідження	05.04 – 12.04.2022	
3	Розробка моделі та методики прийняття колегіального експертного рішення	13.04 – 26.04.2022	
4	Розробка інформаційної системи прийняття колегіального експертного рішення	27.04 – 04.05.2022	
5	Проведення експериментів	05.05 – 10.05.2022	
6	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи подання керівникові і попередній захист	11.05–12.05.2022	
7	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	13.05–17.05.2022	

Дата видачі завдання 28 березня 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

проф. Фесенко Т.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 98 с., 16 рис., 23 табл., 2 дод., 71 джерел.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ, ВИЩА ОСВІТА, АКРЕДИТАЦІЯ, ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА, МОДЕЛЬ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ОЦІНКИ, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка теоретико-методичних рішень для ефективної реалізації процесів зовнішнього забезпечення якості вищої освіти.

У ході виконання кваліфікаційної роботи були проаналізовані основні функції IT-інструментів (EvalTools, CLOSO, WEAVEonline), які застосовуються для підтримки акредитаційних процесів. Встановлено, що жоден існуючий інструмент не охоплює всі фази безперервного покращення якості.

Використано методи прийняття рішень (зокрема MCDM і TOPSIS) для кількісного визначення внутрішніх та зовнішніх критеріїв якості освітніх програм. Це дозволяє особам, які приймають рішення, обирати найкращу альтернативу, а також удосконалювати інші результати.

Запропоновано комплексну методику кількісного оцінювання якості освітньої програми в умовах невизначеності. Дана методика розроблена із використанням апарату нечіткої математики та враховує відносну важливість критеріїв, субкритеріїв та рівні компетентності експертів.

Створено інформаційну систему бази даних для проведення акредитації освітніх програм «Accreditation information system for the educational programs», яка апробована на прикладі оцінки якості освітньої програми зі спеціальності «123 – Комп'ютерна інженерія».

ABSTRACT

Master's thesis: 98 pages, 16 figures, 23 tables, 2 appendices, 71 sources.

QUALITY ASSURANCE, HIGHER EDUCATION, ACCREDITATION, PEER REVIEW, INTEGRATED ASSESSMENT MODEL, DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM.

The major goal of this thesis is the development of theoretical and methodological solutions for the effective implementation of external quality assurance processes in higher education.

During the qualification work, the main functions of IT tools (EvalTools, CLOSO, WEAVEonline), which are used to support accreditation processes, were analyzed. It is established that no existing tool covers all phases of continuous quality improvement.

Decision-making methods (including MCDM and TOPSIS) were used to quantify internal and external quality criteria for educational programs. This allows decision makers to choose the best alternative, as well as improve other results.

A comprehensive method of quantitative assessment of the quality of the educational program in conditions of uncertainty is proposed. This technique is developed using the apparatus of fuzzy mathematics and takes into account the relative importance of criteria, subcriteria and levels of competence of experts.

An information system for the accreditation of educational programs «Accreditation information system for the educational programs» has been created, which has been tested on the example of assessing the quality of educational programs in the specialty «123 – Computer Engineering».

...

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗОВНІШНЬОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ОСВІТІ.....	10
1.1 Процеси забезпечення якості освіти: концепції удосконалення.	10
1.2 Аналіз ІТ-інструментів підтримки акредитаційних процесів освітніх програм.....	14
2 МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ШКОЛІ.....	25
2.1 Багатокритеріальний підхід до прийняття рішень для покращення процесу акредитації університету.....	25
2.2 Модель акредитації інноваційних освітніх програм.....	35
3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ОСВІТІ.....	42
3.1 Інтеграція чинника «вагомість» в архітектуру параметрів експертної оцінки якості освітньої програми.....	42
3.2 Методика експертного оцінювання якості освітньої.....	46
4 ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДІЛУ АКРЕДИТАЦІЇ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ.....	68
4.1 Розробка баз даних системи.....	68
4.2 Запуск інформаційної системи.....	72
ВИСНОВКИ.....	79
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	82
ДОДАТОК А. ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	89
ДОДАТОК Б. ТЕЗИ ДОПОВІДІ.....	96

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

ЗВО – Заклад вищої освіти

НАЗЯВО – Національне агентство забезпечення якості вищої освіти

ЕГ – експертна група

ОП – освітня програма

АНР – Ієрархічний аналіз процесів (англ. Analysis Hierarchical Process)

СЕАВ – Канадська рада з акредитації інженерів (англ. Canadian Engineering Accreditation Board)

МСДМ – Багатокритеріальні методи прийняття рішень (англ. Multi-Criteria Decision Making)

МДА – Багатокритеріальний засіб прийняття рішень (англ. Multicriteria Decision Aid)

ОР – Операційні дослідження (англ. Operational Research)

РЕОС – Освітні цілі програми (англ. Program Educational Objectives)

ПРОМЕТНЄЕ – Метод організації ранжування переваг для збагачення оцінок (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations)

SMART – Проста методика оцінки кількох атрибутів (Simple Multiple Attribute Rating Technique)

ТОПСІС – Методика визначення порядку переваги за схожістю з ідеальним рішенням (англ. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

ВСТУП

У сучасному глобалізованому світі економічне зростання визначається зростанням не стільки фізичного капіталу та праці, скільки запасом знань і темпами його зростання. Тому прагнення до якісної вищої освіти стало критично важливим для будь-якої нації. Водночас новітні інформаційно-комунікаційні технології уможливили появу суспільств знань, де заклади вищої освіти (ЗВО) відіграють ключову роль. За рекомендаціями ЮНЕСКО [1], розвиток сектору вищої освіти має бути пріоритетом як у найрозвиненіших країнах, так і в країнах з економікою, що розвивається.

Системи вищої освіти стикаються з проблемами забезпечення якості. Відомо, що якість не є статичною умовою, і її потрібно регулярно оцінювати та підвищувати. Забезпечення якості в більшості випадків заохочується постійною самооцінкою та пошуком певної форми зовнішнього підтвердження. Механізм зовнішнього забезпечення якості (External Quality Assurance, EQA) організовується шляхом створення незалежних адміністративних структур (Quality Assurance Agency, QAA), що функціонують як професійні буферні організації між органами державної влади та ЗВО. Національні QAAs, у міжнародній кооперації, виробляють загальні моделі EQA, затверджують стандарти та критерії якості (наприклад, у європейському просторі вищої освіти [2]). Втім діяльність QAAs зазнає критики, зокрема, через бюрократичні підходи до елементів процесу якості освіти, недовіра механізмів боротьби з корупцією в академічній сфері та ін. [3]. Зважаючи на цю критику, актуальними залишаються пошуки ефективних альтернатив, спроможних розумно покращити існуючі моделі EQA.

QAAs застосовують різні підходи до моніторингу та контролю якості вищої освіти, найбільш поширеним є акредитація. Акредитація є єдиним методом у спектрі забезпечення якості, який дає чітке судження про ступінь, у якій ЗВО чи освітня програма (ОП) відповідають встановленим стандартам. Результатом цього процесу є надання статусу (рішення так/ні) та ліцензії на

діяльність з обмеженим терміном дії. Проте процес акредитації піддається критиці через людські, фінансові ресурси та можливу упередженість експертів. Кваліфікація та навички членів експертних груп мають вирішальне значення з точки зору довіри до всього акредитаційного процесу. Саме тому процес рецензування стає об'єктом підвищеної уваги. Наголошується на необхідності кращого розуміння процесів експертного оцінювання з метою усунення існуючих недоліків.

Об'єкт дослідження – процеси прийняття рішень зовнішнього забезпечення якості у вищій освіті.

Предмет дослідження – моделі, методи, інструменти оцінки якості прийняття рішень експертами під час проведення акредитаційної експертизи.

Мета дослідження – є розробка теоретико-методичних рішень для ефективної реалізації процесів зовнішнього забезпечення якості вищої освіти.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасні ІТ-інструменти, які застосовуються для інформаційного супроводу процесів акредитації освітніх програм;
- визначити моделі, методи, інструменти прийняття рішень для оцінки якості вищої освіти, засновані на мультикритеріальному підході;
- дослідити організаційні особливості системи Національного агентства забезпечення якості вищої освіти (НАЗЯВО) в частині залучення груп експертів до процесу акредитації;
- запропонувати комплексну методику кількісного оцінювання якості ОП в умовах невизначеності на основі врахування відносної важливості відповідних критеріїв і субкритеріїв, а також рівнів академічної компетентності експертів.

1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗОВНІШНЬОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ОСВІТІ

1.1 Процеси забезпечення якості освіти: концепції удосконалення

Процеси забезпечення якості вищої освіти розвиваються у руслі загальних концепцій постійного вдосконалення та тотального менеджменту якості (TQM) [4]. Водночас звертається увага на те, що процеси забезпечення якості в бізнесі є більш передбачуваними та піддаються вимірюванню і контролю, ніж у галузі вищої освіти [5]. Отже очевидним стало те, що у той час, коли моделі управління стали домінувати в менеджменті, застосування їх у ЗВО залишаються неточними [6]. Прикметно, що дотепер зберігається широкий діапазон у розумінні процесів забезпечення якості у вищій освіті [7], по-різному розставляються акценти при виборі відповідних політик, дій та інструментів. Автори [8-9] обговорюють можливі способи вимірювання якості вищої освіти та висвітлюють причинно-наслідковий контекст процесу забезпечення якості у ЗВО. При цьому підкреслюється, що у вищій освіті TQM переважно застосовується для неакадемічних адміністративних процесів [10].

Окрему увагу приділено організаційним та методологічним підходам EQA, що застосовуються національними QAAs [11]. Важливі організаційно-методичні відмінності у застосовуваних європейськими агенціями підходах до здійснення акредитацій (інституційних та програмних) висвітлено авторами [12]. Ґрунтовний аналіз загальних цілей системи EQA та того, як вони корелюються з основними організаційними та методологічними підходами менеджменту якості представлено у роботі [13]. QAAs комбінують різні підходи, щоб адаптувати свою систему забезпечення якості до конкретних вимог місцевого контексту [14]. Автори [1; 4; 6; 12] відмічають зміщення акцентів у процесах забезпечення якості. Якщо традиційні схеми

забезпечення якості ґрунтувалися на експертній оцінці фахівцями зазначеної галузі, то нові підходи – на затверджених QAAs універсальних стандартах та критеріях. Водночас у публікаціях висловлюються критичні судження щодо стандартизації зовнішнього контролю за якістю ОП [7]. QAAs керуються критеріями оцінки «подолання необхідного порога», але не виявляють вбудованих стимулів для постійного поліпшення якості [15]. Також артикулюється проблема недостатньої чутливості EQA до професійної рамки кваліфікацій. Тому визнано важливим залучати до акредитації ОП експертів, які мають відповідний професійний досвід (наприклад, для інженерних програм [16], а також у галузі охорони здоров'я та соціальних наук [17], мистецтва та культури [18; 19]).

Висловлюється критика й до роботи експертів в оцінюванні ЗВО/освітніх програм. Зокрема, не завжди позитивний висновок експертів щодо акредитації призводить до позитивного рішення агенціями. За даними, наведеними у публікації [20], відхилення між рекомендаціями експертних груп щодо акредитації та остаточними рішеннями Німецької ради з акредитації склало у 2019-2020 рр 25% (умовна акредитація). У дослідженні [15] наголошується, що експертна оцінка представляється як судження, засноване на експертному досвіді, трансформується у технічний процес, орієнтований на чітко визначені критерії. Розбіжності в оцінюванні програми експертами та рішеннями QAAs підривають довіру стейкхолдерів до EQA процесів, оскільки не всі рішення щодо акредитації вважаються такими, що заслуговують на довіру [21]. Окремо робиться наголос і на можливих розбіжностях експертних оцінок: між тим, що офіційно заявлено, і тим, яку насправді експерти мають думку щодо оцінюваних ОП/ЗВО [15; 21]. Наприклад, висвітлена розбіжність в акредитації ОП професійно-технічних навчальних закладів Норвегії: 37% членів комісії під час опитування відповіли, що програма не має необхідного рівня, тоді як лише 9% програмних заяв були відхилені агенцією [15].

У дослідженнях висвітлюються такі проблеми експертної оцінки в акредитаційних процесах, як неефективність, упередженість та надмірна суб'єктивність [21; 22]. Водночас зазначається, що при акредитації неможливо уникнути суб'єктивності експертних оцінок, втім QAAs мають приділяти особливу увагу складу команди експертів для кожної ОП/ЗВО [13; 21]. Отже, важливою проблемою визнано забезпечення того, щоб команда експертів дала хорошу колективну оцінку. Поєднання навичок та досвіду робить оцінку більш справедливою та такою, якій стейкхолдери довіряють. Наразі практика підбору експертів у команду, на думку авторів [22, 23], потребує спеціального аналізу. Оскільки процес експертної оцінки передбачає вироблення оціночних суджень щодо відповідності ОП/ЗВО системі стандартів, критеріїв та відповідних індикаторів, цілком логічною є окреслення авторами проблеми формування якісного складу експертної групи, здатної мінімізувати надмірну суб'єктивність та керуватися принципами об'єктивності [20]. У цьому напрямку аналізуються національні акредитаційні практики з точки зору компетентності експертів. Автор [23], аналізуючи практики Зімбабве, звертає увагу на такий фактор, як відсутність належних знань з боку експертів. Зважаючи на обмежені людські ресурси експертної групи (зазвичай 3 експерти на одну освітню програму), існує потреба у максимально необхідному використанні їх потенціалу. Висловлюються думки [18; 23], що вирішення цієї проблеми лежить у площині забезпечення мінімальної кількості «академічного капіталу».

Окрема дискусія розгортається навколо залучення до експертної роботи здобувачів вищої освіти у контексті трансформації процесів забезпечення якості вищої освіти у напрямку задоволення потреб стейкхолдерів [24]. Робиться припущення: що акцентування уваги на студентах як клієнтах має непередбачувані наслідки, які ускладнюють досягнення якісного освітнього досвіду, якого хочуть студенти, та який хочуть надати викладачі та менеджери. Автор [25] зазначає, що не досягнуто консенсусу щодо того, як студенти мають бути залучені до процесів

забезпечення якості. Характер залучення студентів у якості експертів у зовнішньому забезпеченні якості суттєво відрізняється залежно від національних систем [26]: з дорадчими функціями або у якості повноправних членів комітетів агентства та/або членами експертних груп, які відвідують ЗВО з метою їх оцінки. У статті [27] наводяться аргументи про те, що у студентів-кандидатів для роботи в експертній групі немає відповідного досвіду, знань, навичок, порівняно з професійними експертами. У роботі [27] презентовано практику українського QAA, де студентів залучають до експертної групи як повноправних членів, осіб, які володіють необхідними знаннями та досвідом, що дозволяють ефективно оцінювати якість ОП та освітнього менеджменту ЗВО, а також розробляти рекомендації щодо підвищення якості вищої освіти [28]. Прикметно, що українська QAA не конкретизує рівень освітнього досвіду студентів (бакалавр, магістр, аспірант), через це здобувачі бакалавріату визнаються особами, які мають належний досвід для оцінювання програм не тільки бакалаврів, а й магістрів та аспірантів. У той же час у інших європейських країнах з тривалим досвідом демократичних практик освітнього менеджменту проблема залучення студентства у процеси зовнішнього забезпечення якості освіти обговорюється більш ґрунтовно й у кореляції з їх досвідом участі у внутрішніх процесах забезпечення якості [26].

Окрема увага дослідників [13] фокусується на процесах формування експертної думки. Наприклад, у статті [15] представлено результати опитування експертів щодо значимості джерел інформації для прийняття ними рішень. Підкреслюється, що надається різна значимість джерелам: стандартам агентства, звіту самооцінювання, візиту у ЗВО, власній компетентності та досвіду, обговоренню в експертній групі. У статті [15] викладені результати інтерв'ю із стейкхолдерами норвезької системи вищої освіти, які показують, що частина критеріїв QAA вважаються стейкхолдерами занадто нечіткими, тоді як інші критерії критикуються за кількісний характер та недостатню відповідність принципам якості освіти.

Підкреслюється, що до педагогічних ресурсів, інфраструктури та системи ЗВО із забезпечення якості застосовуються критерії з мінімальними вимогами. Це, зі свого боку, уможливорює ситуацію, коли оцінці навчання та результатам навчання може приділятися менше уваги. Так само це стосується й оцінки ОП за критерієм інноваційності. Акцентація уваги на кількісних критеріях та мінімальних вимогах до ОП може перешкодити визначенню кращих та інноваційних практик ЗВО. Про це зазначають автори [18, 19], які описують власний досвід роботи в якості членів комісії з акредитації. Цілком ймовірно, що певні види освітніх інновацій залишаються непоміченими для експертних груп. Наприклад, одним з пріоритетів розвитку вищої освіти є більша інтегрованість соціальних компонентів, що стосуються питань рівності, інклюзії та різноманіття [28-30].

Крім того, звертається увага на те, що експертна оцінка є інтерактивним процесом, тому від членів комісії вимагаються раціональні зусилля для формування консенсусу [21; 22; 26]. Аналіз наявної літератури з цього питання засвідчив, що проблема створення інформаційної платформи для експертів, на якій їх внесок і знання будуть враховані та визначатимуть цінність їх внеску в процес акредитації, залишається недослідженою. Усе це дозволяє стверджувати про доцільність проведення дослідження, присвяченого розробці моделей прийняття рішень для процесів EQA у вищій освіті.

1.2 Аналіз ІТ-інструментів підтримки акредитаційних процесів освітніх програм

Управління та сприяння якості в освіті стало головним пріоритетом для навчальних закладів та осіб, які приймають рішення [31]. Існують різні моделі якості для досягнення досконалості в некомерційних контекстах, наприклад, Європейський фонд управління якістю (EFQM) і Національна

премія якості Малкольма Болдріджа (MBNQA). Порівняння двох моделей показало, що модель EFQM перевершує модель MBNQA щодо задоволення основних принципів повного управління якістю, таких як лідерство, орієнтація на клієнта, управління процесами та постійне вдосконалення [32].

АСАТ – це веб-інструмент, який полегшує збір даних та створення звітів про оцінку відповідно до вимог Агенцій із забезпечення якості вищої освіти [33]. Загалом АСАТ охоплює чотири модулі, а саме адміністрування, введення даних, створення звітів та аутентифікацію модуля доступу. Аналогічно, веб-інструмент оцінювання був розроблений у [34] для автоматичного збору даних оцінювання, оцінки рівнів досягнень студентів та моніторингу виконання дій щодо покращення. Портал містить три ключові компоненти, а саме модуль курсу, модуль моніторингу та модуль оцінки [35]. Портал оптимізує зусилля різних зацікавлених сторін циклу оцінки. Крім того, інструмент дає змогу безпосередньо зіставляти результати курсу з результатами програми, що дозволяє виявити недоліки в змісті курсу.

У [36] OBACIS представлено як основу для виконання вимог Канадської ради з акредитації інженерів (Canadian Engineering Accreditation Board, CEAB) і згодом розширено, щоб прискорити етап звітності щодо документів та ресурсів оцінки [37]. Фактично, інструмент автоматизує створення інформаційних листів курсу, об'єднуючи три модулі, а саме офісну програму для оцінювання та звітів ОВЕ, веб-додаток для шаблонів викладачів та додаток Windows для звітів про програми та оцінювання. Усі модулі взаємодіють із центральною базою даних із кількох ресурсів. Автори очікують, що інструмент може заощадити до 70% необхідних зусиль для оцінки. Для підвищення рівня досягнення учнів слабкими групами студентів [38] пропонується включити модуль аналітики навчання.

Інші складні інструменти підтримки акредитації використовують парадигму кількох агентів. Наприклад, [39] використовували програмні агенти, щоб перевірити потреби та статус програми установи та відповідно надати поради та створювати звіти про оцінку. У роботі [40] проведено

тематичне дослідження, щоб продемонструвати переваги використання Інтернету речей за допомогою спеціального веб-сервісу для покращення навчального процесу. Інші рамки, які мали на меті прищепити якість в освіті, запровадили використання шести сигм для розробки систем управління якістю [41]. Інструмент Moodle, заснований на моделі соціально-формульованих компетенцій, запропоновано в [42], де викладачі можуть розробляти та включати оцінювання відповідно до рівня компетенції своїх студентів. Оцінки задоволеності інструментом були сприятливими.

