



The Ministry of
Education and Science
of Ukraine

<https://nure.ua/>

Kharkiv National
University of
Radio Electronics

KITAM

3
2
0
2

COLLECTION

OF STUDENTS' SCIENTIFIC PAPER

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

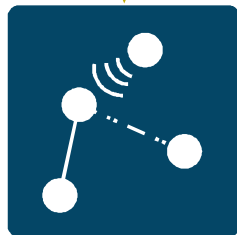
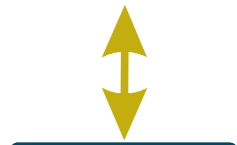
(Part 1)



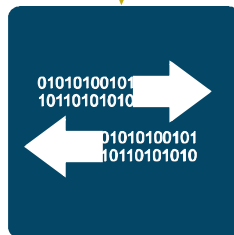
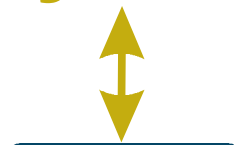
Industry 4.0



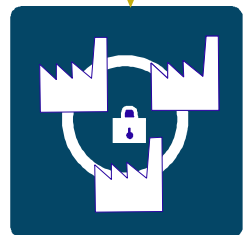
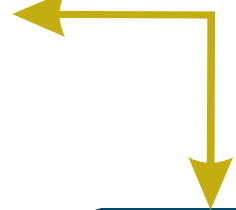
Digital control
life cycle