У зв'язку з нашим дослідженням [43] використовувався CLOSO, розроблений у Visual Basic .NET, щоб продемонструвати автоматичне оцінювання результатів курсу та студентів, щоб зменшити час і зусилля викладачів. Нарешті, EvalTools детально описано в [44] як веб-інструмент для реалізації конкретних показників ефективності на рівні курсу, а не на рівні програми, щоб виконати вимоги АБЕТ. Інструмент застосовує зважений алгоритм для вимірювання різних рівнів навчання (наприклад, початківець, середній і майстер) у трьох областях навчання (наприклад, когнітивному, афективному та психомоторному).

EvalTools – це повний інструмент керування онлайн-навчанням та комплексний інструмент оцінювання, розроблений Makteam [45], як показано на рисунку 1.1. EvalTools н інтегрує три функції, головним чином: управління навчанням (наприклад, відвідування, заняття, завдання, зошит тощо), результати навчання оцінювання (наприклад, пряме та опосередковане оцінювання результатів навчання), а також академічне управління (наприклад, деканат, викладання кафедри тощо). До сьогодні EvalTools використовувався кількома університетами для отримання акредитації для студентських інженерних і наукових програм.

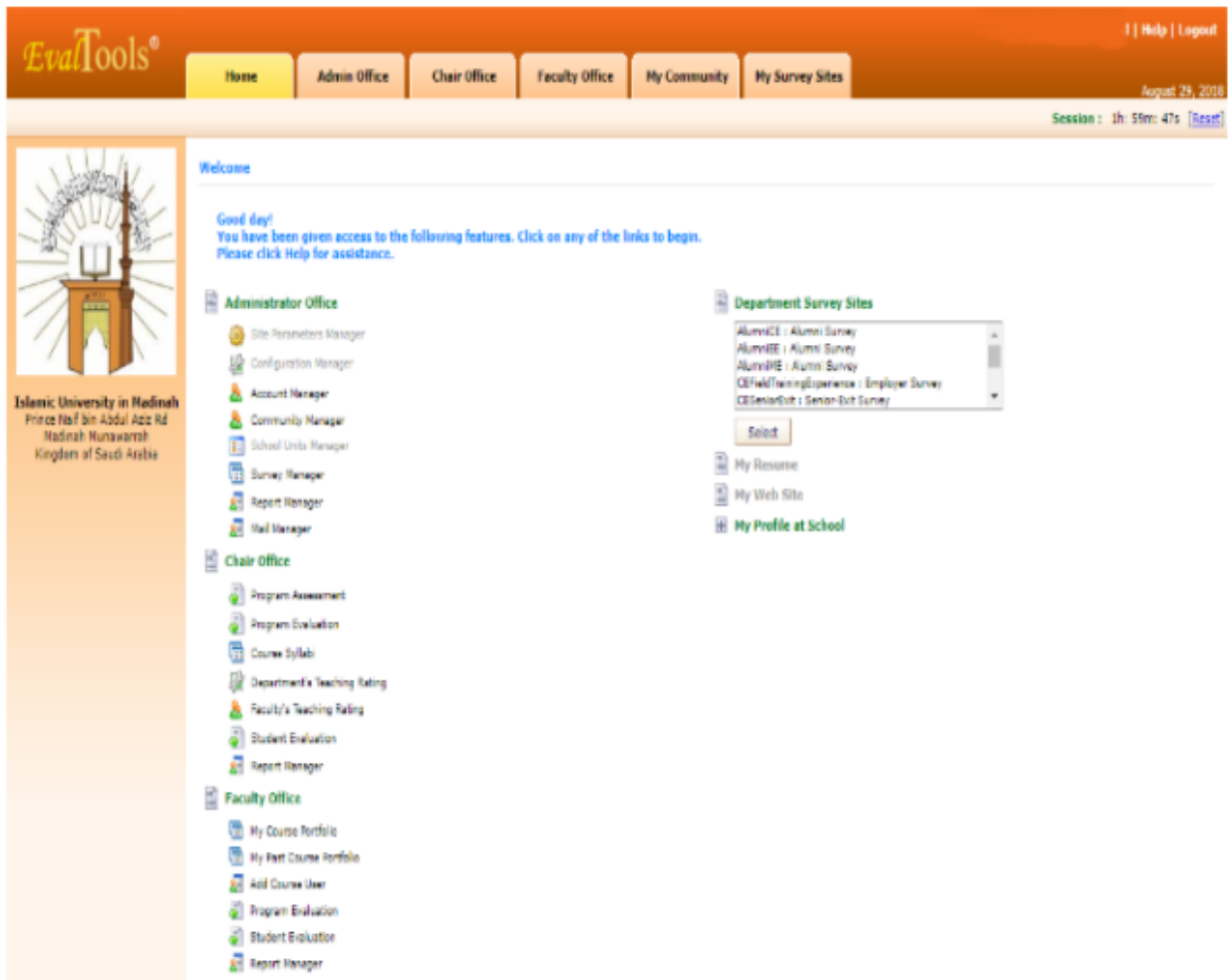


Рисунок 1.1 – Вікно інтерфейсу адміністратора EvalTools

CLOSO — це інструмент акредитації, розроблений дослідницькою групою у Сполучених Штатах у 2009 році [46] (рисунок 1.2). CLOSO містить один основний модуль, оцінку результатів навчання, який автоматизує процеси, пов'язані з безперервним підвищенням якості та зменшує навантаження на викладачів та координаторів акредитації. Загалом, автоматизовані процеси CLOSO включають:

- створення папок курсів;
- оцінка даних кількісної оцінки;
- аналіз процесів, пов'язаних з безперервним підвищенням якості;
- покращення процесу прийняття рішень для координаторів програм та політиків.

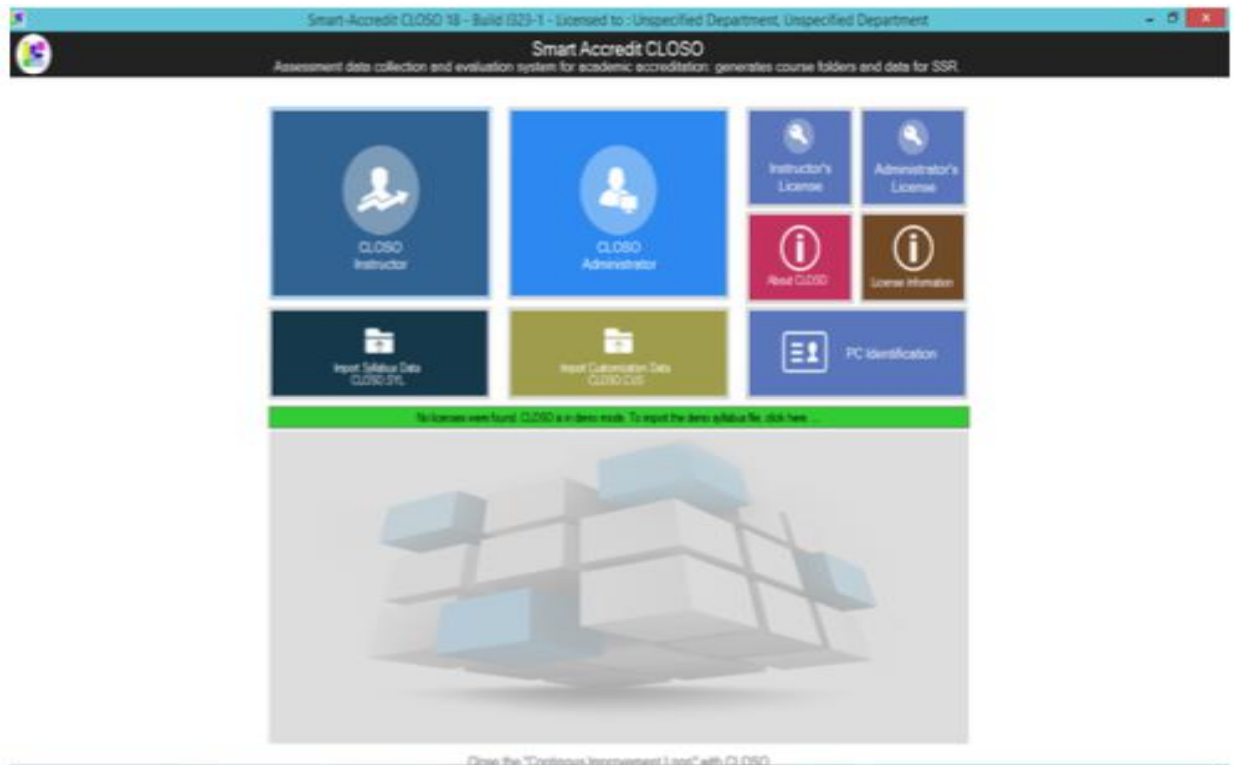


Рисунок 1.2 – Домашня сторінка CLOSO

До сьогодні CLOSO використовувався кількома університетами для отримання міжнародної акредитації наукових та інженерних програм.

WEAVEonline – це веб-інструмент для управління оцінкою та оцінкою освітніх та неосвітніх результатів (наприклад, результатів або цілей) у різних академічних або неакадемічних підрозділах, щоб допомогти університетам та академічним програмам керувати акредитацією, оцінкою, плануванням та процесу покращення якості [47] (рисунок 1.3). WEAVEonline призначений для зберігання даних оцінювання та оцінювання, які в кінцевому підсумку покращують навчання студентів і якість послуг, що пропонуються університетами та академічними програмами в різних формах. WEAVEonline в основному зосереджується на постійному вдосконаленні всіх академічних програм, адміністративних та студентських відділів, а також інших наданих послуг. Крім того, цей інструмент підтримує реалізацію планів удосконалення.

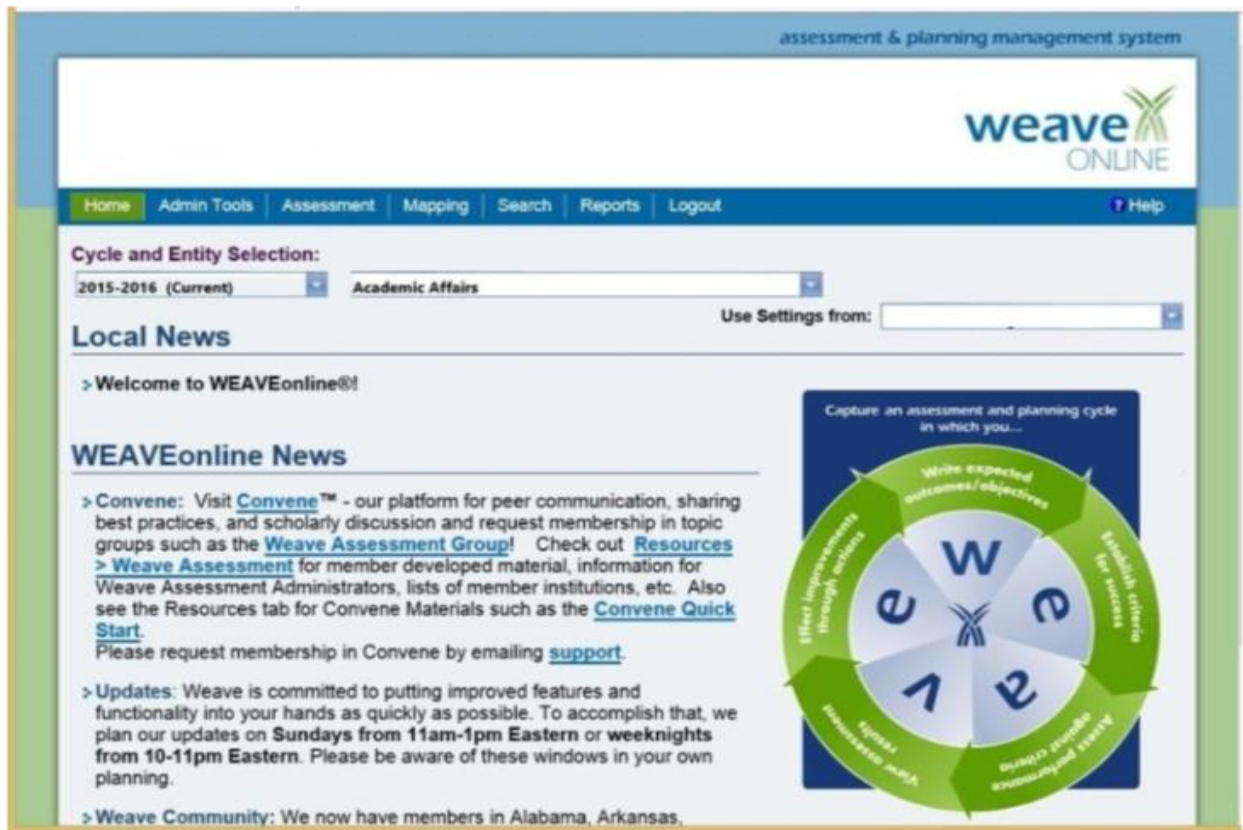


Рисунок 1.3 – Домашня сторінка WEAVEonline

EvalTools передбачає існування чотирьох типів користувачів, які можуть отримати доступ до різних модулів EvalTools.

- 1) Адміністратор: адміністратор має повний доступ і повні привілеї до всіх інструментальних модулів, пов'язаних з усіма академічними програмами факультету.
- 2) Координатор програми: координатор має доступ до системних модулів, які стосуються оцінювання академічної програми на факультеті.
- 3) Викладачі: викладачі мають обмежений доступ до функцій і модулів системи, які пов'язані з їхніми курсами та звітами в рамках певної академічної програми.
- 4) Студенти: студенти мають доступ лише до модуля управління навчанням своїх поточних і минулих курсів.

Основні завдання введення даних, які виконує адміністратор у EvalTools, включає: створення нових користувачів та інструментів; введення даних, пов'язаних з оцінюванням програми, таких як результати здобувачів

вищої освіти та показники успішності; створення карти навчальної програми та налаштування відповідних опитувань непрямого оцінювання. Проте викладач несе відповідальність за введення інформації про курси та завантаження відповідних матеріалів (наприклад, слайдів лекцій і завдань), вставлення оцінок студентів, завантаження оцінок, а також написання міркувань і дій щодо успішності своїх учнів. Студенти, з іншого боку, завантажують відповіді на свої завдання в EvalTools і оцінюють якість своїх курсів, заповнюючи різні типи опитувань (наприклад, курс, старший, польовий досвід тощо).

EvalTools автоматично створює на основі введених даних безліч звітів і документів, які вважаються корисними як для навчання студентів, так і для оцінювання програми.

В таблиці 1.1 наведено результати компаративного аналізу IT-інструментів акредитації EvalTools, CLOSO та WEAVEonline за 36 критеріями та використанням шкали оцінок:

«Так» – означає, що критерій повністю задоволений;

«Ні» – означає, що критерій взагалі не виконано;

«Частковий» – означає, що інструмент частково відповідає зазначеному критерію.

Таблиця 1.1 – Порівняння IT-інструментів підтримки акредитації

Критерій порівняння	EvalTools	CLOSO	WEAVEonline
1	2	3	4
Тип застосування	Веб-базований (інсталяція не потрібна)	Окрема програма (потребує встановлення)	Веб-орієнтований (інсталяція не потрібна)
Загальне призначення інструменту	Оцінювання на основі	Оцінка на основі результатів, пов'язана з акредитацією	Управління процесами акредитації, оцінки, планування та

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
	результатів	АВЕТ	підвищення якості університетів
Система управління навчанням та курсами (для студентів)	Так	Ні	Ні
Охоплення всього циклу безперервного покращення якості (Continuous Quality Improvement, CQI).	Ні	Ні	Частково
Планування CQI	Частково	Так	Так
Реалізація CQI	Так	Так	Ні
Аналіз CQI	Так	Так	Так
Звітність CQI	Так	Частково	Так
Дії з покращення CQI	Так	Частково	Так
Зручність (простота використання)	Складний у використанні	Легкий у використанні	Легкий у використанні
Траєкторія навчання	Крута – трудомістка	Вимагає менше зусиль	Вимагає менше зусиль
Адаптація до різних моделей оцінювання програм	Частково	Ні	Ні
Контроль доступу та різні профілі	Так	Ні	Так
Безпека системи та конфіденційності даних	Слабка	Середня	Середня
Введення даних	Високий об'єм	Низький об'єм	Середній об'єм
Автоматизація	Так	Ні	Ні
Продуктивність (час виконання та загальна швидкість)	Повільно	Швидка	Швидко
Налаштування (наприклад, термінологія, опитування тощо)	Низький	Середній	Низький

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Підзвітність (здатність відстежувати та слідкувати за зацікавленими сторонами програми)	Високий	Низький	Високий
Непряме оцінювання викладання (через опитування)	Так	Частково	Частково
Безпосереднє оцінювання викладання (через завдання, іспити тощо)	Так	Так	Так
Модуль консультування студентів	Так	Ні	Ні
Архівування об'єктивних доказів	Так	Так	Так
Повторне використання існуючих модулів (наприклад, імпорт	Високий	Низький	Дуже високий
1	2	3	4
попередніх завдань, рубрик тощо)			
Моніторинг роботи викладачів	Так	Ні	Ні
Управління опитуванням	Так	Так	Ні
Використання комітетів для управління робочим навантаженням	Так	Ні	Так
Використання соціальних мереж для спілкування зі студентами	Ні	Ні	Ні
Заохочення групової роботи серед учнів	Так	Ні	Ні
Використання системи на різних рівнях в університеті (академічні програми, університет, адміністративні одиниці)	Ні (Використовується лише на рівні програми)	Ні (Використовується лише на рівні програми)	Так

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
тощо)			
Надання зовнішнім оцінювачам доступ до інструменту	Так	Ні	Так
Інструмент розроблено на основі академічного органу з акредитації	Часткова	Так	Ні
Система підтримує кількісний та якісний аналіз досягнень	Так	Так	Так
1	2	3	4
результатів			
Інструмент підтримує внутрішній і зовнішній порівняльний аналіз у процесі постійного покращення якості	Ні	Ні	Ні
Інструмент пов'язаний з різними іншими електронними системами університету	Ні	Ні	Частково
Затвердження важливих елементів у процесі оцінювання може здійснюватися в електронному вигляді	Так	Ні	Так

Результати експертного аналізу показали, що жоден інструмент не охоплює всі фази безперервного покращення якості. EvalTools має багато функцій і потужний механізм звітності; однак, його робота займає відносно багато часу і менш зручна для користувачів. CLOSO охоплює четвертий і п'ятий критерії і створює відповідні готові до використання звіти. Однак він не підтримує групову роботу та співпрацю та обмежений жорстким планом оцінки. WEAVEonline підтримує оцінку освітніх і неосвітніх результатів і

результатів і використовує компонент відстеження для моніторингу виконання завдань оцінювання та планів дій щодо покращення. Однак у WEAVEonline відсутній модуль керування опитуванням для збору даних непрямої оцінки та вимагає підготовки оцінок за межами інструменту.

2 МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

2.1 Багатокритеріальний підхід до прийняття рішень для покращення процесу акредитації університету

Університети постійно стикаються з проблемами оптимізації ресурсів та інвестицій, що в свою чергу негативно впливає на управління навчальними проектами та їх ефективність. Заклади вищої освіти (ЗВО) завжди шукають інновації, щоб вони могли задовольнити потреби ринку освітніх послуг та заохочувати наукові дослідження. Переважно усі керівники ЗВО виходять з того, що прийняття ефективного рішення наперед вимагає попереднього вивчення будь-якої освітньої пропозиції. Багатокритеріальні методи прийняття рішень (Multi-criteria decision making, MCDM) все частіше використовуються в різних областях, таких як управління природними ресурсами, навколишнє середовище та просторове планування, що дає можливість покладатися на науку під час прийняття управлінських рішень і керувати процесами прийняття рішень в організованих системах [48]. Незалежно від того, чи є вони стратегічними, глобальними, оперативними чи локальними, прийняття рішень, як правило, здійснюється для послідовного управління організаціями: кількісно (кількість пропонованих продуктів або послуг) і якісно (розробка стандартів, встановлення статуту). Тому для прийняття рішення потрібні різні альтернативи, які необхідно оцінити за одним або кількома критеріями, щоб визначити оптимальний [49]. Ці альтернативи та індикатори надзвичайно допомагають у прийнятті рішень і є великим внеском у розвиток майбутніх кроків.

Підтримка рішень – це науковий підхід до проблем прийняття рішень, які виникають у будь-якому соціально-економічному контексті, в якому двома основними факторами є особа, яка приймає рішення, яка керує процесом прийняття рішень, і відповідальний за дослідження, який втручається принаймні на 1 із 3 важливих рівня, а саме моделювання проблеми прийняття рішення, розробка або адаптація процедури використання моделі та розробка рецепту з рішення(нь) [50]. Раніше підтримка прийняття рішень була розроблена, щоб знайти варіант вирішення певної проблеми. Сьогодні цей метод дозволяє запропонувати відповіді у вигляді рекомендацій особам, які приймають рішення щодо процесу пошуку і вибору найкращого варіанту рішення [51]. Операційні дослідження (Operational research, OR) пропонують різноманітні інструменти підтримки прийняття рішень, і пошук найскладніших рішень та оптимізація ресурсів можливі за допомогою використання низки алгоритмічних підходів, які ітеративно створюють рішення, шукають глобальний оптимум із даного рішення, і декомпозують цілі, щоб полегшити прийняття рішень. Ці суто алгоритмічні методи розв'язання у сфері прийняття рішень вчасно, ефективно та швидко переходять до рішення чи вибору [52]. Багатокритеріальна підтримка прийняття рішень є основною областю вивчення OR, в якій беруть участь кілька наукових шкіл, переважно американських [53]. Це математичні методи для вибору найкращого рішення або оптимального рішення з усієї сукупності рішень.

Багатокритеріальний засіб прийняття рішень (Multicriteria decision aid, MDA) було створено в 1970-х роках. Він викликав інтерес завдяки своєму інноваційному підходу, починаючи з однокритеріального аналізу з подальшим зважуванням критеріїв та процедурами їх агрегування, що відрізнялися в проблемах прийняття рішень [54]. Більшість звичайних методів MCDM використовують параметри, отримані з уподобань особи, яка приймає рішення. Ці параметри часто використовуються для розрахунку

ваги, кількісно визначаючи важливість кожного критерію в процесі багатокритеріальних рішень. Цей домен поділено на два субдомени:

- MADM (прийняття рішень із багатьма атрибутами) для вибору найкращої альтернативи із заздалегідь визначеного набору альтернатив;
- MODM (багатооб’єктивне прийняття рішень) щодо вибору найкращої дії в безперервному або дискретному просторі рішень. Багатоцільова оптимізація є галуззю MODM [55].

Автори в [56] уточнюють, що в процесі підтримки прийняття багатокритеріальних рішень головною метою є не пошук рішення, а створення інструменту, який вважається корисним у процесі прийняття рішень. З тих пір все частіше використовуються методи MCDM, включаючи MAXMIN, MAXMAX, SAW, АНР, TOPSIS, SMART і ELECTRE [57] для того, щоб зробити вибір, класифікувати або розібратися для прийняття ефективного рішення. Прогресування MCDM проходить через 6 кроків (рисунок 2.1).

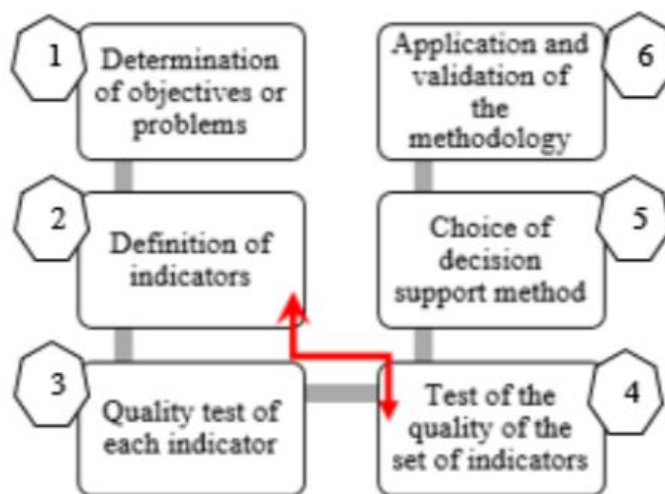


Рисунок 2.1 – Загальні етапи методів MCDM

Кроки тестування є важливими, оскільки вони дають точну оцінку показників. Якщо якість індикатора не відповідає поставленим цілям, його потрібно перевизначити і знов перевірити. Методика визначення порядку переваги за схожістю з ідеальним рішенням (Technique for Order of Preference

by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS) може бути використаний для дослідження прийняття рішень для управління процесами акредитації та навчання. Переваги та обмеження аналізованих методів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Методи MCDM: переваги та обмеження

Назва методу	Характеристика застосування методу
1	2
АНР	Популярний метод, який піддавався критиці щодо вибуху кількості парних порівнянь у разі складної задачі, зміни рангу (порядку пріоритету дій) у разі додавання чи вилучення та внесення упереджень асоціацією числової шкали на семантичній шкалі, яка є обмежувальною. В даний час АНР піддається кільком розширенням, таким як врахування невизначеності (стохастичний АНР) і розмиття (нечіткі АНР) у вираженні суджень
SMART	Подібний до АНР і простий у використанні, але вимагає апріорної артикуляції переваг та оцінки дій за єдиною шкалою (кардинальна шкала). Він є компенсаційним і був розроблений в Criterium Decision Plus 3.0 і Decide Right для автоматичного керування
TOPSIS	Простіший у застосуванні метод і реагування на побажання особи, яка приймає рішення. Однак атрибути повинні носити кардинальний характер, переваги фіксуються апріорі. З іншого боку, якщо всі дії негативні, метод пропонує найкращі з цих негативних дій
ELECTRE I	Метод дозволяє добре формалізувати процес людських міркувань, але має недолік використання вагових коефіцієнтів квантування важливості різних критеріїв. Незважаючи на внесок цього методу, особа, яка приймає рішення, все ще стоїть перед складним завданням надання вагових коефіцієнтів квантування
ELECTRE II	Метод замінює класичні відносини оновлення двома новими зв'язками, а саме сильним оновленням і слабким оновленням
ELECTRE III	Метод вводить поняття псевдокритеріїв, які замінюють класичні критерії. Псевдокритерії моделюються

Продовження таблиці 2.1

1	2
	функціями, вираз яких близький до функцій належності, відомих у галузі нечіткої логіки
ELECTRE IV	Метод відрізняється своєю здатністю обійтися без ваг, пов'язаних з кожним критерієм. Однак ця перевага пом'якшується необхідністю визначення «ступеню довіри», пов'язаного з кожним використаним співвідношенням випередження
GRA	Метод використовує конкретне поняття інформації. Він визначає ситуації без інформації як чорні, а ситуації з ідеальною інформацією – як білі. Жодна з цих ідеалізованих ситуацій ніколи не зустрічається в проблемах реального світу. Ситуації між цими крайнощами описуються як сірі, туманні або нечіткі
PROMETHEE GAIA	На відміну від відношення випередження, створеного методом ELECTRE, яке є суто бінарним, відношення, створене PROMETHEE, є цінним відношенням вищого класу: одна дія перевершує іншу з числовою інтенсивністю переваги. У 1989 році GAIA надала описове доповнення до рейтингу PROMETHEE. Використовуючи графічне представлення багатокритеріальної проблеми, особа, яка приймає рішення, може легко зрозуміти, які варіанти можливі та які компроміси необхідні для прийняття правильного рішення. PROMETHEE-GAIA вимагає меншої параметризації, залишаючись так само ефективним. Це дає можливість залишатися ближче до реальної проблеми прийняття рішень, краще її описати та провести аналіз чутливості

Ієрархічний аналіз процесів (Hierarchical Process Analysis, АНР) – це напівкількісний метод [58], його комп'ютерна версія програмного забезпечення «Expert Choice» була представлена в США в 1985 році. Цей метод заснований на порівнянні пар варіантів і критеріїв шляхом структурування в логічній узгодженості:

- класи, критерії та ієрархічні ваги;
- підкритерії та ранги за пріоритетом.

АНР передбачає створення пар елементів кожного ієрархічного рівня з елементом вищого ієрархічного рівня. Цей крок дає можливість побудувати матриці порівняння. Значення цих матриць отримують шляхом перетворення суджень у числові значення за шкалою Томаса Сааті [59] із дотриманням принципу взаємності:

$$\square\square\square \quad P_C(E_A, E_B) = \frac{1}{P_C(E_B, E_A)} \quad (2.1)$$

Проста методика оцінки кількох атрибутів (Simple Multiple Attribute Rating Technique, SMART) схожа на АНР, розробляється з 1971 року як ієрархічна структура для допомоги у визначенні проблеми та в організації критеріїв. Відмінність між деревом значень та ієрархією в АНР полягає в тому, що дерево значень має справжню деревоподібну структуру, що дозволяє підключити один атрибут або підкритерій до критерію вищого рівня. Застосування методики SMART передбачає виконання основних кроків:

- розміщення критеріїв в порядку зменшення важливості;
- визначення ваги кожного критерію;
- нормалізація відносних коефіцієнтів важливості від 0 до 1;
- виміряти розташування кожної дії за кожним критерієм ($u_j(\alpha_i)$).
Оцінювання дії здійснюються за шкалою від 0 (правдоподібний мінімум) до 100 (правдоподібний максимум);
- визначення вартість кожної акції на основі такої зваженої суми:

$$U(\alpha_i) = \sum_j^n p_j u_j(\alpha_i), i = 1, 2, \dots, m; \quad (2.2)$$

- класифікація дії в порядку зменшення $U(\alpha_i)$.

Методика визначення порядку переваги за схожістю з ідеальним рішенням (Technique for order of preference by similarity to ideal solution, TOPSIS) відповідає таксономічному методу впорядкування об'єктів Хеллвіга [60]. Основними перевагами методу є: це проста, раціональна, зрозуміла концепція, а також інтуїтивно зрозуміла та зрозуміла логіка, яка представляє обґрунтування вибору людини. У цьому методі висуваються дві альтернативи: ідеальне рішення, яке має найкраще рішення для всіх атрибутів, і негативне ідеальне рішення для того, яке має найгірші значення атрибутів.

Метод TOPSIS виконує визначення пріоритетів альтернатив на основі їх геометричної відстані від позитивно-ідеального та негативно-ідеального рішення. Це зменшує потребу в парних порівняннях, а обмеження ємності не може істотно домінувати в процесі. Тому застосування методу TOPSIS було б доцільно у випадках з великою кількістю критеріїв та альтернатив, особливо коли визначаються об'єктивні чи кількісні дані [61]. TOPSIS розбиває рішення на кілька етапів.

Етап 1. Формування матриці рішень. Результати критеріїв альтернатив рішення збираються в матрицю рішень. Рядки матриці представляють альтернативи рішення, а стовпці – критерії. Значення, знайдене на перетині рядка і стовпця в матриці, є результатом критерію: виміряну або прогнозовану ефективність альтернативи рішення за критерієм.

$$X = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} x_{11} \dots & \dots x_{1j} \dots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} \dots & \dots x_{ij} \dots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} \dots & \dots x_{mj} \dots & \dots x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (2.3)$$

де, x_{ij} – рейтинг продуктивності альтернативи і щодо до критерію j , A_i – це альтернатива, а C_j – j -ий критерій.

Етап 2. Формування вагової матриці. Особа, яка приймає рішення, може призначати різні вагові коефіцієнти різним критеріям незалежно або ентропійним методом. Ці ваги формують вагову матрицю:

$$W = [W_1 \dots W_j \dots W_n] \quad (2.4)$$

Етап 3. Нормалізація рейтингу продуктивності. Одиниці та розміри рейтингів продуктивності за критеріями відрізняються. Для порівняння ці показники продуктивності перетворюються в безрозмірні одиниці шляхом нормалізації за допомогою таких рівнянь:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})} \quad (2.5)$$

для критеріїв пільг j і

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min_i(x_{ij})}{x_{ij}} \quad (2.6)$$

для критеріїв невигоди j .

Нарешті формується нормована матриця рішень:

$$\bar{X} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \dots & \dots & \bar{x}_{1j} & \dots & \bar{x}_{1n} \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \dots & \dots & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & & & \vdots & & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & & & \bar{x}_{mj} & & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \quad (2.7)$$

Етап 4. Визначення позитивного ідеального та негативного ідеального рішення

$$A^+ = (a_{i1}^+, a_{i2}^+, \dots, \dots, \dots, a_{im}^+),$$

$$a_{ij}^+ = \max_{1 \leq i \leq m} (a_{ij}), j=1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

$$A^- = (a_{i1}^-, a_{i2}^-, \dots, \dots, \dots, a_{im}^-),$$

$$a_{ij}^- = \min_{1 \leq i \leq m} (a_{ij}), j=1, 2, \dots, n \quad (2.9)$$

Етап 5. Розрахунок сепараційних заходів. Використовуючи n -вимірну евклідову відстань, відділення кожної альтернативи від позитивного ідеального рішення задається наступним чином:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j (a_{ij}^+ - a_{ij})^2} \quad (2.10)$$

Аналогічно, відділення від негативного ідеального рішення задається наступним чином:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j (a_{ij}^- - a_{ij})^2} \quad (2.11)$$

Етап 6. Розрахунок співвідношення. Для кожної альтернативи обчисліть співвідношення R_i :

$$R_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.12)$$

Етап 7. Ранжування альтернативи в порядку збільшення відповідно до значення співвідношення R_i .

ELECTRE I (Elimination and Choice Translating Reality) був розроблений у 1968 році, а ELECTRE II — у 1971 році [62]. Обидві версії засновані на поняттях конкордантності і незгоди. ELECTRE – це некомпенсаційний метод

багатокритеріальної підтримки прийняття рішень. Насправді особа, яка приймає рішення, часто не визначилася, його уподобання змінюються, оскільки рішення є результатом процесу мікрорішень. Оптимуму можна досягти лише при дотриманні трьох умов:

- різні стратегії (проекти), запропоновані особам, які приймають рішення, відрізняються;
- присутня стабільність стратегій у часі;
- порівнянність є транзитивною.

ELECTRE III базується на нечіткій логіці та конструктивному підході, який класифікує дії, що, у свою чергу, сприяє [63]:

- діалог між різними факторами в процесі прийняття рішень;
- зважуванню критеріїв за факторами, що виражають переваги щодо стратегій управління ресурсами;
- врахуванню невизначеності в оцінці дій за псевдокритеріями.

Метод ELECTRE IV передбачає, що всі псевдокритерії однаково важливі, включає два відношення випередження, такі як ELECTRE II, але лише один набір порогових значень вето, а поняття конкордантності перекладається поняттям більшості критеріїв за відсутності будь-якого зважування.

Метод Gray Relational Analysis (GRA) використовує конкретну концепцію інформації і називається моделлю аналізу сірої захворюваності Денга [64]. Цей метод визначає ситуації без інформації як чорні, а ситуації з ідеальною інформацією як білі. Однак жодна з цих ідеалізованих ситуацій ніколи не зустрічається в проблемах реального світу. Фактично ситуації між цими крайнощами описуються як сірі або нечіткі [65]. Сфера дії сірої системи включає сільське господарство, екологію, економіку, метеорологію, медицину, історію, географію, промисловість, землетрус, геологію, гідрологію, іригацію, стратегію, військову справу, спорт, транспорт, менеджмент, матеріалознавство, навколишнє середовище, біологічний захист, судову систему.

Метод організації ранжування переваг для збагачення оцінок (Preference ranking organization method for enrichment of evaluations, PROMETHEE) є частиною сімейства методів оновлення, які дозволяють використовувати дві конкретні математичні обробки: часткове зберігання (PROMETHEE I) і повне зберігання (PROMETHEE II). Завдяки описовому доповненню геометричного аналізу для інтерактивної допомоги вони більш відомі під назвами PROMETHEE та GAIA1 [66]. Методи PROMETHEE та GAIA пропонують директивний та описовий підхід до аналізу дискретних багатокритеріальних проблем, що охоплюють декілька областей.

2.2 Модель акредитації інноваційних освітніх програм

Відповідність стандартам і критеріям, встановлених Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти (NAQA), є суттєвим для схвалення навчання, запропонованого будь-яким ЗВО. У моделі (рисунок 2.2) представлено загальний процес обробки запитів на акредитацію освітніх програм та основні умови, які необхідно враховувати, щоб уникнути повернення відмов або серйозних змін: відповідний обсяг годин (теоретично-лекційні, лабораторні та(або) семінарські заняття, практика, а також стажування та партнерство для підготовки профілів для професійного світу.

Для визначення не лише основних ризиків, які необхідно враховувати, а й відповідальність та дії, які необхідно вжити для реагування на них, запропонована матриця управління ризиками (таблиця 2.2). Матриця управління ризиками доменструє, що навчальні ресурси та людські ресурси є найбільш важливими відповідно до їх відповідних рейтингів 20/25 та 16/25, що пояснюється ризиком нестачі аудиторій, які можна вирішити за допомогою відповідних поановий дій або розширення закладу. Таким чином, керівники повинні встановити політику постійного навчання кадрів відповідно до розвитку ринку освітніх та відповідну бюджетну стратегію

щодо навчального обладнання, необхідного для кожного факультету/відділу/підрозділу.

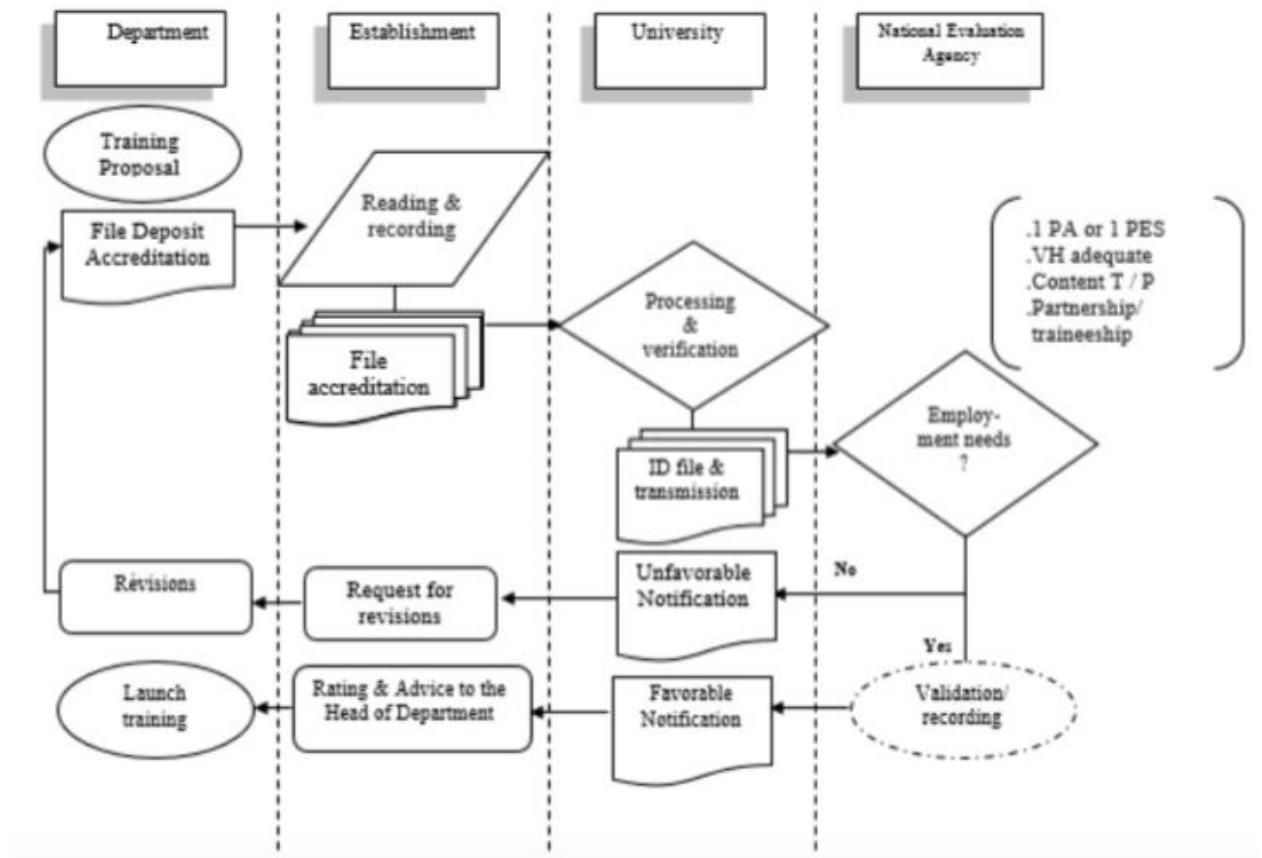


Рисунок 2.2 – Процес обробки заявок на акредитацію освітньої програми

Таблиця 2.2 – Матриця управління ризиками

Ризик	Рейтинг ймовірності	Рейтинг вагомості	Рейтинг пріоритетності	Відповідальність	Необхідно вжити заходів
1	2	3	4	5	6
Дефіцит аудиторного фонду	3/5	4/5		ЗВО	Облаштувати нові аудиторії
Брак людських ресурсів	4/5	4/5		Установа-засновник (наприклад, МОН)	Програми розвитку, підвищення кваліфікації
Відсутність необхідного обладнання	4/5	5/5		Установа-засновник / ЗВО	Покупка обладнання

У таблиці 2.3 наведено основні внутрішні критерії інноваційних освітніх програм. головне завдання кафедр – відповідність пропозицій стратегії університету, яка спрямована на досягнення 100% інновацій та розвитку, щоб відповідати очікуванням ринку та заохочувати наукові дослідження. Зовні це умови, яких необхідно дотримуватись для узгодження зі стандартами, встановленими щодо запитів на акредитацію нових освітніх програм. Ці критерії дозволять посадовцям університету якісно та кількісно виявляти недоліки та звітувати про покращення ситуації та гарне планування.