Distributed Computer
Systems



Fast
integration and
flexible
configuration

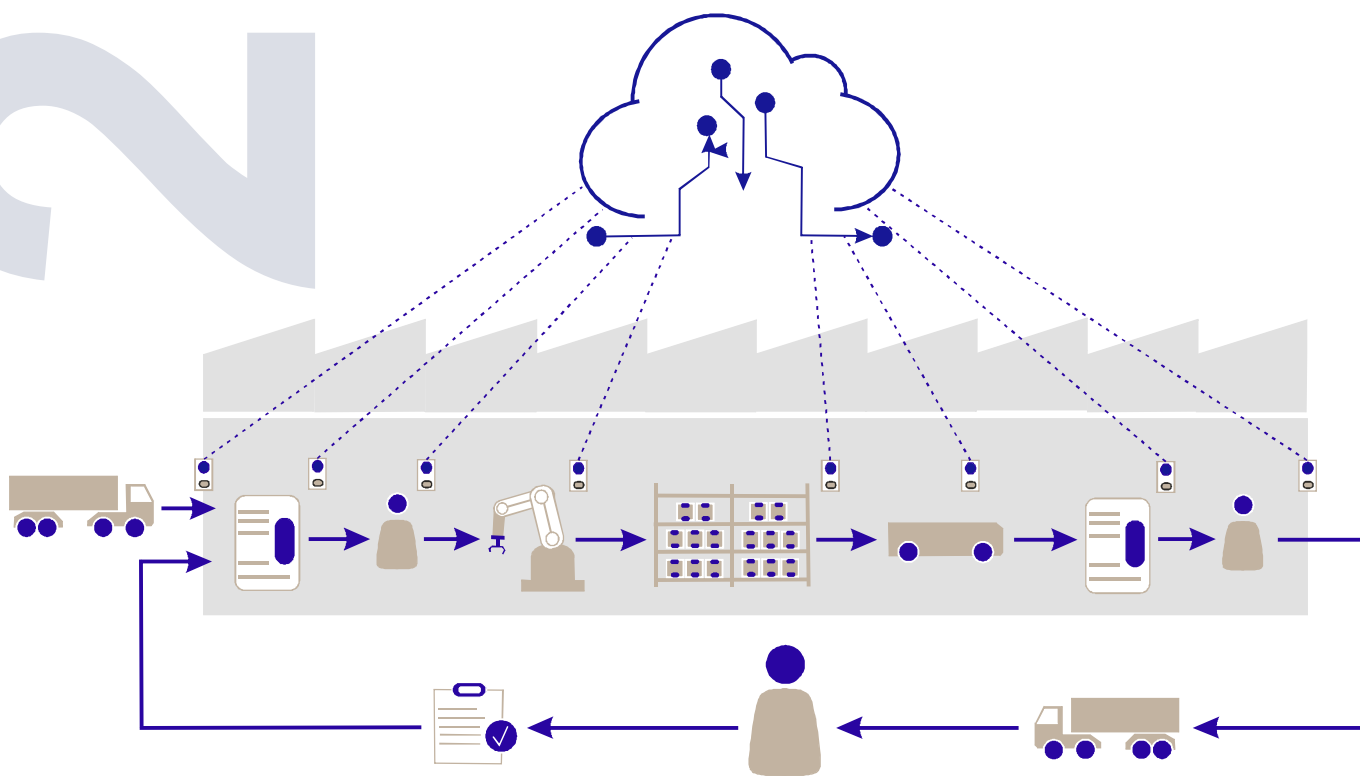


Cyber-physical
system

3
2
0
2

ЗБІРНИК

студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
ADED-2023
(Випуск 1)
[електронне видання]



→ Industry 4.0

- Головий редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Цимбал Олександр Михайлович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Андрусевич Анатолій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
- Косенко Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
- Замірець Микола Васильович**, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
- Свищ Володимир Митрофанович**, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
- Фомовська Олена Владиславівна**, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
- Кухаренко Дмитро Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
- Демська Наталія Павлівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Фурманова Наталія Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 1. – 336с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 1 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 336p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 6 від 01.05.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

ЗМІСТ

<i>Бацуля Р. В.</i> Аналіз сучасних розробок у сфері робототехніки	9
<i>Дяченко Е.С.</i> Аналіз сучасних розробок в області розумного будинку	15
<i>Кап'юнкін В.Г.</i> Розроблення системи голосового керування сайтом для людей з обмеженими можливостями	19
<i>Карташова В.В.</i> Аналіз сучасних роботизованих та експертних систем	24
<i>Кащєєв В. А., Артюх В. С.</i> Аналіз створення інтерфейсів користувача програмного забезпечення автоматизованих систем	31
<i>Кравченко С. В.</i> Аналіз автоматизованих систем керування технологічними процесами сучасного підприємства	36
<i>Наумов М. С.</i> Автоматизація приладобудівних приміщень	42
<i>Остапенко І.В.</i> Комп'ютерне зорове сприйняття	47
<i>Перебийніс Д. А.</i> Аналіз сучасного стану розробок в області автоматизації	52
<i>Рудакова Г. В.</i> Аналіз сучасних розробок в області комп'ютерного зору	57
<i>Дмитрієв Д.В.</i> Розробка макету пристрою дистанційного керування антропоморфним захватним пристроєм	61
<i>Андрєєв А.С.</i> Перспективи використання PHP та MYSQL в проектах	66
<i>Вінниченко С.О.</i> Огляд можливих ризиків кібератаки для віртуального підприємства та способів їх запобігання	70
<i>Гребенков Д. В.</i> Огляд сучасних безпілотних літальних апаратів	74
<i>Кирпота Ф., Халімонов Я.</i> Особливості QR-кодів та проблеми Fishing	78
<i>Макушев І.А.</i> Огляд сучасних роботів-маніпуляторів	82
<i>Олінкевич Я.В.</i> PHP & HTML: файли cookie, сесії, автентифікація	86
<i>Поліканов К. А.</i> Безпека QR-кодів та Phishing атаки	91
<i>Коноваленко К.</i> Розробка структурної схеми мобільної маніпуляційної платформи для розмінування ...	95
<i>Реука Є.</i> Розробка структурної схеми PID контролера для керування позиціонування сонячної панелі для автономних мобільних роботів	100