Таблиця 2.3 – Основні внутрішні критерії

Критерії	Мотивація		Людські ресурси		Технічні ресурси		
	інновації	потреби ринку	команда	досвід	аудиторії	лабораторії	обладнання
1	2	3	4	5	6	7	8
ОП 1	95%	95%	50%	100%	65%	30%	40%
ОП 2	90%	80%	65%	90%	65%	40%	45%
ОП 3	85%	80%	65%	90%	65%	35%	40%
ОП 4	75%	85%	70%	90%	70%	50%	45%
ОП 5	70%	80%	75%	75%	65%	40%	40%
ОП 6	80%	85%	65%	90%	70%	45%	45%
ОП 7	75%	80%	70%	90%	70%	50%	45%

Зовнішні критерії наведені в Таблиці 2.4 і доповнюють внутрішні критерії для підготовки компетентних профілів відповідно до соціально-економічного статусу та дотримання стандартів NAQA. Особливо вони стосуються розряду людських ресурсів, погодинної кількості та змісту, який має бути теоретичним і практичним.

Таблиця 2.4 – Зовнішні критерії

Узгодження зі стандартами			Партнерство	Стажування
Оцінка	Відсоток	Зміст		
1	2	3	4	5
2	100%	Т/Р	Так	Так
3	100%	Т/Р	Так	Так
2	100%	Т/Р	Так	Так
1	100%	Т/Р	Ще ні	Так
4	100%	Т/Р	Ще ні	Так
3	100%	Т/Р	Ще ні	Так
1	100%	Т/Р	Так	Так
1	100%	Т/Р	Ще ні	Так

Партнерство є важливим, тому необхідно максимально розширити угоди та партнерські відносини з компаніями та адміністраціями. Внутрішні та зовнішні критерії, партнерство та стажування суттєво впливають на рішення, яке має бути прийняте, і є ключовими в оцінці існуючих навчальних карток та запуску нового навчання. Вони будуть реалізовані через TOPSIS, щоб завершитися рекомендаціями, які представляють інтерес для університету.

Після визначення альтернатив і критеріїв слід визначити коефіцієнти важливості та пріоритети найкращого рішення. Далі обчислюється зважені бали для кожного з формувань відповідно до стандартизованих критеріїв і значень. Для визначення пріоритетів та оптимізації необхідно:

1) сформувати матриці рішень. Вибір альтернатив і критеріїв є найважливішим кроком у прийнятті рішення. Справді, вибір ключових показників є основою, яка дозволить посадовцям університетів визначити пріоритети та оптимізувати дії для кращого управління. Коди альтернатив і критеріїв представлені на рисунку 2.3;

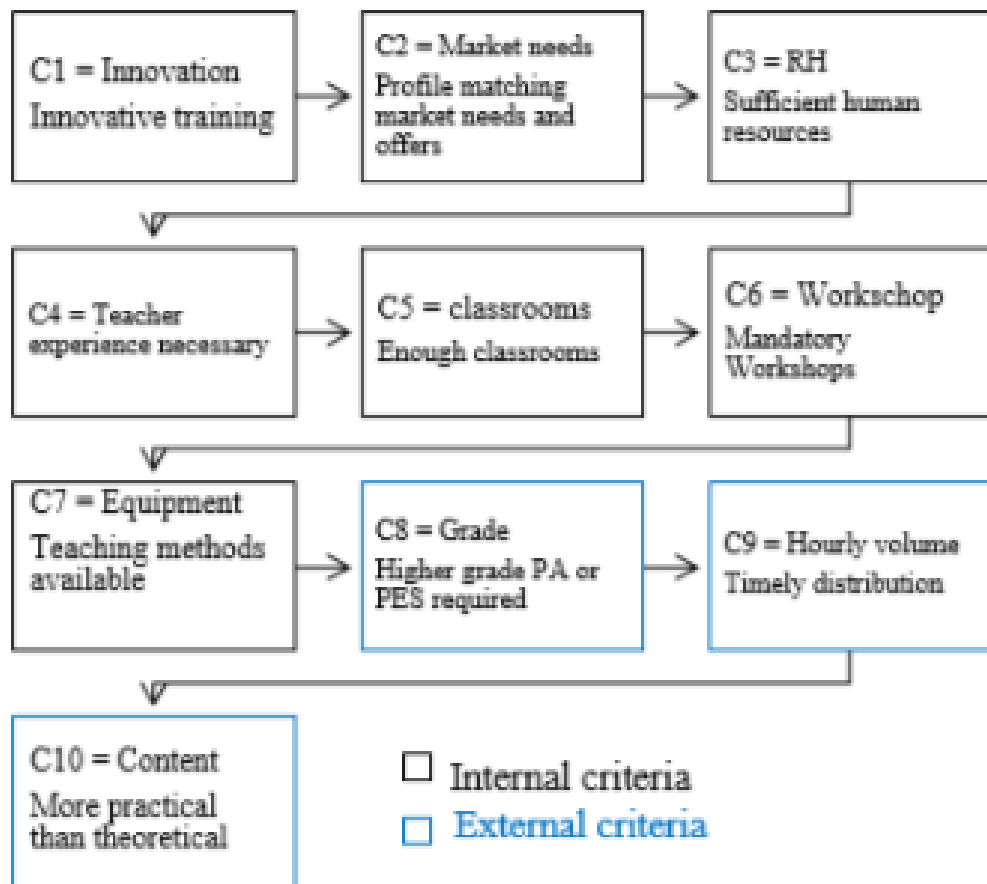


Рисунок 2.3 – Кодифікація внутрішніх і зовнішніх критеріїв якості освітніх програм

2) сформувані вагові матриці. У таблиці 2.5 представлені обрані альтернативи та оцінки кожної альтернативи за різними критеріями. Набір даних використовується як матриця рішень, а потім обчислюється нормована матриця рішень (таблиця 2.6);

Таблиця 2.5 – Матриця вагових коефіцієнтів

a_{ij}	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1	95	95	50	90	65	30	40	43	1	1
A2	95	100	65	100	80	80	45	43	1	1
A3	85	80	65	90	65	35	40	38	1	1
A4	75	85	70	90	70	50	45	38	0	1
A5	70	80	75	75	65	40	40	43	0	1
A6	80	85	65	80	70	45	45	26	0	1
A7	75	80	70	90	70	50	45	38	1	1

Таблиця 2.6 – Рейтинг ефективності освітніх програм

R_{ij}										
A1	0,43	0,41	0,29	0,39	0,35	0,23	0,35	0,42	0,50	0,38
A2	0,43	0,44	0,37	0,43	0,44	0,61	0,40	0,42	0,50	0,38
A3	0,39	0,35	0,37	0,39	0,35	0,27	0,35	0,37	0,50	0,38
A4	0,34	0,37	0,40	0,39	0,38	0,38	0,40	0,37	0,00	0,38
A5	0,32	0,35	0,43	0,32	0,35	0,31	0,35	0,42	0,00	0,38
A6	0,37	0,37	0,37	0,34	0,38	0,34	0,40	0,25	0,00	0,38
A7	0,34	0,35	0,40	0,39	0,38	0,38	0,40	0,37	0,50	0,38

3) визначення позитивних та негативних ідеальних рішень. Позитивні та негативні ідеальні рішення, A^+ та A^- визначаються відповідно до нормованої матриці рішень (Таблиця 2.7);

Таблиця 2.7 – Позитивні та негативні ідеальні рішення

$v_{\max A^+}$	0,43	0,44	0,43	0,43	0,44	0,61	0,40	0,42	0,50	0,38
$v_{\min A^-}$	0,32	0,35	0,29	0,32	0,35	0,23	0,35	0,25	0,00	0,38

4) розрахунок сепараційних заходів. Для кожної конкурентної альтернативи відстань поділу розраховується в таблиці 2.8;

Таблиця 2.8 – Сепараційні заходи

Код освітньої програми	S_{\min}	S_{\max}
A1	0.546676	0.420843
A2	0.686478	0.057166
A3	0.530370	0.379255
A4	0.240516	0.568416
A5	0.231595	0.619710
A6	0.161789	0.609396
A7	0.554413	0.276441

5) розрахунок співвідношення. Відносна близькість кожного місця до ідеального рішення TOPSIS представлена в таблиці 2.9;

Таблиця 2.9 – Значення співвідношення сепараційних заходів

Код освітньої програми	Коефіцієнт	Ранг
A1	0.923127	1
A2	0.667281	2
A3	0.583065	3
A4	0.565028	4
A5	0.297325	5
A6	0.272047	6
A7	0.209792	7

б) класифікувати дії. Альтернативи ранжуються в порядку зменшення.

Результати запропонованого методу показують, що перші 4 освітні програми сприяють ряду факторів, які можна підсумувати до: відповідність модулів досягненню програмних результатів навчання; потужний людський потенціал; високий попит на ці спеціальності на ринку праці. Результати мультикритеріального аналізу показують, що інженерія, промисловість і великі дані займають перше місце в порівнянні з іншими. Тому, під час ініціації нової освітньої програми необхідно зосередитися на вивчених показниках і оцінити межі людських і матеріальних ресурсів, які є причиною успіху будь-якого освітнього проєкту.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ У ВИЩІЙ ОСВІТІ

3.1 Інтеграція чинника «вагомість» в архітектуру параметрів експертної оцінки якості освітньої програми

Методологічна призма дослідження постає інтегративною, заснованою на застосуванні «Критеріїв оцінювання якості освітньої програми» для проведення акредитаційних експертиз ОП [67]. Узагальнююча оцінка за кожним критерієм будується на холістичному підході – цілісному сприйнятті експертами ступеню відповідності (або невідповідності) ОП відповідному критерію. У межах кожного критерію одні підкритерії є суттєво вагомішими порівняно з іншими, проте жоден з них не має вирішального значення. Таким чином, базова методологія [67] надає експертній групі «широкий пул» для інтерпретації відповідності чи невідповідності ОП критеріям якості.

Дане дослідження є науковою спробою узагальнити практичний досвід авторів у проведенні акредитаційних експертиз та перевірки гіпотези про існування специфіки застосування критеріїв та субкритеріїв оцінки якості ОП різноконтентних (різних за спеціальностями та галузями знань) ОП та розробки ефективних процедур формування та прийняття колегіального рішення щодо оцінки якості ОП експертною групою з точки зору врахування принципу об'єктивності (доказовості) в умовах невизначеності. Застосування інструментарію нечіткої математики дозволяє врахувати значимість і «розмитість» кожної складової критерію оцінки, а також неоднорідність рівнів компетентності («професійного здоров'я» або «професійної токсичності») кожного з експертів. Чим більше обґрунтована буде оцінка якості ОП експертною групою, тим ефективнішою стане система/процедура акредитації (NAQA або іншою організацією).

Для перевірки гіпотези використовуються також засоби та інструменти математичного моделювання для реалізації багатокритеріальної оцінки та її

оптимізації в умовах різного ступеня невизначеності вихідної інформації. Застосування фокусу диференціації в контексті субкритеріїв оцінки якості ОП і врахування рівня компетентності експертів дозволяє удосконалити модель оцінки якості ОП.

Концептуальна модель параметрів оцінки якості освітньої програми містить 10 критеріїв [67]:

- 1 – проектування та цілі ОП;
- 2 – структура та зміст ОП;
- 3 – доступ до ОП та визнання результатів навчання;
- 4 – навчання і викладання за ОП;
- 5 – контрольні заходи, оцінювання здобувачів вищої освіти та академічна доброчесність;
- 6 – людські ресурси;
- 7 – освітнє середовище та матеріальні ресурси;
- 8 – внутрішнє забезпечення якості освітньої програми;
- 9 – прозорість та публічність;
- 10 – навчання через дослідження.

Для оцінки якості ОП першого (бакалаврського) і другого (магістерського) рівнів вищої освіти застосовуються 1–9 критерії (48 підкритеріїв), а для програм третього (освітньо-наукового) рівня – усі 10 критеріїв (54 підкритеріїв).

Методика застосування критеріїв експертами під час акредитаційної експертизи [67] базується на принципах:

- 1) поваги до автономії ЗВО;
- 2) врахуванні контексту ОП;
- 3) врахуванні позицій зацікавлених сторін (стейкхолдерів);
- 4) аналітичності та доказовості.

Оцінювання ОП за кожним критерієм передбачається за шкалою: «А» – повна відповідність критерію, ОП має інноваційний (взірцевий) характер; «В» – загалом відповідність; «Е» – часткова невідповідність; «F» –

невідповідність. Така шкала відповідає якісній (лінгвістичній) змінній «рівень якості ОП» з термами («А», «В», «Е», «D»).

Для підвищення ефективності застосування базової методології [67] з точки зору підвищення адекватності/об'єктивності оцінювання якості ОП та економії часових і обчислювальних ресурсів пропонується наступне.

Ураховуючи обмежені (короткі) терміни проведення акредитаційної експертизи з підготовкою звіту та необхідність упорядкування оціночних процесів, виділимо основні етапи акредитації ОП та їх часові параметри.

Етап 1. Підготовка до акредитації. У наказі NAQA про призначення експертної групи зазначається рівень компетентності кожного з експертів. Під час підготовки «програми проведення експертизи» команда експертів визначається із загальним часовим графіком оціночних процедур. По-перше, узгоджується графік роботи. По-друге, затверджуються значення вагового коефіцієнта компетентності $w^{(c)}$ для оцінок кожного експерта.

При цьому орієнтуються, насамперед, на тарифну сітку: професор – 20 тарифний розряд; доцент – 19 тарифний розряд; аспірант – 16 тарифний розряд (за аналогією асистента); здобувач-магістр – 15 (за аналогією викладача-стажиста); здобувач-бакалавр – 14 (за аналогією керівника навчального відділу). По-третє, зіставлення лінгвістичної шкали «А – В – Е – F» з єдиною 100-бальною шкалою для відображення оцінок і значень критеріїв та субкритеріїв. Узгодження типу нечітких величин, що відповідають термам «А», «В», «Е», «F» лінгвістичної змінної «рівень якості ОП», та підбір їхніх відповідних параметрів. Визначення переліку всіх критеріїв оцінки якості ОП.

Етап 2. Визначення важливості/вагомості критеріїв та підкритеріїв в кожному з критеріїв оцінки якості ОП. Визначення важливості/вагомості кожного з вибраних критеріїв оцінки якості ОП та знаходження значень відповідних вагових коефіцієнтів $w^{(q)}$. Визначення в рамках кожного критерію оцінки якості ОП важливості/вагомості всіх його підкритеріїв і встановлення значень відповідних вагових коефіцієнтів $w^{(sq)}$.

Етап 3. Проведення виїзної (он-лайн) акредитаційної експертизи. Як правило, у перші два дні акредитаційної експертизи здійснюється оцінювання ОП. За цей час кожен з експертів уточнює та перевіряє інформацію, викладену у звіті самооцінювання, виставляє свої бальні оцінки (у формі нечітких чисел) за всіма необхідними субкритеріями і формує особисту зважену загальну бальну оцінку за кожним критерієм. Також експерти формують особисту зважену загальну бальну оцінку ОП у цілому, використовуючи операції над нечіткими числами на базі 100-бальної шкали, та визначають відповідний оціночний терм за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F».

Етап 4. Обговорення результатів акредитаційної експертизи («день суджень»). Як правило, на третій-четвертий день проведення акредитаційної експертизи експерти обговорюють процес і отримані результати. У «день суджень» експерти формують за кожним критерієм єдину для експертної групи зважену загальну бальну оцінку, використовуючи операції над нечіткими числами на базі 100-бальної шкали. Далі, на основі процедур порівняння нечітких чисел встановлюють відповідне найближче значення кожної оцінки (терм) за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F». У підсумку, експертна група визначає остаточну загальну оцінку за всіма критеріями в рамках підсумкової лінгвістичної шкали «Варіант 1: акредитація з визначенням «зразкова» – «Варіант 2: акредитація» – «Варіант 3: умовна (відкладена) акредитація» – «Варіант 4: відмова в акредитації» як вибір одного з варіантів [67].

Етап 5. Оформлення звіту з обґрунтуванням та доказами оцінок за кожним критерієм. Як правило, на п'ятий-сьомий робочий день після завершення акредитаційної експертизи експертна група узагальнює результати, формує єдине рішення і подає до NAQA проект звіту експертної групи. Оцінки експертної групи за кожним критерієм ОП, зазначені у проекті звіту, вважаються остаточними і такими, з якими погодилися кожен з експертів. Оцінки за кожним критерієм ОП, зазначені у проекті звіту і

фінальному звіті, мають бути ідентичними. Відмінність «проєкту звіту» і «фінального звіту» може полягати в описі обґрунтованості – наведенні додаткових фактів, прикладів, доказів оцінки рівня відповідності.

Для застосування даної моделі експерти мають до початку роботи визначитися з кількістю критеріїв, за якими буде проводитися оцінювання ОП. Також, експерти мають визначитися із значеннями вагових коефіцієнтів підкритеріїв, що відображають внесок кожного з них в загальну оцінку за критерієм. Далі слід узгодити значення вагових коефіцієнтів, що враховують рівень компетентності кожного з експертів. Передбачається, що оцінка більш фахового експерта важить більше у порівнянні з менш кваліфікованим та менш досвідченим. Нормований ваговий коефіцієнт компетентності експерта $w^{(cn)}$ використовується при формуванні експертною групою зваженої загальної бальної оцінки якості ОП за кожним критерієм за допомогою операцій над нечіткими числами з наступним знаходженням відповідних оцінок за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F».

Імплементация моделі у конкретні процедури акредитаційних експертиз потребує її строгої математичної формалізації та розробки деталізованої методики застосування. Наявність розмитих термів лінгвістичної змінної, складна структурно-логічна ієрархія об'єктів вхідної концепції та способи їх трансформації можуть бути адекватно відображені понятійним апаратом матричної алгебри та нечіткої математики.

3.2 Методика експертного оцінювання якості освітньої програми

Пропонується багат шарова методика здійснення експертною групою синтезу математичної моделі та формування вихідної інтегральної оцінки якості ОП за кожним критерієм, що включає *n* 'ять етапів.

На першому етапі визначається загальна кількість і перелік критеріїв (m_q), за якими буде проводитися оцінювання ОП, та відповідна кількість

субкритеріїв у кожному i -му критерії (k_i). В таблиці 3.1 прийнято, що для оцінювання i -го критерія відповідає значення 1 індексу вибору (ω_i), а відхиленого – значення 0.

Таблиця 3.1 – Приклад вибору критеріїв, за якими проводиться оцінювання ОП першого (бакалаврського) і другого (магістерського) рівнів вищої освіти

Критерій оцінки якості ОП, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Індекс вибору, ω_i	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Кількість підкритеріїв, k_i	4	9	4	5	4	6	6	7	3	6

Враховуючи виробничі можливості та стиль роботи кожного експерта, узгоджується графік проведення акредитаційних процедур і затверджуються значення вагового коефіцієнта компетентності $w^{(c)}$ для оцінок кожного експерта. У таблиці 3.2 наведено приклад значень вагових коефіцієнтів академічної компетентності для складу експертної групи. Нормовані значення $w^{(cn)}$ вагового коефіцієнта компетентності відповідають умові $w_1^{(cn)} + w_2^{(cn)} + w_3^{(cn)} = 1$ та обчислюються за формулою:

$$w_l^{(cn)} = w_l^{(c)} / \sum_{i=1}^3 w_i^{(c)}, \quad l = \overline{1,3}, \quad (3.1)$$

де $w_l^{(c)}$ і $w_l^{(cn)}$ – відповідно вхідний і нормований вагові коефіцієнти компетентності l -го експерта, $l = \overline{1,3}$.

Далі здійснюється зіставлення за зваженими експертними оцінками (у цілих числах) лінгвістичної шкали «А – В – Е – F» з єдиною 100-бальною шкалою (в дискретній та неперервній формі) згідно таблиці 3.3, де наведено приклад пропозицій експертів та їх узгодження. Так, експерт 1 (доктор наук, професор) вважає, що ОП відповідає критерію на рівні «А» коли експертна оцінка від 96 до 100 балів. Натомість експерт 3 (здобувач-бакалавр) вважає, що для оцінювання на рівні «А» є прийнятним, як що ОП оцінена на рівні 82 балів і вище.

Таблиця 3.2 – Приклад значень вагових коефіцієнтів академічної компетентності ЕГ

Характеристики	Експерт 1 – НПП, голова ЕГ (професор)	Експерт 2 – НПП, член ЕГ (доцент)	Експерт 3 – здобувач, член ЕГ (бакалавр)
Порядковий номер в ЕГ	1	2	3
Вхідний ваговий коефіцієнт компетентності (тарифний розряд), $w_l^{(c)}$	20	19	14
Нормований ваговий коефіцієнт компетентності, $w_l^{(cn)}$	0,377	0,358	0,264

Таблиця 3.3 – Приклад співставлення лінгвістичної шкали «А – В – Е – F» з єдиною 100-бальною шкалою (в дискретному та неперервному вигляді)

Шкала		Терми (діапазони)			
Лінгвістична шкала «А – В – Е – F»		A	B	E	F
1		2	3	4	5
Базова (загальноприйнята) 100-бальна дискретна шкала	Ліве граничне значення \bar{x}	90	74	60	0
	Праве граничне значення \bar{x}	100	89	73	59
Пропозиція експерта 1	Ліве межове значення \bar{x}	96	85	64	0
	Праве межове значення \bar{x}	100	95	84	63
Пропозиція експерта 2	Ліве межове значення \bar{x}	90	70	50	0
	Праве межове значення \bar{x}	100	89	69	49
Пропозиція експерта 3	Ліве межове значення \bar{x}	82	60	35	0
	Праве межове значення \bar{x}	100	81	59	34
Єдина 100-бальна дискретна шкала	Ліве межове значення $\bar{x}^{(d)}$	90	73	51	0
	Праве межове значення $\bar{x}^{(d)}$	100	89	72	50
Єдина 100-бальна неперервна шкала експертної групи	Ліве межове значення \bar{x}	89,5	72,5	50,5	0
	Праве межове значення \bar{x}	100	89,5	72,5	50,5

Базою встановлення такої відповідності слугує загальноприйнятий механізм зведення вітчизняної системи оцінювання до системи ECTS. Кожна цілочисельна межа $\bar{x}^{(d)}$ діапазону єдиної 100-бальної дискретної шкали за зваженими позиціями експертів визначається як округлене до цілих чисел середньо зважене значення відповідних меж пропонованих кожним експертом шкал за формулою:

$$\bar{x}^{(d)} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} \bar{x}_l^{(d)}, \quad (3.2)$$

де $\bar{x}_l^{(d)}$ – відповідне цілочисельне дискретне межове значення за пропозицією l -го експерта, $l = \overline{1,3}$.

Проміжна межа \bar{x} кожного діапазону єдиної 100-бальної неперервної шкали за зваженими позиціями експертів визначається як середнє значення відповідних сусідніх лівих і правих цілочисельних меж єдиної 100-бальної дискретної шкали. Тоді

$$\bar{x}_{ab} = (\bar{x}_a^{(dL)} + \bar{x}_b^{(dR)})/2; \quad \bar{x}_{be} = (\bar{x}_b^{(dL)} + \bar{x}_e^{(dR)})/2; \quad \bar{x}_{ef} = (\bar{x}_e^{(dL)} + \bar{x}_f^{(dR)})/2, \quad (3.3)$$

де \bar{x}_{ab} , \bar{x}_{be} , \bar{x}_{ef} – спільні межі відповідних сусідніх діапазонів неперервної шкали; $\bar{x}_a^{(dL)}$, $\bar{x}_b^{(dL)}$, $\bar{x}_e^{(dL)}$, $\bar{x}_f^{(dL)}$ і $\bar{x}_a^{(dR)}$, $\bar{x}_b^{(dR)}$, $\bar{x}_e^{(dR)}$, $\bar{x}_f^{(dR)}$ – ліві та праві межі відповідних діапазонів дискретної шкали.

Для опису розмитих термів «А», «В», «Е», «F» лінгвістичної змінної «рівень якості ОП» із використанням апарату нечіткої математики пропонується обмежитись поняттями нечітких чисел та інтервалів [68]. Рациональний вибір моделей нечіткого подання важливий для оперативності розрахунків, оскільки визначає рівень простоти та зручності оперування з ними. Достатньо розглянути нечіткі числа та інтервали (L–R)-типу [68], оскільки вони мають ясну геометричну інтерпретацію. Реалізація

алгебраїчних операцій із нечіткими числами є не складною (доступною) і дозволяє охопити широкий спектр реальних функцій належності.

Враховуючи високий рівень невизначеності в задачі акредитаційної експертизи ОП і короткі часові рамки її проведення, з обчислювальної точки зору краще обмежитись трикутними нечіткими числами та трапецієвидними нечіткими інтервалами. Трикутне нечітке число $X_{\Delta} = \langle a_x, \alpha_x, \beta_x \rangle$ повністю визначається упорядкованою трійкою дійсних чисел – його параметрів a_x, α_x, β_x та описується трикутною функцією належності (рисунок 3.1):

$$\mu_{\Delta}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_x - \alpha_x; \\ L(x, a_x, \alpha_x), & a_x - \alpha_x < x < a_x; \\ 1, & x = a_x; \\ R(x, a_x, \beta_x), & a_x < x < a_x + \beta_x; \\ 0, & x \geq a_x + \beta_x; \end{cases} \quad L(x, a, b) = \begin{cases} (b - a + x)/b, & b > 0; \\ 0, & b = 0; \end{cases} \quad (3.4)$$

$$R(x, a, b) = \begin{cases} (a + b - x)/b, & b > 0; \\ 0, & b = 0. \end{cases}$$

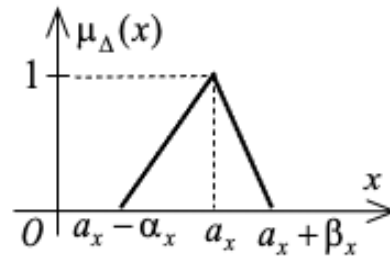


Рисунок 3.1 – Графічне представлення трикутного нечіткого числа

Прийнято: X_{Δ} – трикутне нечітке число (нечітка множина, $X_{\Delta} = \{ \langle x, \mu_{\Delta}(x) \rangle | x \in U \}$); x – конкретне значення нечіткої величини; U – універсальна множина даної предметної області, в загальному випадку $U = (-\infty; +\infty)$; a_x – мода (модальне значення, ядро, пік) нечіткої величини x ; α_x і β_x – відповідно лівий і правий коефіцієнти нечіткості (розмитості), $\alpha_x \geq 0$ і $\beta_x \geq 0$; $\mu_{\Delta}(x)$ – унімодальна функція належності нечіткої величини x , $\mu_{\Delta}(a_x) = 1$; $L(x, a, b)$ і $R(x, a, b)$ – допоміжні функції від x з параметрами a

і b , $b \geq 0$. При цьому інтервал $(a_{xL}; a_{xR})$, де функція належності відмінна від нуля, слугує континуальним носієм нечіткої множини X_{Δ} .

У даному дослідженні будемо вважати параметри трикутних чисел цілими та невід'ємними. Додатково, враховуючи обмеженість неперервної бальної шкали $[0;100]$, необхідно покласти:

$$a_{xL} = \max\{0; a_x - \alpha_x\}; \quad a_{xR} = \min\{100; a_x + \beta_x\}. \quad (3.5)$$

За міри компактності (розмитості) нечіткого числа X_{Δ} , згідно з [69], можна прийняти аналог дисперсії $D[X_{\Delta}]$ випадкової величини й аналог середньо квадратичного відхилення s_{Δ} :

$$D[X_{\Delta}] = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2 \mu_{\Delta}(x) dx / \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\Delta}(x) dx - \left(\int_{-\infty}^{+\infty} x \mu_{\Delta}(x) dx / \int_{-\infty}^{+\infty} \mu_{\Delta}(x) dx \right)^2;$$

$$s_{\Delta} = \sqrt{D[X_{\Delta}]}. \quad (3.6)$$

Після підстановки функції належності (3.3) в останнє співвідношення та проведення аналітичних обчислень, можна дістати просту розрахункову формулу для $D[X_{\Delta}]$:

$$D[X_{\Delta}] = (1/18)(\alpha_x^2 + \alpha_x \beta_x + \beta_x^2). \quad (3.6)$$

Трапецієвидний нечіткий інтервал $X_T = \langle a_x, b_x, \alpha_x, \beta_x \rangle$ повністю визначається упорядкованою четвіркою дійсних чисел – його параметрів $a_x, b_x, \alpha_x, \beta_x$ та описується трапецієвидною функцією належності (рисунку 3.2):

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_x - \alpha_x; \\ L(x, a_x, \alpha_x), & a_x - \alpha_x < x < a_x; \\ 1, & a_x \leq x \leq b_x; \\ R(x, b_x, \beta_x), & b_x < x < b_x + \beta_x; \\ 0, & x \geq b_x + \beta_x. \end{cases} \quad (3.7)$$

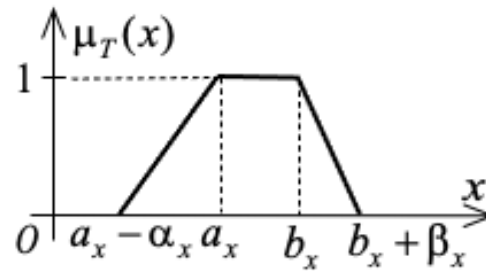


Рисунок 3.2 – Графічне представлення трапецієвидного нечіткого інтервалу

Прийнято: X_T – трапецієвидний нечіткий інтервал (нечітка множина $X_T = \{ \langle x, \mu_T(x) \rangle \mid x \in U \}$); a_x і b_x – відповідно ліве (нижнє) та праве (верхнє) модальне значення нечіткої величини x ; α_x і β_x – відповідно лівий і правий коефіцієнти нечіткості, $\alpha_x \geq 0$ і $\beta_x \geq 0$; $\mu_T(x)$ – опукла функція належності нечіткої величини x . При цьому інтервал $(a_{xL}; a_{xR})$, де функція належності відмінна від нуля, слугує носієм нечіткої множини X_T .

У даному дослідженні будемо вважати параметри трапецієвидних інтервалів цілими та невід’ємними. Враховуючи обмеженість неперервної бальної шкали $[0;100]$, необхідно додатково прийняти:

$$a_{xL} = \max\{0; a_x - \alpha_x\}; \quad a_{xR} = \min\{100; b_x + \beta_x\}. \quad (3.8)$$

За міру компактності (розмитості) нечіткого інтервалу X_T також можна прийняти аналог дисперсії $D[X_T]$ випадкової величини й аналог середньо квадратичного відхилення s_T , де $s_T = \sqrt{D[X_T]}$. Проте $D[X_T]$ простіше

обчислювати не за громіздким аналітичним виразом, а безпосередньо за формулою:

$$D[X_T] = \int_0^{100} x^2 \mu_T(x) dx / \int_0^{100} \mu_T(x) dx - \left(\int_0^{100} x \mu_T(x) dx / \int_0^{100} \mu_T(x) dx \right)^2, \quad (3.9)$$

використовуючи для числового інтегрування метод трапецій [69]. За крок дискретизації за балами досить прийняти $h = 0,5$.

Для співставлення кожному терму «А», «В», «Е», «F» відповідного цільового трапецієвидного нечіткого інтервалу A_T, B_T, E_T, F_T пропонується за нижнє і верхнє модальне значення кожної величини взяти відповідні цілочисельні кінці $\bar{x}^{(d)}$ діапазонів єдиної 100-бальної дискретної шкали:

$$\begin{aligned} b_a = 100; \quad a_f = 0; \quad a_a = \bar{x}_a^{(dL)}; \quad b_b = \bar{x}_b^{(dR)}; \quad a_b = \bar{x}_b^{(dL)}; \\ b_e = \bar{x}_e^{(dR)}; \quad a_e = \bar{x}_e^{(dL)}; \quad b_f = \bar{x}_f^{(dR)}; \quad \beta_a = 0; \quad \alpha_f = 0. \end{aligned} \quad (3.10)$$

Ненульові коефіцієнти нечіткості природньо визначати з умови, що графіки двох сусідніх функцій належності проходять через відповідну спільну точку переходу $(\bar{x}; 0,5)$, де \bar{x} – спільна межа двох сусідніх діапазонів єдиної 100-бальної неперервної шкали. Тоді:

$$\begin{aligned} \alpha_a = 2(a_a - \bar{x}_{ab}); \quad \beta_b = 2(\bar{x}_{ab} - b_b); \quad \alpha_b = 2(a_b - \bar{x}_{be}); \\ \beta_e = 2(\bar{x}_{be} - b_e); \quad \alpha_e = 2(a_e - \bar{x}_{ef}); \quad \beta_f = 2(\bar{x}_{ef} - b_f). \end{aligned} \quad (9.11)$$

У таблиці 5 наведено обчислені значення параметрів цільових трапецієвидних нечітких інтервалів A_T, B_T, E_T, F_T . Як видно з таблиці 3.4 і рисунку 3.3, носії сформованих нечітких множин мають непорожні перетини.

Також на першому етапі узгоджується перелік всіх критеріїв оцінки якості ОП.

Таблиця 3.4 – Приклад характеристик цільових трапецієвидних нечітких інтервалів A_T, B_T, E_T, F_T , що відповідають термам лінгвістичної шкали «А – В – Е – F»

Шкала	Терми (діапазони)			
Лінгвістична шкала «А – В – Е – F»	А	В	Е	F
1	2	3	4	5
Єдина 100-бальна неперервна шкала	А	В	Е	F
Ліве граничне значення переходу \bar{x}	89,5	72,5	50,5	0
Праве граничне значення переходу \bar{x}	100	89,5	72,5	50,5
Трапецієвидні нечіткі інтервали	A_T	B_T	E_T	F_T
Ліве модальне значення a_x	90	73	51	0
Праве модальне значення b_x	100	89	72	50
Лівий коефіцієнт нечіткості α_x	1,0	1,0	1,0	0,0
Правий коефіцієнт нечіткості β_x	0,0	1,0	1,0	1,0
Ліва межа носія $a_{xL} = \max\{0; a_x - \alpha_x\}$	89	72	50	0
Права межа носія $a_{xR} = \min\{100; b_x + \beta_x\}$	100,0	90	73	51
Аналог дисперсії $D [X_T]$	9,2	24,1	40,4	212,6
Аналог середньо квадратичного відхилення, s_T	3,0	4,9	6,4	14,6

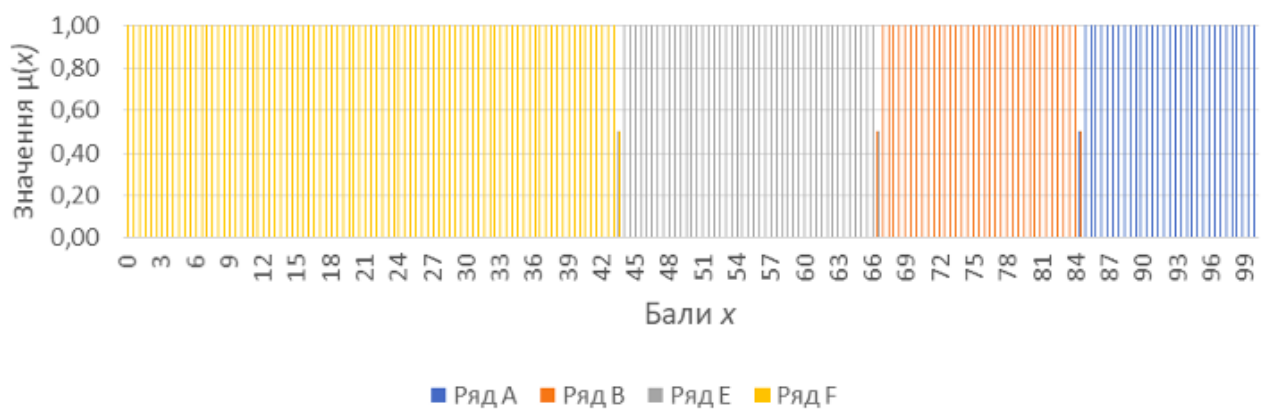


Рисунок 3.3 – Функції належності трапецієвидних нечітких інтервалів

На другому етапі для визначення важливості/вагомості кожного з наявних у переліку критеріїв оцінки якості ОП проводиться збір, узгодження відповідних експертних оцінок $w^{(q)}$ (за єдиною 100-бальною шкалою) коефіцієнтів важливості/вагомості всіх критеріїв та знаходження зважених узагальнених значень нормованих вагових коефіцієнтів $w^{(eqn)}$ і $w^{(qn)}$, що задовольняють умовам $\sum_{i=1}^{m_q} w_{il}^{(eqn)} = 1$ і $\sum_{i=1}^{m_q} w_i^{(qn)} = 1$ та обчислюються за формулами:

$$w_{il}^{(eqn)} = w_{il}^{(q)} / \sum_{i=1}^{m_q} w_{il}^{(q)}, \quad l = \overline{1,3};$$

$$w_i^{(qn)} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} w_{il}^{(eqn)}, \quad i = \overline{1, m_q}. \quad (3.12)$$

Прийнято: $w_{il}^{(q)}$ і $w_{il}^{(eqn)}$ – відповідно вхідний і нормований вагові коефіцієнти внеску i -го критерію в узагальнену оцінку якості ОП з позиції l -го експерта; m_q – загальна кількість задіяних критеріїв, $m_q = \overline{1,10}$; $w_i^{(qn)}$ – узагальнений нормований ваговий коефіцієнт внеску i -го критерію в узагальнену оцінку якості ОП. Прийнято, що $w_{il}^{(eqn)} = w_{il}^{(q)} = 0$, $l = \overline{1,3}$ і $w_i^{(qn)} = 0$, якщо i -й критерій не входить в перелік вибраних для оцінювання. У таблиці 3.5 наведено приклад значень вхідних вагових коефіцієнтів $w^{(q)}$ згідно експертних даних та обчислені їхні нормовані аналоги $w_{il}^{(eqn)}$ і $w_i^{(qn)}$, $i = \overline{1, m_q}$, $l = \overline{1,3}$.