<i>Александров В.О.</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки в Україні	105
<i>Савін В.А.</i>	
Аналіз сучасних методів виявлення вибухонебезпечних об'єктів	110
<i>Залож Є.</i>	
Управління збутом продукції виробничого підприємства на основі динамічних QR-кодів	115
<i>Воронов Д.О.</i>	
Розробка програмних модулів на основі датчика LIDAR для системи управління БПЛА	119
<i>Коротун Є.В.</i>	
Факторний аналіз фотополімерних смол для 3D-друку	124
<i>Світайло Д. М.</i>	
Аналіз причин кібератак та інформаційної безпеки	128
<i>Долгуля А.В.</i>	
Дослідження переміщення чотирилапого зооморфного робота «Робокіт» у невизначеному просторі	132
<i>Кривий М.В.</i>	
Робототехнічні системи та їхнє використання	138
<i>Нієнова Д. V.</i>	
Programmable Providing of Data on Functional Dependencies of Material Characteristics ...	143
<i>Білоус М.Ю., Іщенко М.Д.</i>	
Автоматизація розподілу сервісних робіт на підприємстві	147
<i>Кравченко С. В.</i>	
Аналіз сучасного фреймворка ASP.NET CORE для WEB-додатків	151
<i>Башкір Б.В.</i>	
Переваги та недоліки термопластавтоматів	156
<i>Зибенко О. О.</i>	
Впровадження електроерозійних варстатів з ЧПК в розумне виробництво	160
<i>Кальченко А.С.</i>	
Особливості 3D-ДРУКУ для принтерів FDM/FFF	165
<i>Маковоз С. К.</i>	
Комп'ютерне моделювання механічної частини плазмового ЧПУ верстата	170
<i>Піхтерьов А.Д.</i>	
Переваги та недоліки 3D-принтерів з полярною кінематикою	174
<i>Придятько Д.Р.</i>	
Огляд можливостей систем технічного зору для пошуку вибухонебезпечних предметів	178
<i>Шерстюк А. М.</i>	
Системологічний аналіз проблеми автоматизації виявлення браку продукції приладобудівельного підприємства	183
<i>Лукеча І.</i>	
Математична модель системи позиціонування стимулюючого електрода на біологічно активні точки	189
<i>Обозін Я.В.</i>	
Особливості засобів для ремонту пошкоджених автомобілів	195
<i>Shevchenko A.A.</i>	
Development of Program Tools to Provide Automated Data Plots Visualisation for Scientific Aided Computation Software	199

<i>Шишко А.Т., Кулешов Д.С.</i>	
ІоТ-рішення для автоматизації виробничого приміщення на базі ESP8266 та Веб-сервера	205
<i>Білошапка І.В.</i>	
Розробка методів щодо створення програмних модулів автоматизованого проектування деталей для системи LibreCAD	209
<i>Левченко К.О.</i>	
Кінематика 3D – принтерів	215
<i>Муравка Р.</i>	
Дослідження роботи мобільного робота з використанням різних сенсорів для збору даних про зовнішнє середовище	219
<i>Скляр М. В., Тарасенко К. А.</i>	
Впровадження технологій 3D візуалізації у виробництво та навчання	224
<i>Скрипниченко В.О.</i>	
Вплив автоматичних регуляторів на лінійні об'єкти автоматизації	229
<i>Пустовалов Д.</i>	
Дослідження методу триангуляції та його застосування у робототехніці та повсякденному житті	235
<i>Леонов Ю.С.</i>	
Аналіз систем підігріву та підтримання температури повітря в 3D-принтер	241
<i>Щербина В.</i>	
Розробка віддаленої системи екстреного керування мобільним роботом на базі ESP8266	245
<i>M. Sc. Isabelle Elisabeth Metzen, Nienova D.V.</i>	
Utilizing Engineering and Programming Approaches Implemented in a Multidisciplinary Experiment as an Innovation Platform for Biological Climate Change Research	248
<i>Ахмад Д.Х.</i>	
Сервер для організації обміну даними та керування мобільною платформою	253
<i>Бузніков В.Р.</i>	
Використання технології комп'ютерного зору для виявлення вибухонебезпечних предметів	257
<i>Гребенюк Б.А.</i>	
Розробка підсистеми управління інтелектуальним роботом	263
<i>Карпов М.С.</i>	
Аналіз бездротових сенсорних мереж	270
<i>Поддубняк І. А.</i>	
Розробка мобільної платформи для пошукових робіт	277
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів	283
<i>Візір Ю.С., Кравченко К.В.</i>	
Система автоматизованого контролю та підтримки оптимального рівня освітленості у приміщеннях	287
<i>Лащин З.В.</i>	
Автоматизація процесу управління ресурсами навчальних лабораторій	291
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем	296

<i>Сокол Б.В.</i>	
Порівняльне моделювання кінематик 3D принтера	300
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Особливості управління багатоступневими взаємопов'язаними нелінійними об'єктами	305
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Інтелектуальна автоматизація технологічних процесів	308
<i>Бєлий Я.В.</i>	
Розробка однорівневої системи контролю та управління доступом	313
<i>Шаталюк Р.Р.</i>	
Аналіз сучасних інтелектуальних технологій, які застосовуються при виробництві приборів та систем	318
<i>Монзер А.А.</i>	
Автоматичне визначення області сканування в адаптивній бінарізації зображення	322
<i>Савченко П.М.</i>	
Особливості виробничих адаптивних систем автоматичного управління	326
<i>Савченко П.М.</i>	
Розробка системи управління світломузичною установкою на базі arduino Nano	330
<i>Катишев І.А., Катишев В.І.</i>	
Збільшення ефективності вакуумного сонячного колектора	333

АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

С. В. Кравченко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, Харків, пр. Науки. 14

E-mail: serhii.kravchenko@nure.ua

Анотація: Дослідження присвячено аналізу автоматизованих систем сучасного підприємства з метою розробки таких системи та їх покращення. Розглядається Індустрія 5.0, її переваги та вимоги до її реалізації. Розкривається поняття кібер-фізичної системи. Кібер-фізичної система використовується в землеробстві, охороні здоров'я, транспортній сфері, моніторингу води, аерокосмічній промисловості та інших галузях. Вона складається з сенсорного модуля, модуля керування даними, модуля обробки та модуля приводів. Всі модулі з'єднанні інтернетом наступного покоління. Також визначаються основні завдання сучасних систем моніторингу технологічних процесів та принципи їх побудови.

Ключові слова: модуль; моніторинг; система; технологія.

ANALYSIS OF AUTOMATED SYSTEMS OF THE MODERN ENTERPRISE

S. Kravchenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: serhii.kravchenko@nure.ua

Abstract: The study is devoted to the analysis of automated systems of a modern enterprise with the aim of developing such systems and improving them. Industry 5.0, its advantages and requirements for its implementation are considered. The concept of a cyber-physical system is revealed. The cyber-physical system is used in agriculture, health care, transportation, water monitoring, the aerospace industry and other industries. It consists of a sensor module, a data management module, a processing module and an actuator module. All modules are connected to the Internet of the next generation. The main tasks of modern monitoring systems of technological processes and the principles of their construction are also determined.

Keywords: Module; Monitoring; System; Technology.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Автоматизовані системи управління технологічними процесами є актуальними напрямом розвитку сучасного підприємства, так як вони дозволяють значно покращити якість та ефективність виробництва. Такі системи знижують витрати за рахунок оптимізації процесів. Контроль над усіма етапами виробництва забезпечує зменшення помилок, що сприяє зменшенню відходів та обслуговування обладнання. Також автоматизовані системи підвищують безпеку на виробництві, що є важливою характеристикою. В даній статі розглядається розвиток таких систем та сучасні технології, які в них використовуються.

З першою промисловою революцією людина зрозуміла потенційне застосування технологій як засіб прогресу. Парові машини, складальні лінії та обчислювальні машини є одними з найважливіших досягнень, що виникли за останні декілька століть і всі вони направлені на створення технологій, які стають все краще, підвищуючи продуктивність та ефективність. Індустрія 5.0 приносить революцію, оскільки вона акцентує увагу на технології та передбачає, що справжній потенціал для прогресу відбувається внаслідок еволюції між людьми та машинами.

Індустрія 5.0 – це нова виробнича модель, в якій основна увага приділяється взаємодії людей і машин.

Етап, який передував Індустрії 5.0, ознаменувався появою цифрової індустрії. Такі досягнення, як Інтернет речей або поєднання штучного інтелекту та Big data, породили новий тип технології, яка може запропонувати компаніям знання, що базуються на даних.

Це, у свою чергу, трансформувалося в такі процеси, як операційна розвідка та бізнес-аналітика, які генерують моделі, що застосовують технології з метою прийняття все більш точних і менш невизначених рішень.

Однак на цьому етапі в Індустрії 4.0 мета полягала в тому, щоб мінімізувати участь людини і розставити пріоритети в автоматизації процесів. Певною мірою люди були поставлені в становище, коли вони конкурували з машинами. У випадку з Індустрією 5.0 ця тенденція зворотна: мета полягає в тому, щоб знайти баланс, при якому взаємодія машини та людини може запропонувати найбільші вигоди.