Таблиця 3.5 – Приклад значень вагового коефіцієнта внеску критеріїв в оцінку якості ОП

Критерій оцінки якості ОП, i	Коефіцієнти важливості/вагомості критеріїв						Узагальнений нормований ваговий коефіцієнт, $w_i^{(qn)}$
	Експерт 1 – НПП, голова ЕГ		Експерт 2 – НПП, член ЕГ		Експерт 3 – здобувач, член ЕГ		
	Вхідний ваговий коефіцієнт, $w_{il}^{(q)}$	Нормований ваговий коефіцієнт, $w_{il}^{(eqn)}$	Вхідний ваговий коефіцієнт, $w_{i2}^{(q)}$	Нормований ваговий коефіцієнт, $w_{i2}^{(eqn)}$	Вхідний ваговий коефіцієнт, $w_{i3}^{(q)}$	Нормований ваговий коефіцієнт, $w_{i3}^{(eqn)}$	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	70	0,090	60	0,082	75	0,108	0,092
2	99	0,127	85	0,116	85	0,122	0,122
3	65	0,083	70	0,096	85	0,122	0,098
4	99	0,127	90	0,123	85	0,122	0,124
5	85	0,109	95	0,130	85	0,122	0,120
6	99	0,127	80	0,110	70	0,101	0,114
1	2	3	4	5	6	7	8
7	80	0,102	95	0,130	80	0,115	0,116
8	99	0,127	80	0,110	70	0,101	0,114
9	85	0,109	75	0,103	60	0,086	0,101
10	0	0	0	0	0	0	0
Σ	781	1	730	1	695	1	1

У рамках кожного i -го критерію оцінки якості ОП проводиться збір, узгодження відповідних експертних оцінок $w^{(sq)}$ (за єдиною 100-бальною шкалою) коефіцієнтів важливості/вагомості всіх його підкритеріїв і встановлення зважених узагальнених значень нормованих (у межах відповідного критерію) вагових коефіцієнтів $w^{(esqn)}$ і $w^{(sqn)}$, що задовольняють умовам $\sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(esqn)} = 1$ і $\sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(sqn)} = 1$ та обчислюються за формулами:

$$w_{ijl}^{(esqn)} = w_{ijl}^{(sq)} / \sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(sq)}, l = \overline{1,3};$$

$$w_{ij}^{(sqn)} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} w_{ijl}^{(esqn)}, \quad j = \overline{1, k_i}, \quad i = \overline{1, m_q}. \quad (3.13)$$

Прийнято: $w_{ijl}^{(sq)}$ і $w_{ijl}^{(esqn)}$ – відповідно вхідний і нормований вагові коефіцієнти внеску j -го субкритерію, що входить до складу i -го критерію, в узагальнену оцінку якості за даним i -м критерієм з позиції l -го експерта; k_i – кількість підкритеріїв у складі i -го критерію; $w_{ij}^{(sqn)}$ – узагальнений нормований ваговий коефіцієнт внеску j -го субкритерію, що входить до складу i -го критерію, в узагальнену оцінку якості за даним i -м критерієм. У таблиці 3.6 наведено приклад значень вхідних вагових коефіцієнтів $w^{(sq)}$ згідно експертних даних та обчислені їхні нормовані аналоги $w_{ijl}^{(esqn)}$ і $w_{ij}^{(sqn)}$, $i = \overline{1, m_q}$, $j = \overline{1, k_i}$, $l = \overline{1, 3}$.

Таблиця 3.6 – Приклад значень вагових коефіцієнтів внеску субкритеріїв, що входять до складу відповідного критерію, в узагальнену оцінку якості за даним критерієм

Кри тері й оцін ки яко сті ОП, i	Під кри тері й оцін ки яко сті ОП, j	Коефіцієнти важливості/вагомості підкритеріїв у рамках відповідного критерію якості ОП						Узагаль нений нормов аний ваговий коефіці єнт, $w_{ij}^{(sqn)}$
		Експерт 1 – НПП, голова ЕГ		Експерт 2 – НПП, член ЕГ		Експерт 3 – здобувач, член ЕГ		
		Вхідни й ваговий коефіці єнт, $w_{ijl}^{(sq)}$	Нормов аний ваговий коефіці єнт, $w_{ijl}^{(esqn)}$	Вхідни й ваговий коефіці єнт, $w_{ij2}^{(sq)}$	Нормов аний ваговий коефіці єнт, $w_{ij2}^{(esqn)}$	Вхідни й ваговий коефіці єнт, $w_{ij3}^{(sq)}$	Нормов аний ваговий коефіці єнт, $w_{ij3}^{(esqn)}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	75	0,218	90	0,269	99	0,296	0,257
	2	90	0,262	85	0,254	80	0,240	0,253
	3	99	0,288	80	0,239	75	0,225	0,254
	4	80	0,233	80	0,239	80	0,240	0,237
	Σ	344	1	335	1	334	1	1

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1	60	0,083	85	0,119	80	0,117	0,105
	2	99	0,137	90	0,126	90	0,131	0,132
	3	99	0,137	95	0,133	80	0,117	0,130
	4	85	0,118	80	0,112	85	0,124	0,117
	5	99	0,137	85	0,119	80	0,117	0,125
	6	80	0,111	75	0,105	65	0,095	0,104
	7	80	0,111	90	0,126	70	0,102	0,114
	8	70	0,097	55	0,077	70	0,102	0,091
	9	50	0,069	60	0,084	65	0,095	0,081
	Σ	722	1	715	1	685	1	1
3	1	70	0,250	80	0,267	90	0,269	0,261
	2	90	0,321	85	0,283	75	0,224	0,282
	3	70	0,250	75	0,250	90	0,269	0,255
	4	50	0,179	60	0,200	80	0,239	0,202
	Σ	280	1	300	1	335	1	1
4	1	75	0,176	85	0,205	80	0,213	0,196
	2	80	0,188	70	0,169	80	0,213	0,188
	3	90	0,212	90	0,217	70	0,187	0,207
	4	95	0,224	90	0,217	70	0,187	0,211
	5	85	0,200	80	0,193	75	0,200	0,197
	Σ	425	1	415	1	375	1	1
5	1	85	0,246	75	0,227	70	0,250	0,240
	2	90	0,261	80	0,242	70	0,250	0,251
	3	80	0,232	90	0,273	80	0,286	0,261
	4	90	0,261	85	0,258	60	0,214	0,247
	Σ	345	1	330	1	280	1	1
6	1	99	0,194	95	0,186	80	0,178	0,187
	2	80	0,157	85	0,167	70	0,156	0,160
	3	90	0,177	85	0,167	85	0,189	0,176
	4	95	0,187	85	0,167	80	0,178	0,177
	5	70	0,138	80	0,157	65	0,144	0,146
	6	75	0,147	80	0,157	70	0,156	0,153
	Σ	509	1	510	1	450	1	1
7	1	95	0,200	90	0,189	80	0,157	0,185
	2	80	0,168	80	0,168	90	0,176	0,171
	3	70	0,147	70	0,147	90	0,176	0,155

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4	70	0,147	75	0,158	90	0,176	0,159
	5	75	0,158	80	0,168	80	0,157	0,161
	6	85	0,179	80	0,168	80	0,157	0,169
	Σ	475	1	475	1	510	1	1
8	1	90	0,118	90	0,137	85	0,147	0,132
	2	85	0,147	70	0,137	75	0,183	0,153
	3	90	0,167	85	0,157	80	0,138	0,155
	4	85	0,176	85	0,186	75	0,147	0,172
	5	70	0,108	70	0,137	70	0,110	0,119
	6	70	0,118	65	0,108	70	0,128	0,117
	7	85	0,167	85	0,137	75	0,147	0,151
	Σ	510	1	510	1	545	1	1
9	1	70	0,292	75	0,326	70	0,318	0,311
	2	80	0,333	70	0,304	80	0,364	0,331
	3	90	0,375	85	0,370	70	0,318	0,358
	Σ	240	1	230	1	220	1	1
10	<i>не застосовується</i>							

На третьому етапі кожен з експертів уточнює та перевіряє інформацію, викладену у звіті самооцінювання, виставляє, керуючись узгодженою єдиною 100-бальною дискретною шкалою, свої бальні оцінки якості ОП за всіма необхідними субкритеріями і формує особисту зважену загальну бальну оцінку за кожним критерієм.

Вхідна інформація експертного оцінювання якості ОП подається тривимірним масивом X , кожний елемент $x_{ijl}^{(0)}$ якого – цілочисельна бальна оцінка якості ОП l -м експертом за j -м субкритерієм, що входить до складу i -го критерію, $i = \overline{1, m_q}$, $j = \overline{1, k_i}$, $l = \overline{1, 3}$.

Кожний вихідний елементарний інформаційний блок (кортеж) X_{ijl} інтерпретується як відповідне трикутне нечітке число $X_{\Delta ij l} = \langle a_{xijl}, \alpha_{xijl}, \beta_{xijl} \rangle$, цілочислені параметри якого визначаються за формулами:

$$\begin{aligned}
a_{xijl} &= x_{ijl}^{(0)}; \quad \alpha_{xijl} = \min \left\{ \max \left\{ x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_a^{(dL)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_a^{(dL)} \right) \right\}, \right. \\
&\quad \max \left\{ x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_b^{(dL)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_b^{(dL)} \right) \right\}, \\
&\quad \left. \max \left\{ x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_e^{(dL)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_e^{(dL)} \right) \right\}, \max \left\{ x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_f^{(dL)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(x_{ijl}^{(0)} - \bar{x}_f^{(dL)} \right) \right\} \right\}; \\
\beta_{xijl} &= \min \left\{ \max \left\{ \bar{x}_a^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(\bar{x}_a^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)} \right) \right\}, \right. \\
&\quad \max \left\{ \bar{x}_b^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(\bar{x}_b^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)} \right) \right\}, \max \left\{ \bar{x}_e^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(\bar{x}_e^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)} \right) \right\}, \\
&\quad \left. \max \left\{ \bar{x}_f^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)}, -100 \cdot \operatorname{sgn} \left(\bar{x}_f^{(dR)} - x_{ijl}^{(0)} \right) \right\} \right\}, \quad i = \overline{1, m_q}, \quad j = \overline{1, k_i}, \quad l = \overline{1, 3}. \quad (3.14)
\end{aligned}$$

При цьому вхідна цілочисельна оцінка $x_{ijl}^{(0)}$ приймається за моду трикутного нечіткого числа $X_{\Delta ij l}$, а його носієм слугує відповідний діапазон єдиної 100-бальної дискретної шкали. Зважена загальна бальна оцінка за i -м критерієм, яка відповідає позиції l -го експерта, формується у вигляді зваженого трикутного нечіткого числа $Y_{\Delta il} = \langle a_{yil}, \alpha_{yil}, \beta_{yil} \rangle$ з цілочисельними параметрами, які обчислюються за співвідношеннями, що використовують правила операцій над нечіткими числами [68] з округленням кінцевого результату до цілих значень:

$$\begin{aligned}
a_{yil} &= \sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(esqn)} a_{xijl}; \quad \alpha_{yil} = \sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(esqn)} \alpha_{xijl}; \\
\beta_{yil} &= \sum_{j=1}^{k_i} w_{ijl}^{(esqn)} \beta_{xijl}, \quad i = \overline{1, m_q}, \quad l = \overline{1, 3}. \quad (3.15)
\end{aligned}$$

Оцінка якості ОП за i -м критерієм l -м експертом за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – Ф» Y_{AFil} визначається за методом найближчого сусіда як найбільш близький до трикутного нечіткого числа $Y_{\Delta il}$ трапецієвидний нечіткий інтервал з цільової множини $\{A_T, B_T, E_T, F_T\}$, що відповідає певному оціночному терму за лінгвістичною шкалою «А – Ф». За міру близькості, що потребує мінімізації, приймається квадрат ймовірнісного аналога евклідової відстані – відстані Хелінгера $H^2[X_1, X_2]$ [68], який у випадку нечітких множин X_1 і X_2 , що визначені на відрізку $[0; 100]$ та описуються ненормованими функціями належності $\mu_1(x)$ і $\mu_2(x)$, трансформується до вигляду:

$$H^2[X_1, X_2] = 1 - \int_0^{100} \sqrt{\mu_1(x) \cdot \mu_2(x)} dx / \sqrt{\int_0^{100} \mu_1(x) dx \cdot \int_0^{100} \mu_2(x) dx}. \quad (3.16)$$

Відстань Хелінгера $H[X_1, X_2]$ як критерій відмінності (близькості) законів розподілу випадкових величин широко використовується в задачах класифікації та розпізнавання образів [34]. При цьому враховується не тільки відстань між їхніми середніми значеннями та розподіли відхилень значень від середніх, що характеризуються значеннями дисперсії, а відмінність між розподілами у цілому.

На четвертому етапі експерти обговорюють процес і результати проведення акредитаційної експертизи на попередніх етапах, формують єдину для експертної групи зважену загальну бальну оцінку за кожним критерієм, використовуючи операції над нечіткими числами на базі 100-бальної шкали, а потім встановлюють відповідне найближче значення кожної оцінки (терм) за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – Ф». Далі за методикою [67] знаходиться єдина для експертної групи остаточна загальна оцінка ОП за підсумковою лінгвістичною шкалою, що передбачає чотири можливі варіанти заключного висновку.

Єдина для експертної групи зважена загальна бальна оцінка за i -м критерієм формується у вигляді зваженого трикутного нечіткого числа $S_{\Delta i} = \langle a_{si}, \alpha_{si}, \beta_{si} \rangle$ з цілочисельними параметрами, які обчислюються за співвідношеннями, що використовують правила операцій над нечіткими числами [32] з округленням кінцевого результату до цілих значень:

$$a_{si} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} a_{yil}; \alpha_{si} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} \alpha_{yil};$$

$$\beta_{si} = \sum_{l=1}^3 w_l^{(cn)} \beta_{yil}, i = \overline{1, m_q}, l = \overline{1, 3}. \quad (3.17)$$

Єдина для експертної групи оцінка якості ОП S_{AFi} за i -м критерієм за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F» визначається за методом найближчого сусіда як найбільш близький до трикутного нечіткого числа $S_{\Delta i}$ трапецієвидний нечіткий інтервал з цільової множини $\{A_T, B_T, E_T, F_T\}$, що відповідає певному оціночному терму за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F».

Для математичної формалізації процедури визначення остаточної загальної оцінки ОП в рамках підсумкової лінгвістичної шкали «Варіант 1: акредитація з визначенням «зразкова» – «Варіант 2: акредитація» – «Варіант 3: умовна (відкладена) акредитація» – «Варіант 4: відмова в акредитації» [67] уведемо індекси вибору:

$$I_1 = \begin{cases} 0, \exists i: i \in \{1, \dots, m_q\}, S_{AFi} = F; \\ 1 \text{ в іншому разі;} \end{cases}$$

$$I_2 = \begin{cases} 0, \exists i, j, k: i, j, k \in \{1, \dots, m_q\}, i \neq j, i \neq k, j \neq k, \\ S_{AFi} = E \wedge S_{AFj} = E \wedge S_{AFk} = E; \\ 1 \text{ в іншому разі;} \end{cases}$$

$$I_3 = \begin{cases} 0, \exists i: i \in \{1, \dots, m_q\}, S_{AFi} = E; \\ 1 \text{ в іншому разі;} \end{cases}$$

$$I_4 = \begin{cases} 1, \exists i, j: i, j \in \{1, \dots, m_q\}; i, j \neq \{2, 6, 8\}, i \neq j, \\ S_{AFk} = A, k \in \{2, 6, 8, i, j\}; \\ 0 \text{ в іншому разі;} \end{cases}$$

$$I_5 = \begin{cases} 1, \exists i: i \in \{1, \dots, m_q\}, i \neq \{2, 6, 8, 10\}, \\ S_{AFk} = A, k \in \{2, 6, 8, 10, i\}; \\ 0 \text{ в іншому разі.} \end{cases} \quad (3.18)$$

Тоді остаточна загальна оцінка якості ОП S_V визначається номером відповідного варіанту V (терму) підсумкової лінгвістичної шкали за формулою:

$$V = 4 - I_1 I_2 (1 + I_3 (1 + (3 - r) I_4 + (r - 2) I_5)), \quad (3.19)$$

де $r=2$ – ОП першого (бакалаврського) або другого (магістерського) рівня (критерій 10 не застосовується): $r=3$ – ОП третього (наукового) рівня (критерій 10 застосовується).

На п'ятому етапі експертна група, виходячи зі зважених загальних оцінок за кожним критерієм S_{AFi} за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F» та остаточної загальної оцінки ОП S_V за підсумковою лінгвістичною шкалою, узагальнює отримані результати та готує єдине рішення і подає до НАQA проєкт звіту експертної групи. У таблиці 3.7 наведено приклад вхідних оцінок якості ОП $x_{ijl}^{(0)}$ та обчислені вихідні значення параметрів і характеристик розмитості відповідних трикутних нечітких чисел

$$X_{\Delta ij l} = \langle a_{xijl}, \alpha_{xijl}, \beta_{xijl} \rangle, \quad Y_{\Delta il} = \langle a_{yil}, \alpha_{yil}, \beta_{yil} \rangle \quad \text{і} \quad S_{\Delta i} = \langle a_{si}, \alpha_{si}, \beta_{si} \rangle, \quad i = \overline{1, m_q}, \\ j = \overline{1, k_i}, \quad l = \overline{1, 3}.$$

Таблиця 3.7 – Приклад значень вхідних експертних оцінок $x_{ijl}^{(0)}$ рівня якості ОП та обчислених вихідних параметрів і характеристик розмитості відповідних трикутних нечітких чисел

Критерій оцінки якості ОП, i	Підкритерій оцінки якості ОП, j	Оцінка експертом рівня якості ОП	Вихідне трикутне нечітке число $X_{\Delta ij l}, Y_{\Delta il}$ або $S_{\Delta i}$				
			Модалне значення, a	Лівий коефіцієнт нечіткості, α	Правий коефіцієнт нечіткості, β	Аналог дисперсії	Аналог середньоквадратичного відхилення
1	2	3	4	5	6	7	8
Експерт 1 – НПП, голова ЕГ							
1	1	75	75	2	14	12,7	3,6
	2	70	70	19	2	22,4	4,7
	3	80	80	7	9	10,7	3,3
	4	80	80	7	9	10,7	3,3
Трикутне число $Y_{\Delta il}$:			76	9	8	12,1	3,5
...
Експертна група							
1	Трик-не число $S_{\Delta i}$:		76	9	8	12,1	3,5
2	Трик-не число $S_{\Delta i}$:		80	7	8	9,4	3,1
...
1	2	3	4	5	6	7	8
7	Трик-не число $S_{\Delta i}$:		73	8	10	13,6	3,7
...
10	<i>не застосовується</i>						

У таблиці 3.8 наведені відповідні кожному l -му експерту, $l = \overline{1, 3}$, та експертній групі в цілому орієнтовні значення функціонала близькості $H^2[X_1, X_2]$, обчислені для кожної пари «вихідне трикутне нечітке число, що визначає

відповідну зважену загальну бальну оцінку якості ОП – цільовий трапецієвидний нечіткий інтервал, що відповідає певному терму лінгвістичної шкали», за кожним i -м критерієм, $i = \overline{1, m_q}$.