Зміни, розпочаті Індустрією 5.0, вже незворотні. Цей процес пропонує компаніям можливості все більш потужних машин у поєднанні з краще підготовленими експертами для сприяння ефективному, стійкому та безпечному виробництву.

Індустрія 5.0 – це новий спосіб розуміння виробництва, який має виробничі, економічні та комерційні наслідки. Тому компанії, які не адаптують своє виробництво до заводської моделі 5.0, скоро застаріють і не зможуть скористатися конкурентними перевагами, які вона може запропонувати.

Переваги Індустрії 5.0 [1]:

– Оптимізація витрат. Індустрія 5.0 бере на себе минулі поліпшення, які з часів Першої промислової революції породили ефективніші процеси. Пошук бізнес-моделей, які використовують найменші ресурси для отримання найвищого прибутку, знаходить у Індустрії 5.0 їх найвищий рівень досконалості на сьогоднішній день, оскільки людина та машина працюють разом, щоб приймати найкращі фінансові рішення для компанії.

– Більш екологічні рішення. Жодна з вищезгаданих промислових перетворень не була зосереджена на захисті навколишнього середовища як пріоритет. З Індустрією 5.0 нові корпоративні технології змінюють цю тенденцію. Це призвело до появи стійкої політики, в рамках якої, мінімізація відходів та управління ними стають найважливішими процесами, що робить організацію більш ефективною.

– Персоналізація та креативність. Технологічні інновації не дозволяють забезпечити такий ступінь персоналізації, що відповідає потребам клієнтів. Персонал, який є частиною Індустрії 5.0, використовуватиме потенціал технологій, але також знайде можливість додати свої власні ідеї, які призведуть до продукту, розробленого з урахуванням персоналізації. Крім того, автоматизація, досягнута під час Індустрії 4.0, дозволяє працівникам звільнитися від певних завдань, що повторюються, зосередившись на розробці більш потужних стратегій або застосуванні своєї творчості.

Вимоги Індустрії 5.0:

– Навчений персонал. Індустрія 5.0 принесла роль директора з робототехніки. Ця людина спеціалізується на взаємодії між машинами та операторами, а також володіє знаннями в таких галузях, як робототехніка та штучний інтелект. Його роль компанії передбачає прийняття рішень навколо цих чинників. Навчання співробітників також зробить стрибок уперед з поширенням віртуальної освіти. Це дозволяє знизити витрати для компаній, оскільки не вимагає зупинення виробництва для навчання своїх працівників. Крім того, це також призводить до безпечнішого навчання, яке запобігає схильності працівників до непотрібних ризиків під час навчання. Комунікація та мотивація співробітників також підвищуються завдяки інтерактивним навчальним середовищам. Також очікується генерація безлічі робочих місць, пов'язаних із взаємодією з роботизованими системами та штучним інтелектом, серед інших технологій.

– Правильна технологія. Термін "коботи" був придуманий стосовно Індустрії 5.0: колаборативні роботи, призначені для простої та інтуїтивно зрозумілої взаємодії з людьми. Певним чином вони виступають у ролі учнів, здатних спостерігати за діями людини та

відтворювати їх, допомагаючи операторам. Розширення Digital Twins також стане ще однією необхідною технологією на виробництві Індустрії 5.0. Це візуальні моделі продукту або процесу, і їх генерація дозволяє краще зрозуміти та протестувати їх. Крім того, поява все більш складних процесів вимагатиме відповідного програмного забезпечення, здатного керувати цим величезним обсягом даних і надавати операторам-людям простір, який вони можуть використовувати для взаємодії з машинами. Платформа Nexus Integra – це програмне забезпечення, яке призведе до трансформації промислової компанії в Індустрію 5.0. Це інтегрована система для масштабного управління промисловими активами, що дозволяє компаніям зробити стрибок до цифрової трансформації.

Індустрія 4.0 принесла сучасним підприємствам кібер-фізичних системи. Кібер-фізичні системи (CPS) є інтеграцією обчислень, мереж і фізичних процесів [2]. Вбудовані комп'ютери та мережі контролюють фізичні процеси за допомогою контурів зворотного зв'язку де фізичні процеси впливають на обчислення та навпаки. Економічний і соціальний потенціал таких систем значно вищий за те, що було реалізовано, тому великі інвестиції робляться по всьому світу для розвитку цих систем. CPS інтегрує динаміку фізичних процесів з динамікою програмного забезпечення та мережі, надаючи абстракції та методи моделювання, проектування та аналізу.

CPS можна використовувати в широкому діапазоні сфер застосування, включаючи інтелектуальний транспорт, землеробство, охорону здоров'я, моніторинг води, аерокосмічну промисловість тощо. Розглянемо деякі з них більш детально.

Транспортна кібер-фізична система (VCPS) – це ефективна та точна інтегрована система управління транспортом, яка має працювати в режимі реального часу. На основі сучасних технологій, таких як електроніка, комп'ютери, датчики та мережі, традиційні види транспорту стають розумнішими. Зі збільшенням кількості особистих автомобілів багатьом проблемам, такі як затори, забруднення повітря та проблеми безпеки, приділяють більше уваги. Просунуті обчислювальні та сенсорні можливості, такі як повітряний, залізничний та автомобільний контроль з метою підвищення безпеки і пропускну здатності, будуть широко використовуватися в транспортній системі наступного покоління. Прикладом таких систем є самостійна швидкісна система «AHS» (Automated Highway system). Її розвиток спрямований на досягнення більш безпечного та інтелектуального трафіку. Для таких систем необхідні висока обчислювальна потужність для комплексного управління трафіком, алгоритми, які обчислюють, наприклад, найкращий маршрут відповідно до дорожньої ситуації.

Кібер-фізична система для землеробства реалізує повний комплекс сучасних систем, стратегії та технології ведення сільського господарства. Проектування землеробства включає управління даними, виробничі дослідження, фундаментальну географічну інформацію сільськогосподарських угідь, інформацію про мікроклімат та інші дані. Прикладом даної системи є проект «Underground wireless sensor network». В даній мережі сенсорні вузли системи обмінюються інформацією бездротово через ґрунт.

Кібер-фізичні системи, які використовуються в охороні здоров'я (HCPS) замінить традиційні пристрої в цій сфері. З датчиків та мереж, різні пристрої, працюючи разом, будуть виявляти фізичний стан пацієнтів в режимі реального часу. Особливо це важливо для критичних пацієнтів зі захворюваннями серця. Портативні термінальні пристрої, які носять пацієнти, можуть виявити стан пацієнта в будь-який час і надсилати своєчасне попередження або прогноз наперед. Крім того, співпраця між цими системами та доставка даних у режимі реального часу було б багато зручніше для пацієнтів. CPS для охорони здоров'я та медичного обладнання вимагають нове покоління аналізу, синтезу та інтеграційних технологій.

Архітектура кібер-фізичних систем складається з 5 основних модулів, що поєднуються Інтернетом наступного покоління [3]. Схематично вона представлена на рисунку 1.

Сенсорний модуль необхідний для збору даних із фізичного світу за допомогою датчиків. Основна функція роботи цього модуля це обізнаність навколишнього середовища, яка

досягається шляхом попередньої обробки даних. Вихідні дані надаються модулю управління даними.