Таблиця 3.8 – Приклад орієнтовних значень функціонала близькості $H^2[X_1, X_2]$, обчислених для кожної пари «вихідне трикутне нечітке число – цільовий трапецієвидний нечіткий інтервал» у розрізі критеріїв

Експерт, l	Критерій оцінки якості ОП, i	Лінгвістична шкала			
		A	B	E	F
1	2	3	4	5	6
Експерт 1 – НПП, голова ЕГ	1	1,00	0,29	0,79	1,00

	9	1,00	0,15	0,97	1,00
Експерт 2 – НПП, член ЕГ	1	1,00	0,50	0,58	1,00

	9	0,76	0,33	1,00	1,00
Експерт 3 – здобувач, член ЕГ	1	1,00	0,09	1,00	1,00

	9	1,00	0,09	1,00	1,00
Експертна група	1	1,00	0,27	0,78	1,00
	2	1,00	0,15	1,00	1,00
1	2	3	4	5	6
Експертна група	1	1,00	0,27	0,78	1,00
	2	1,00	0,15	1,00	1,00
	3	1,00	0,23	0,84	1,00
	4	1,00	0,24	0,85	1,00
	5	1,00	0,36	0,73	1,00
	6	1,00	0,32	0,76	1,00
	7	1,00	0,40	0,64	1,00
	8	1,00	0,67	0,21	1,00
	9	1,00	0,15	1,00	1,00
	10	не застосовується			

У таблиці 3.9 наведені відповідні кожному l -му експерту, $l = \overline{1, 3}$, та експертній групі в цілому орієнтовні мінімальні значення функціонала

близькості $H^2[X_1, X_2]$ пари «вихідне трикутне нечітке число – цільовий трапецієвидний нечіткий інтервал» для загальної бальної оцінки якості ОП за кожним i -м критерієм, $i = \overline{1, m_q}$.

Таблиця 3.9 – Приклад мінімальних значень функціонала близькості $H^2[X_1, X_2]$ для загальної бальної оцінки якості ОП за кожним i -м критерієм, $i = \overline{1, m_q}$, відповідні кожному l -му експерту, $l = \overline{1, 3}$, та експертній групі в цілому

Експерт, $\min H^2[X_1, X_2]$	Критерій оцінки якості ОП, i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Експерт 1	0,29	0,12	0,22	0,09	0,24	0,41	0,19	0,11	0,15	-
Експерт 2	0,50	0,12	0,22	0,27	0,18	0,13	0,44	0,21	0,33	-
Експерт 3	0,09	0,12	0,24	0,40	0,34	0,13	0,41	0,29	0,09	-
Експертна група	0,27	0,15	0,23	0,24	0,36	0,32	0,40	0,21	0,15	-

У таблиці 3.10 наведено результати обчислень вихідних значень Y_{AFil} та S_{AFi} за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F» зваженої загальної оцінки якості ОП за кожним i -м критерієм. Отримані терми лінгвістичної шкали представлені як за кожним l -му експертом, $l = \overline{1, 3}$, так і за експертною групою в цілому.

Таблиця 3.10 – Приклад вихідних значень Y_{AFil} та S_{AFi} за лінгвістичною шкалою «А – В – Е – F» зваженої загальної оцінки якості ОП за кожним i -м критерієм

Експерт, Y_{AFil}, S_{AFi}	Критерій оцінки якості ОП, i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Експерт 1	В	В	В	В	Е	Е	В	Е	В	-
Експерт 2	В	В	В	В	В	В	Е	Е	В	-
Експерт 3	В	В	В	В	В	В	В	В	В	-
Експертна група	В	В	В	В	В	В	В	Е	В	-

Далі, використовуючи формули (3.17) – (3.18) обчислюємо значення індексів вибору I_p , $p = \overline{1,5}$, та визначаємо загальну оцінку ОП S_V за підсумковою лінгвістичною шкалою (таблиця 3.11).

Таблиця 3.11 – Приклад значень індексів вибору I_p , $p = \overline{1,5}$, та відповідної остаточної загальної оцінки ОП S_V за підсумковою лінгвістичною шкалою для ОП другого рівня

Рівень ОП, r	Індекси вибору, I_p					Варіант (терм), V	Значення, S_V
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5		
2	1	1	0	0	0	3	умовна (відкладена) акредитація

Таким чином, за результатами акредитаційної експертизи ОП експертна група прийшла до загального рішення про умовну (відкладену) акредитацію освітньої програми.

4 ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДДІЛУ АКРЕДИТАЦІЇ ОСВІТНІХ ПРОГРАМ

4.1 Розробка баз даних системи

Етапи розробки системи баз даних акредитаційних форм для освітньої програми за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія використовує парадигмальний підхід SDLC (Життєвий цикл розвитку системи) [71] (рисунок 4.1), який складається з 6 етапів.

Software Development Life Cycle (SDLC) Phases

Software Development Life Cycle (SDLC) Phases



Рисунок 4.1 – Життєвий цикл розробки програмної системи

Етап 1. Визначення системних вимог, а саме визначення пристроїв, необхідних для створення системи, як первинних, так і вторинних даних, апаратного та програмного забезпечення.

Етап 2. Системний аналіз і моделювання, системний аналіз і моделювання здійснюються за допомогою карти потоку, щоб з'ясувати функції або види діяльності, які будуть застосовуватися в системі. Система

карт потоків виконана у вигляді контекстних діаграм, діаграм потоків даних, діаграм зв'язків між сутностями, зв'язків між файлами, структури файлів, структури програми, структури меню, формату введення та формату виведення. Аналіз і моделювання системи здійснюється на основі UML (Unified Modeling Language).

Етап 3. Створення системи, процес створення програмного забезпечення Інструмент акредитації бази даних моніторингу освітньої програми завершено з використанням методів UML, а саме відбору програмних пакетів, які належним чином аналізуються, придатних для побудови систем. Створення системи, починаючи з проектування системи, проектування бази даних та дизайну відображення системи. Дизайн системного дисплея служить еталоном для створення інтерфейсу користувача в реалізації системи.

Етап 4. Тестування та вдосконалення системи, проведене тестування Інструменту акредитації бази даних моніторингу освітньої програми на основі методів тестування whitebox та blackbox. Тестування Whitebox використовується для перевірки точності потоку алгоритмів і структури даних створеної системи. А тестування blackbox використовується для перевірки правдивості функціональності системи на основі результатів аналізу потреб.

Етап 5. Реалізація системи здійснюється на серверних комп'ютерах та інтранет-мережах освітньої програми «Комп'ютерна інженерія» .

Етап 6. Фінальна фаза – «підтримки». Ця фаза буде застосована коли освітня програма буде переглядатися, удосконалюватися і з часом будуть вноситись зміни.

Акредитація освітніх програми проводиться NAQA на основі відкритих критеріїв. Акредитація – це процес, який здійснюється для визначення доцільності освітніх програм і підрозділів у каналах формальної та неформальної освіти на кожному рівні освіти. Рішення щодо якості ґрунтуються на оцінках та різних доказах, що стосуються встановлених

стандартів. Метою та перевагами акредитації навчальних програм є гарантування, що акредитовані навчальні програми відповідають встановленим стандартам якості, заохочувати навчальні програми постійно вдосконалюватися та підтримувати високу якість, а результати акредитації можуть бути використані як основа для розгляду при передачі кредитів ЗВО, надання допомоги та виділення коштів, а також визнання з боку інших установ чи установ.

Існує дев'ять стандартів, які пояснюють прихильність освітніх програм до інституційної спроможності та прихильність до ефективності освітніх програм:

- 1) бачення, місія, цілі та стратегія;
- 2) державна служба, управління та співпраця;
- 3) здобувач вищої освіти;
- 4) людський ресурс;
- 5) фінанси, засоби та інфраструктура;
- 6) освіта;
- 7) дослідження;
- 8) громадська робота;
- 9) результати та досягнення.

Результати аналізу системних вимог у вигляді мінімальних специфікацій апаратного та програмного забезпечення використовуються наступним чином:

Устаткування комп'ютера зі специфікаціями:

- процесор Intel Dual Core;
- жорсткий диск 32 ГБ;
- 2 ГБ ОЗП;
- миша та клавіатура.

Комп'ютерне програмне забезпечення, що складається з:

- операційної системи Microsoft Windows 7;
- програми Macromedia Dreamweaver;

- додатка ApacheFriends XAMPP;
- браузера: Mozilla Firefox, Google Chrome.

Карта потоків системи виконана у вигляді контекстних діаграм, діаграм потоків даних, сутності, діаграми взаємозв'язків, зв'язки між файлами, файлові структури, структури програм, структури меню, формати введення та вихідні формати. Ця карта потоків ілюструє потік даних, зберігання та вихід даних. Він також відображає потік даних і процеси, які існують в системі, які стають еталоном при створенні інтерфейсу користувача в системній реалізації.

Створення системи за допомогою кількох додатків наступним чином:

- a) програма Macromedia Dreamweaver, яка функціонує як професійний редактор HTML для візуального використання дизайну і керування веб-сайтами та веб-сторінками.
- b) додаток ApacheFriends XAMPP функціонує як окремий сервер, який складається з Програмою Apache HTTP Server, база даних MySQL і перекладач мови, написані на PHP мові програмування.
- c) PHP (Hypertext Preprocessor) – це мова сценаріїв, яку можна вставляти або вставляти в HTML, який дає можливість зробити веб-сайт динамічним та інтерактивним.
- d) MySQL – це багатопотокове та багатокористувацьке програмне забезпечення системи керування базами даних SQL (СУБД), який функціонує як сховище даних або сервер баз даних.

На рисунку 4.2 наведено початкова сторінка бази даних форм акредитації інформаційної системи.

Програма навчання зі спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія. Кожен користувач повинен заповнити своє ім'я користувача та пароль, щоб увійти в систему, де кожен користувач має різні права доступу.



Рисунок 4.2 – Сторінка входу в систему

На рисунку 4.3 наведена структура бази даних, представлена у форматі Physical Data Model (PDM), яка пояснює, як дані зберігаються на комп'ютері, представляючи таку інформацію, як формати записів, порядок записів і шляхи доступу. Інструмент акредитації моніторингу База даних навчальної програми створена з використанням мови програмування PHP та бази даних MySQL. Мова програмування PHP була обрана з метою веб- і багатоплатформеності. Програма створена на основі розроблених UML-діаграм.

4.2 Запуск інформаційної системи

Для запуску інструментів акредитації моніторингу бази даних навчальної програми для інтранет-мереж необхідно увімкнути програму ApacheFriends XAMPP на комп'ютері-сервері. За допомогою браузера (Mozilla Firefox, Google Chrome) доступ до системи можна отримати через адресу сайту <http://>. Через URL-адресу запускається програма для відтворення програми, а саме Home. Правильно заповнивши логін користувача, він зможе використовувати форми акредитації відповідно до зовнішнього вигляду.

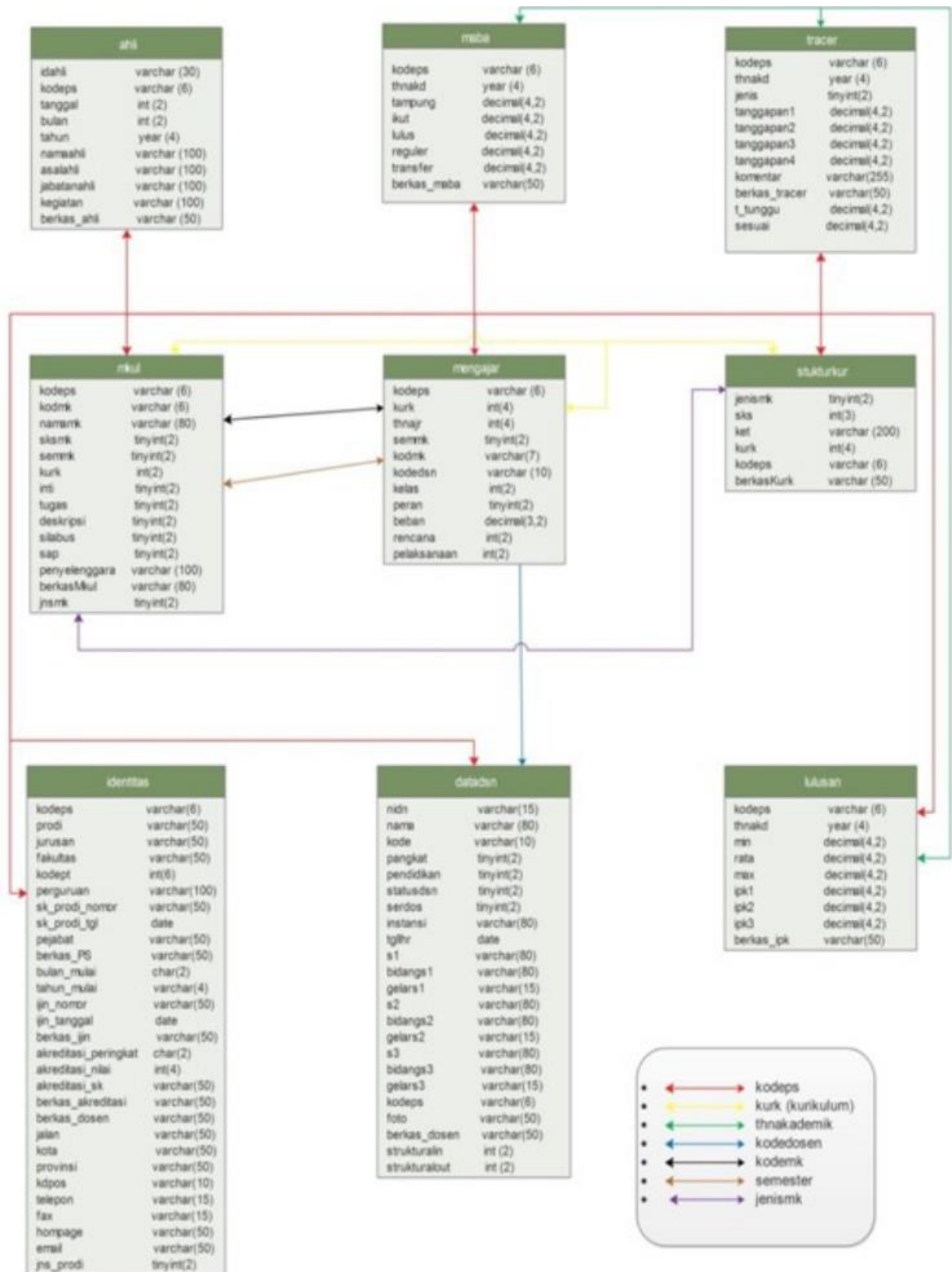


Рисунок 4.3 – Фізична модель даних

Відображення на екрані програми доступних опцій меню:

1) сторінка *menu_input_data.php* була відображена на рисунку 4.4, меню опцій для вибору посилання для введення даних, серед іншого: вступники, статус здобувача вищої освіти, випускник, дослідження трасування, курси, навчання, інші дослідження, комунальні послуги, енергія експерти/експерти, навчальні завдання, наукові/професійні організації, персонал, академічне керівництво, досягнення викладачів, фінанси;

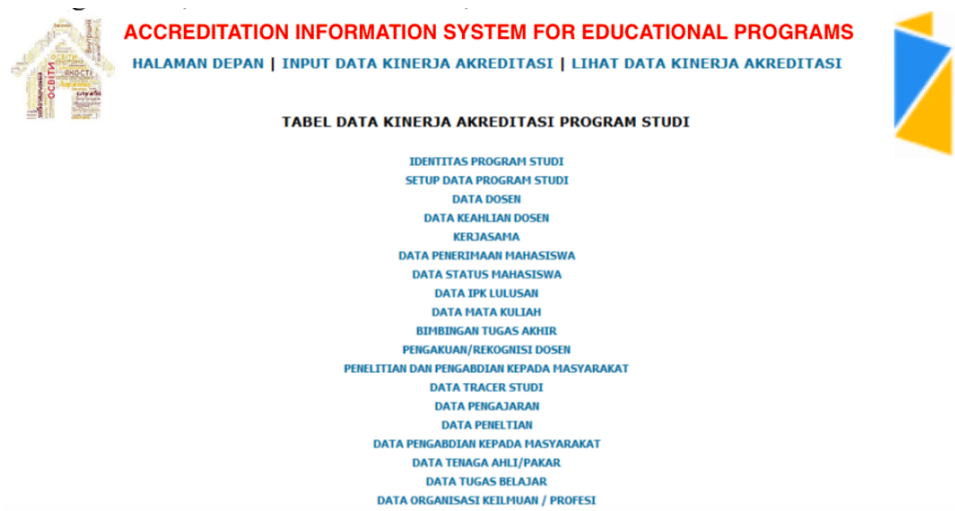


Рисунок 4.4 – Сторінка *Menu_input_data.php*

2) на сторінці *menu_lihat_data.php* (рисунок 4.5) відображено меню параметрів для вибору посилань для перегляду форм акредитації, які відповідають таблиці інструментів акредитації NAQA;



Рисунок 4.5 – Сторінка *Menu_view_data.php*

3) сторінка *input_dosen.php* (рисунок 4.6) є формою для заповнення від імені викладача, гаранта освітньої програми;

The screenshot shows a web browser window with the URL `192.168.0.2/simborang/tampilan/input_dosen.php?kodeps=20201`. The page title is "Accreditation information system for educational programs". Below the title, there are navigation links: "HALAMAN DEPAN | INPUT DATA BORANG AKREDITASI | LIHAT DATA BORANG AKREDITASI". The main content area is titled "DATA DOSEN" and contains a form with the following fields:

- Kode Program Studi: 20201
- Program Studi: TEKNIK ELEKTRO
- NIDN: [input field]
- Nama Lengkap: [input field]
- Kode Dosen: [input field]
- Foto Dosen: [Browse button] No file selected. Berkas: [input field]
- Pangkat Akademik: [Dropdown menu: Pangkat Akademik]
- Pendidikan: [Dropdown menu: Pendidikan Akhir]
- Status Dosen: Dosen Tetap PS Dosen Tetap Luar PS Dosen Tidak Tetap
- Sertifikasi Dosen: Ya Tidak
- Berkas Dosen: [Browse button] No file selected. Berkas: [input field]
- Asal Instansi: [input field]
- Tanggal Lahir: Tanggal: [input field] Bulan: [Dropdown menu] Tahun: [input field]
- Jabatan Struktural di UKI Pulus: [Dropdown menu: TIDAK ADA]
- Jabatan Struktural di luar UKI Pulus: [Dropdown menu: TIDAK ADA]
- Pendidikan Sarjana (S1): [input field]
- Gelar: [input field]

Рисунок 4.6 – Сторінка *Input_dosen.php*

4) сторінка *lihat_data_dosen_tetapPS.php* (рисунок 4.7) є формою для заповнення інформації викладачем, гарантом освітньої програми;

The screenshot shows a web browser window with the URL `192.168.0.2/simborang/tampilan/lihat_data_dosen_tetapPS.php`. The page title is "Accreditation information system for educational programs". Below the title, there are navigation links: "HALAMAN DEPAN | INPUT DATA BORANG AKREDITASI | LIHAT DATA BORANG AKREDITASI". The main content area is titled "DATA DOSEN" and contains a table with the following columns: No, Nama Dosen Tetap, NIDN, Tanggal Lahir, Jabatan Akademik, Sertifikasi, and Pendidikan. The table lists three faculty members:

No	Nama Dosen Tetap	NIDN	Tanggal Lahir	Jabatan Akademik	Sertifikasi	Pendidikan
1	Apriana Todip, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.	090304702	0000-00-00	LEKTOR KEPALA	Ya	S1 Gelar : S.T. Asal : UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PAULUS Bidang : TEKNIK TELEKOMUNIKASI S2 Gelar : M.Eng.Sc. Asal : CURTIN UNIVERSITY Bidang : ELECTRICAL ENGINEERING S3 Gelar : Ph.D. Asal : CURTIN UNIVERSITY Bidang : ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING
2	Chris Batara, S.T., M.T.	001305700	0000-00-00	LEKTOR KEPALA	Ya	S1 Gelar : S.T. Asal : UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PAULUS Bidang : TEKNIK TELEKOMUNIKAS S2 Gelar : M.T. Asal : INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG Bidang : TEKNIK ELEKTRO
3	Daniars Paltogan, S.T., M.Eng.Sc.	090205700	0000-00-00	ASISTEN AHLI		S1 Gelar : S.T. Asal : UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PAULUS Bidang : TEKNIK TELEKOMUNIKASI S2 Gelar : M.Eng.Sc. Asal : CURTIN UNIVERSITY Bidang : TELECOMMUNICATION ENGINEERING

Рисунок 4.7 – Сторінка *Input_dosen.php*

Тестування проводилось за допомогою методів тестування whitebox і blackbox. Отримано наступні результати тестування: система працює відповідно до алгоритму потоку та потрібної структури даних і кожного. У таблиці 4.2 наведені результати тестування системи. Можна зробити висновок, що всі функціональні аспекти Інструменту акредитації бази даних моніторингу якості освітньої програми функціонують належним чином та відповідно до проєкту системи.