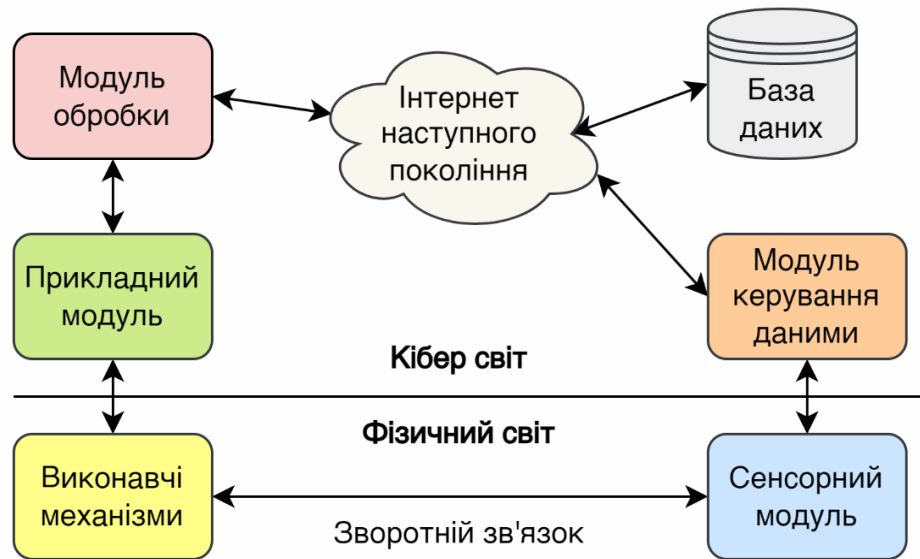


Рисунок 1 – Архітектура кібер-фізичної системи

Модуль керування даними складається з обчислювальних пристроїв і носіїв інформації. Це забезпечує неоднорідну обробку даних, таку як нормалізація, зменшення шуму, зберігання даних та інші подібні функції. Модуль розглядається як міст між динамічним середовищем і сервісами, оскільки він збирає дані від датчиків і пересилає дані модулям, які відповідають за обслуговування, використовуючи Інтернет наступного покоління.

Загальною рисою Інтернету наступного покоління є можливість для програм вибирати шлях або шляхи, якими їхні пакети проходять між джерелом і одержувачем. Цей динамічний характер інтернет-сервісу необхідний для розробки кібер-фізичної системи. На відміну від поточної архітектури Інтернету, де протоколи маршрутизації знаходять єдиний (найкращий) шлях між джерелом і одержувачем, майбутні протоколи маршрутизації Інтернету повинні будуть надавати програмам можливість вибору шляхів.

Модуль обробки забезпечує типові функції всієї системи, включаючи прийняття рішень, аналіз завдань, розклад завдань тощо. Після отримання даних цей модуль розпізнає та надсилає дані до доступних сервісів.

Прикладний модуль надає певну функціональність для користувача або іншого модуля. Він може використовувати дані з сенсорів та приводів для контролю фізичного світу або надання інформації про нього. Також модуль призначений для виконання координації дій або обміну даними.

Виконавчі механізми та датчики є двома різними електронними пристроями, які взаємодіють із фізичним середовищем. Виконавчий механізм отримує команди від прикладного модуля та виконує їх.

Зворотній зв'язок служить для мінімізації обробки даних шляхом зв'язку між датчиком і приводом для безпосереднього виконання необхідних дій.

Частина забезпечення безпеки за своєю суттю є важливою для всієї системи. Безпеку CPS можна розділити на наступні три етапи:

- безпека інформованості, яка полягає в забезпеченні безпеки та точності інформації, зібраної з фізичного середовища;
- транспортна безпека, яка полягає у запобіганні знищенню даних під час процесів передачі;
- фізична безпека, що представляє з себе процедури безпеки на серверах або робочих станціях.

Важливою частиною в сучасних системах автоматизації є моніторинг за технологічними процесами. Він повинен розв'язувати такі завдання [4]:

- збір технологічних даних у реальному часі;
- збереження та попереднє опрацювання даних з використанням хмарних технологій;
- аналітичне та інтелектуальне опрацювання даних;
- візуалізація накопичених даних про технологічні процеси і подання результатів опрацювання даних у вигляді графіків і діаграм;
- формування сигналів управління для виконавчих механізмів;
- прийняття управлінських рішень для управління технологічними процесами;
- формування звітів про стан технологічного процесу.

Моніторинг має дві складові: апаратну та програмну.[5-7]

В апаратну частину входять безпосередньо засоби для накопичення інформації про технологічний процес – давачі, а також пристрої, які будуть отримувати зібрану інформацію, обробляти її та передавати на інші рівні управління. Використовуються як дротові, так і бездротові технології для взаємодії між цими компонентами. Апаратні компоненти, які використовують для збору та попередньої обробки даних, повинні забезпечувати розв'язання задач у реальному часі. Крім цього, є ще вимоги, які необхідно врахувати під час вибору апаратних компонентів: масогабаритні характеристики, оскільки комп'ютерні компоненти можуть бути розміщені безпосередньо біля давачів і виконавчих механізмів, а також високі вимоги до споживаної потужності, живучості та надійності.

Програмна складова рішення повинна стабільно підтримувати високонавантажені обчислення, працювати за принципом асинхронності та бути побудованою з використанням відкритого програмного забезпечення.[8-10]

Розробляючи рішення моніторингу, потрібно звернути увагу на вже готові апаратні та програмні засоби, оскільки розроблення та виготовлення нових потребує значних коштів і часу. Під час вибору компонентів необхідно враховувати інформацію про готові апаратно-програмні компоненти, їх технічні характеристики, відповідність інтерфейсів стандартам, можливості їх покупки тощо.