Таблиця 4.2 – Результати тестування системи

Функція	Бажані результати	Тестування	Результати тесту
1	2	3	4
Login	Кожен користувач має правильно заповнити форму ім'я користувача та пароль	Введіть правильне ім'я користувача та пароль	Користувачі можуть перейти на сторінку головного меню
		Введіть неправильне ім'я користувача та/або пароль	Повідомлення «Введіть ім'я користувача та пароль». Користувачі не можуть увійти на сторінку головного меню
Fill in form data	Заповнюйте форми даних, перевіряйте та зберігайте в базі даних системою	Заповніть повні дані	Дані зберігаються в базі даних
		Заповніть неповні дані або Заповніть ті самі дані	Дані не зберігаються в базі даних, з'являється повідомлення «дані неповні» або «дані вже зареєстровані»

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4
Changing data	Дані змінюються відповідно до коду кожного з даних	Заповніть або клацніть код даних форми, яку потрібно змінити	Формувати зміни даних у базі даних
1	2	3	4
Wipe data	Дані видаляються відповідно до коду кожного даних	Заповніть або клацніть код даних форми, щоб видалити	Форми даних видаляються в бази даних

Тестування рівня доступності користувачів виконується шляхом вимірювання рівня задоволеності користувачів створеною системою. Тест виконується адміністратором, деканом, керівником (гарантом) навчальної програми, викладачами, адміністративними працівниками та студентами, які беруть участь у процесі акредитації. Респондент оцінює освітню програму за 5 запитаннями/критеріями:

- відображення бази даних інструменту акредитації моніторингу освітньої програми;
- повне меню / форма в системі бази даних форм акредитації в програмі «Accreditation information system for the educational programs»;
- швидкість реагування та доступ до системи баз даних Форми акредитації в програмі «Accreditation information system for the educational programs»;
- точність даних, які відображаються в системі бази даних акредитаційних форм програми «Accreditation information system for the educational programs»;
- система баз даних акредитаційних форм «Accreditation information system for the educational programss». Навчальна програма зі спеціальності «Комп'ютерна інженерія» відповідає потребам таблиці форм акредитації.

Кожне запитання оцінювалося за шкалою 5 (1 / Ні; 2 / Погано; 3 / Досить; 4 / Добре; 5 / Дуже добре). З 30 респондентів результати вимірювань, отримані з рівня доступності користувача, отримані на 95,52% за шкалою (Добре – Дуже добре).

ВИСНОВКИ

1 Розробка або вибір IT-інструментів для оцінки якості освітніх програми, які б задовольняв вимогам акредитації, є складним і багатокритеріальним завданням. Огляд основних функцій IT-інструментів (EvalTools, CLOSO, WEAVEonline), які застосовуються для підтримки акредитаційних процесів, показав, що жоден існуючий інструмент не охоплює всі фази безперервного покращення якості.

Проаналізовано організаційні особливості системи EQA в частині залучення агентствами (QAA) групи експертів до процесу акредитації ОП. Встановлено, що до акредитаційних процесів залучаються експерти з відмінним академічним та професійним досвідом, що вимагає від освітніх менеджерів рішень щодо узгодження експертних суджень у колективному висновку щодо якості ОП.

Формування узгодженого експертного колегіального рішення щодо оцінки якості представлено у взаємозалежності трьох змінних: академічної компетентності (відповідно до статусу у ЗВО: викладачі, наукові співробітники, академічний персонал, студентство), контекстуального фокусу експертних суджень щодо відповідності ОП критеріям та субкритеріям, а також сприйняття лінгвістичної шкали оцінок, визначеної QAA («А», «В», «Е», «F»). Виявлені типи змінних дозволяють пояснити існуючу міру суб'єктивності, яка впливає на підсумковий звіт експертів. Такий методологічний підхід дозволяє сформуванню колегіальну оцінку якості ОП відповідно до вимог QAA та принципів академічної культури.

2 Слід зазначити, що взаємодія між різними зацікавленими сторонами (особами, які приймають рішення, керівниками відділів та викладачами) завжди присутня. У цьому контексті ми обрали методи MCDM загалом і TOPSIS зокрема, який використовує точні параметри для розрахунку продуктивності для кожного досліджуваного елемента. Використання методів прийняття рішень (зокрема MCDM і TOPSIS) дозволили кількісно

визначити внутрішні та зовнішні критерії якості освітніх програм. Це дозволяє особам, які приймають рішення, обирати найкращу альтернативу, а також виправити ті, які цікаві, але мають нижчі результати. Також, багатокритеріальна оцінка і запропонований підхід дозволяє визначати пріоритети дій, які необхідно вжити для прийняття ефективного рішення.

3 Запропоновано комплексну методику кількісного оцінювання якості ОП в умовах невизначеності. Дана методика розроблена із використанням апарату нечіткої математики та враховує відносну важливість критеріїв, субкритеріїв та рівні компетентності експертів. Розроблено базову математичну модель формування колегіального експертного висновку щодо якості ОП на прикладі системи критеріїв якості, затверджених українським QAА. У даній моделі передбачено варіації експертних значень вагових коефіцієнтів (компетентності експертів; критеріїв і підкритеріїв оцінки якості ОП) та параметрів нечітких чисел у розрізі лінгвістичної шкали оцінок («А – F»). Множина експертних значень дозволяє застосовувати засоби обчислювального експерименту для визначення шляхів удосконалення прийняття рішень експертами та уникати суперечностей й надмірної суб'єктивності.

Застосування такої моделі дозволить освітнім менеджерам враховувати існуючу двозначність способу оцінювання, коли, з одного боку, потрібно чітко керуватися вимогами стандартних критеріїв, а з іншого – виробляти експертний висновок щодо якості ОП з визначенням її інноваційності, а також рекомендаціями щодо подальшого удосконалення. Розроблений інструментарій може застосовуватись у вищій освіті, як для програмної, так і інституційної акредитації. Також запропонована модель може використовуватись ЗВО у процесах самооцінювання якості ОП з точки зору різних груп стейкхолдерів. У цілому застосування запропонованого оціночного інструментарію щодо якості ОП уможливило прийняття експертами та менеджерами рішень на більш високому рівні академічної та управлінської культури.

4 Створення інформаційної системи бази даних для проведення акредитації освітніх програми «Accreditation information system for the educational programs». Інформаційна система апробована на прикладі оцінки якості освітньої програми зі спеціальності «123 – Комп'ютерна інженерія». Встановлено, що система здатна представляти точні дані відповідно до потреб форми акредитації NAQA. Подання веб-форм даних забезпечує зручність і швидкість заповнення таблиць інструментів акредитації з рівнем доступності для користувачів, отриманим на рівні 95,52%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Uvalic-Trumbic S., Martin M. A. New Generation of External Quality Assurance: Dynamics of change and innovative approaches: New trends in higher education. Paris: UNESCO, International Institute for Educational Planning. 2021. 112 p.
2. Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area (ESG). Brussels: EURASHE. 2015. 32 p.
3. Nabaho L., Turyasingura W. Battling Academic Corruption in Higher Education: Does External Quality Assurance (EQA) Offer a Ray of Hope? Higher Learning Research Communications. 2019. Vol. 9 (1). P. 1–11. doi: 10.18870/hlrc.v9i1.449.
4. Martin M. A., Parikh S. Quality management in higher education: developments and drivers: results from an international survey. Paris: UNESCO, International Institute for Educational Planning. 2017. 99 p.
5. Ryan T. Quality assurance in higher education: A review of literature. Higher Learning Research Communications. 2015. Vol. 5 (4). doi: 10.18870/hlrc.v5i4.257.
6. Ibrahim H. A. Quality Assurance and Accreditation in Education. Open Journal of Education. 2014. Vol. 2 (2), P. 106–110. Doi: 10.12966/oje.06.06.2014.
7. Schindler L., Puls-Elvidge S., Welzant H., Crawford L. Definitions of quality in higher education: A synthesis of the literature. Higher Learning Research Communications. 2015. Vol. 5(3), P. 3-13. doi: 10.18870/hlrc.v5i3.244.
8. Papanthymou A., Darra M. Quality Management in Higher Education: Review and Perspectives. Higher Education Studies. 2017. Vol. 7 (3), P. 132-147, doi: 10.5539/hes.v7n3p132.
9. Leiber T., Stensaker B., Harvey L. Impact evaluation of quality assurance in higher education: Methodological and causal design. Quality in Higher Education. 2015. Vol. 21 (3), P. 288-311.
10. Chen I. S., Chen J. K., Padro F. F. Critical quality indicators of higher

education. *Total Quality Management & Business Excellence*. 2017. Vol. 28 (1-2), P. 130–146. doi: 10.1080/14783363.2015.1050178.

11. Stensaker B. External Quality Assurance in Higher Education. In: Teixeira, P., Shin, J. (eds). *Encyclopedia of International Higher Education Systems and Institutions*. Dordrecht: Springer. 2018. 482 p. doi: 10.1007/978-94-017-9553-1_523-1.

12. Schwarz S., Westerheijden D. (eds.). *Accreditation and evaluation in the European Higher Education Area. Higher education dynamics*. Dordrecht: Springer. 2004. 495 p.

13. Martin M., Stella A. *External quality assurance in higher education*. Paris: UNESCO, International Institute for Educational Planning. 2007, 107 p.

14. Garwe E. C., Gwati L. The Role of International and Regional Quality Assurance Bodies. *Higher Education Research*. 2018. Vol. 3 (1), P. 15–22. Doi: 10.11648/j.her.20180301.14.

15. Langfeldt L., Stensaker B., Harvey L., Huisman J., Westerheijden D. F. The role of peer review in Norwegian quality assurance: potential consequences for excellence and diversity. *High Education*. 2010. Vol. 59, P. 391–405. doi: 10.1007/s10734-009-9255-4.

16. Augusti G., Birch J., Payzin, E. (2011). *EUR-ACE: A System of Accreditation of Engineering Programmes Allowing National Variants*. INQAAHE Conference, Madrid. 2011. URL: <https://www.enaee.eu/wp-content/uploads/2018/11/3a1985abb40303f6b471a1466c85967e1.pdf>.

17. Accreditation Agency in Health and Social Sciences. URL: <https://ahpgs.de>.

18. Arostegui J. A. R. Expert-panel accreditation evaluation-practices: an autoethnographic case study of the Community of Madrid. *Debats. Journal on Culture, Power and Society*. 2017. Vol. 2, P. 151–162. doi: <http://dx.doi.org/10.28939/iam.debats-en.2017-12>

19. Pletsan K., Fesenko G., Mazepa T., Syrotynska N., Moskaljova A., Osaula V. Training of future managers of the culture sphere. *AD ALTA: Journal of*

Interdisciplinary Research. 2021. Vol. 11/02-XXII, P. 17–20.

20. Moser M., Treskova S. Deviations between Accreditation Recommendations of Expert Panels and Final Decisions of the German Accreditation Council: Thematic analysis. Bayreuth: ACQUIN. 2020. 13 p.

21. Abebe R. Trust Between Quality Assurance Agencies and Higher Education Institutions and its Implications for Quality Management Models: Doctoral Thesis. Tampere: Tampere University. 2021. 381 p.

22. Ransom T., Knepler E., Zapata-Gietl C. New Approaches to Judging Quality in Higher Education: Profiles of Emerging Methods: Apart From Traditional Accreditation. Washington: Council for Higher Education Accreditation. 2018. 32 p.

23. Garwe E. C. Analysis of the peer-reviewed process used in the accreditation of new programmes in Zimbabwe. International Journal of Learning & Development. 2015. Vol. 5 (3), P. 85–96. Doi:10.5296/ijld.v5i3.8472.

24. Elassy N. A model of student involvement in the quality assurance system at institutional level. Quality Assurance in Education. 2013. Vol. 21 (2), P. 162–198. doi: 10.1108/09684881311310692

25. Scott E. A. Student involvement in the quality assurance processes in HE in FE: perceptions of students, teachers and managers: Doctoral thesis (Ed.D), London: UCL. 2018. 199 p.

26. Alaniska H., Codina E. A., Bohrer J., Dearlove R., Eriksson S., Helle E., Wiberg L. K. Student involvement in the processes of quality assurance agencies Workshop reports. Helsinki: European Association for Quality Assurance in Higher Education. 2006. 46 p.

27. European, Ukrainian and Kazakh policies, strategies and practices of quality assurance in higher education: Case Study. 2021. 307 p.

28. Фесенко Г. Г., Шахов А. В., Фесенко Т. Г., Якунин А. В. Моніторинг системи освітнього менеджменту за моделями оцінки гендерної зрілості (на прикладі університетів України). Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Стратегічне управління, управління

портфелями, програмами та проектами : зб. наук. пр. 2020. №1. С. 68–77.

29. Фесенко Т. Г., Фесенко Г. Г., Коваленко А.А., Ткачов В. М., Ярошенко О. А. Інформаційно-аналітичний супровід управлінських рішень аудиту гендерної зрілості освітнього менеджменту. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами : зб. наук. пр. 2022. №1. С. 56–67.

30. Fesenko T., Fesenko G. Developing gender maturity models to project and programme management. *Eastern-European Journal of Interiorise Technologies*. 2017. Vol. 1/3(85), P. 46–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.28031.

31. E. Sallis, *Total Quality Management In Education*. Routledge, 2014.

32. O. Al-Tabbaa, K. Gadd, and S. Ankrah, “Excellence models in the non-profit context: strategies for continuous improvement,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 30, no. 5, pp. 590- 612, 2013.

33. E. Essa, A. Dittrich, S. Dascalu, and F. C. Harris Jr, “ACAT: A web-based software tool to facilitate course assessment for ABET accreditation,” *IEEE In Information Technology: New Generations (ITNG)*, 2010 Seventh International Conference on pp. 88-93, April 2010.

34. W. Ibrahim, Y. Atif, K. Shuaib, and D. Sampson, “A web-based course assessment tool with direct mapping to student outcomes,” *Educational Technology and Society*, vol. 18, no. 2, pp. 46-59, 2015.

35. Y. Atif, W. Ibrahim, and K. Shuaib, “A portal approach to continuous improvement of outcomes-based curriculum,” In *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Marrakech: IEEE, pp. 1-6, April 2012.

36. M. A. Ismail, “OBACIS: Outcome based analytics and continuous improvement system,” In *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*, 2016.

37. M. A. Ismail, “OBACIS Phase II: Catalogs and auto-generated course information sheets,” In *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*, 2017.

38. I. Aghav, and J. Aghav, “Learning analytics to quantize and improve the

skills development and attainment in large classes,” *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 3, no. 10, pp. 358-362, 2014.

39. A. M. Al-Bakry, “E-assessment system based on ABET criterion for computing programs,” *Journal of University of Babylon*, vol. 22, no. 5, pp. 1482-1489, 2014.

40. C. E. Cornel, “The role of internet of things for a continuous improvement in education,” *Hyperion Economic Journal*, vol. 3, no. 2, pp.24-31, 2015.

41. P. Adina-Petruța, and S. Roxana, “Integrating six sigma with quality management systems for the development and continuous improvement of higher education institutions,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 143, pp. 643-648, 2014.

42. S. Cardona, J. Velez, and S. Tobon, “A tool for competence testing in Moodle,” In *Computing Colombian Conference (9CCC)*, 2014 9th, IEEE pp. 35-41, September 2014.

43. M. H. Imam, and I. A. Tasadduq, “Evaluating the satisfaction of ABET student outcomes from course learning outcomes through a software implementation,” *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education (IJQAETE)*, vol. 2, no. 3, pp. 21-33, 2012.

44. W. Hussain, P. E. Fong Mak, F. M. Addas, “Engineering program evaluations based on automated measurement of performance indicators data classified into cognitive, affective, and psychomotor learning domains of the revised bloom’s taxonomy,” In *ASEEE 123rd Annual Conference & Exposition*. New Orleans, LA, 2016.

45. MakTeam, EvalTools, <https://iu.myschooling.net/EvalTools6/EvalTools/>

46. Smart-Accredit, CLOSO, <http://www.smart-accredit.com/>

47. Weave, WEAVEonline, <https://app.weaveonline.com/login.aspx>

48. M. Diaby, F. Valognes, A. Clement-Demange, “Utilisation d’une methode multicritere d’aide a la decision pour le choix des clones d’hevea a planter en Afrique”, *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement*, Vol. 14, No.

2, pp. 299-309, 2010.

49. D. Vanderpooten, *Aide Multicritere a la Decision Concepts, Methodes et Perspectives*, ENS Cachan, 2008.

50. S. B. Mena, "Introduction aux methodes multicriteres d'aide a la decision", *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environnement*, Vol. 4, No. 2, pp. 83-93, 2000.

51. J. Ninin, L. Mazeau, "La recherche operationnelle: De quelques enjeux juridiques des mecanismes d'aide a la decision", *Lex Electronica*, Vol. 22, pp. 57-79, 2017.

52. D. C. Porumbel, "Algorithmes Heuristiques et Techniques d'Apprentissage - Applications au Probleme de Coloration de Graphe", PhD Thesis, Université d'Angers, 2009.

53. T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process", *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, pp. 83-98, 2008.

54. B. Roy, H. Aissi, *Robustesse en Aide Multicritere a la Decision*, Universite Paris-Dauphine 2008.

55. A. Appriou, "Methodologie de la gestion intelligente des senseurs", *Traitement du Signal*, Vol. 22, No. 4, pp. 305-306, 2005.

56. B. Roy, D. Bouyssou, *Aide Multicritere a la Decision: Methodes et Cas*, *Economica*, 1993.

57. M. Hanine, O. Boutkhoul, A. Tikniouine, T. Agouti, "Application of an integrated multi-criteria decision making AHP-TOPSIS methodology for ETL software selection", *Springerplus*, Vol. 5, pp. 1-17, 2016.

58. T. L. Saaty, L. G. Vargas, *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*, Springer, 2001.

59. F. Tscheikner-Gratl, P. Egger, W. Rauch, M. Kleidorfer, "Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods for Integrated Rehabilitation Prioritization", *Water*, Vol. 9, No. 2, pp. 1-28, 2017.

60. Z. Edmundas, M. Abbas, T. Zenonas, J. Ahmad, N. Khalil, "Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making

problems”, International Journal of Information Technology & Decision Making, Vol. 15, No. 3, pp. 645-682, 2016.

61. G. O. Odu, O. E. Charles-Owaba, “Review of Multi-criteria Optimization Methods – Theory and Applications”, IOSR Journal of Engineering, Vol. 3, No. 10, pp. 1-14, 2013.

62. D. Ayadi, Optimisation Multicritere de la Fiabilite: Application du Modele de Goal Programming Avec les Fonctions de Satisfactions dans l’Industrie de Traitement de Gaz, PhD Thesis, Universite d’Angers, 2010.

63. K. Solecka, “ELECTRE III method in assessment of variants of integrated urban public transport system in Cracow”, Transport Problems: an International Scientific Journal, Vol. 9, No. 4, pp. 83-96, 2014.

64. L. Sifeng, C. Hua, C. Ying, Y. Yingjie, “Advance in grey incidence analysis modelling”, 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Anchorage, USA, October 9-12, 2011.

65. F. Y. Ma, “Analysis of energy efficiency operational indicator of bulk carrier operational data using gray relation method”, Journal of Oceanography and Marine Science, Vol. 5, No. 4, pp. 30-36, 2014.

66. S. Greco, M. Ehrgott, J. R. Figueira, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer, 2005.

67. Рекомендації щодо застосування критерії оцінювання якості освітньої програми. Київ: Оріон, 2020. 66 с.

68. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2013. 798 с.

69. Данилевський М. П., Якунін А. В., Кузнецова Г. А. Елементи обчислювальної математики. Харків : ХНАМГ, 2012. 156 с.

70. Richards J. A., Jia X. Remote Sensing Digital Image Analysis. Berlin Heidelberg : Springer. 2006. 439 p.

71. L. Sudianto, P. Simon. "The Encyclopedia of Virtual Art Carving Toraja". MATEC Web of Conferences, 2018.