Розроблення засобів моніторингу повинно ґрунтуватися на таких принципах:

- інтеграції комп'ютерних, комунікаційних і програмних компонентів;
- модульності, який передбачає використання функціонально завершених компонентів з виходом на стандартний інтерфейс;
- відкритості, за яким запропоноване рішення передбачає можливості нарощування та оновлення функцій;
- сумісності, яка передбачає використання стандартних провідних і безпроводних інтерфейсів для зв'язку між компонентами.

Використання автоматизованих систем управління технологічними процесами є актуальним в сучасних підприємствах, так як вони дозволяють покращити ефективність та якість виробництва, знизити витрати та забезпечити безпеку. Вже зараз в багатьох сферах використовують кібер-фізичні системи, що можуть аналізувати та контролювати всі технологічні процеси. Наступним етапом розвитку виробництва є Індустрія 5.0 і цей процес вже не зворотній. Цей етап розвитку пропонує створити симбіоз роботи автоматизованих систем та людини для отримання найкращих результатів. Такий підхід вирішить проблему конкуренції людей та машин в виробництві, яка є зараз. Аналізуючи це, можна сказати, що виробничу галузь очікує цікаве майбутнє, яке настане досить скоро, взявши до уваги сучасні технології та швидкість їх розвитку.[11-13]

ЛІТЕРАТУРА

1. Industry 5.0: the new revolution. NexusIntegra [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://nexusintegra.io/industry-5-0-the-new-revolution>

2. Cyber-Physical Systems [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://ptolemy.berkeley.edu/projects/cps>
3. Syed Hassan Ahmed, Gwanghyeon Kim, Dongkyun Kim Cyber Physical System: Architecture, applications and research challenges. School of Computer Science & Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea / – 2013, – С. 3-4. [Електронний ресурс]. – режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/261279251_Cyber_Physical_System_Architecture_applications_and_research_challenges
4. І. Г. Цмоць, А. Є. Батюк, А. В. Яворський, Т. В. Теслюк Система моніторингу технологічних процесів «Розумного підприємства». Національний університет «Львівська політехніка», кафедра автоматизованих систем управління / – 2018, – С. 2-3. [Електронний ресурс]. – режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2019/jan/15441/10-17.pdf>
5. Vladyslav, Y., & Bronnikov, A. (2020, October). ANALYSIS OF THE CMMI MODEL APPLICATION FOR SOLVING THE TASKS OF CPPS CONTROL PROCESSES AUTOMATION DEVELOPMENT. In The 4 th International scientific and practical conference “Actual trends of modern scientific research”(October 11-13, 2020) MDPC Publishing, Munich, Germany. 2020. 386 p. (p. 128).
6. Yevsieiev, V. V., & Bronnikov, A. I. (2020). Development of databases interconnection “essences” information model for cyber-physical production systems additive cyber design creation automation. Збірник Наукових Праць НУК, №3. С.56-62. DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.3\(481\).7](https://doi.org/10.15589/znp2020.3(481).7)
7. Nevliudov I., Omarov M., Yevsieiev V., Bronnikov A., Lyashenko V. Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8(10). – P. 7465-7473.
8. Yevsieiev V., Bronnikov A. Information systems development methodologies application analysis for cyber-physical production systems development. III International scientific-practical conference “Theory, science and practice” (Japan, Tokyo, 5–8 October 2020). P. 398–401. DOI: 10.46299/ISG.2020.II.III.
9. Yevsieiev V., Bronnikov A. Analysis of the cyber-physical production systems implementation impact to achieve the goals of lean production. The IIth International scientific and practical conference «Development of scientific and practical approaches in the era of globalization» (USA, Boston, 28–30 September. 2020). P.221–226. DOI:10.46299/ISG.2020.II.II.
10. Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.
11. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70.1, 139-145.
12. Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. Advances in Dynamical Systems and Applications, 16(2), 441-455.
13. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.

Науковий керівник: Бронніков Артем Ігорович, доцент кафедри комп’ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки, Харківський національний університет радіоелектроніки