



**ЗМІСТ**

[ВСТУП 4](#_Toc89618151)

[1. Методологічні та інструментальні засоби імітаційного моделювання програмних систем з паралелізмом 5](#_Toc89618152)

[2. Імітаційне моделювання віртуальних та мультиагентних програмних систем …………………………………………………………………………………….7](#_Toc89618153)

[3. Методи та засоби забезпечення безпеки комунікацій у комп’ютерних мережах 9](#_Toc89618154)

[ВИСНОВКИ 11](#_Toc89618155)

[Перелік інформаційних джерел 13](#_Toc89618156)

# ВСТУП

При роботі за темою «Розвиток теорії моделювання та верифікації складних програмних систем» кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем (ПЗАС) Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького протягом 2019-2021 років опрацьовувались кілька проблем, що пов’язані з розробкою, вивченням властивостей програмних систем та їх супроводом. Це проблеми, пов’язані з перевіркою динамічних властивостей програмних систем з паралелізмом, які обумовлюють важливі властивості експлуатації програмних систем, такі як відсутність критичних помилок, керованість та якість супроводу. У дослідженнях за цією проблемою брали участь викладачі кафедри ПЗАС к.ф.-м.н., доц. Онищенко Б.О., к.т.н., доц. Супруненко О.О., ст.викл. Гребенович Ю.Є.

Також у дослідженнях кафедри велика увага приділяється розвитку теорії мультиагентних систем, які широко застосовуються у вивченні групової поведінки як соціальних груп людей, так і інтелектуальних агентів, які призначені для виконання технологічних операцій та задач локального керування технологічним обладнанням. Даними дослідженнями опікувалися к.т.н., доц. Ярмілко А.В., к.т.н., доц. Супруненко О.О. разом зі студентами та магістрантами кафедри.

Проводились дослідження з розширення функцій у програмно-апаратних системах віртуальної реальності, які дозволяють розширити їх використання у навчальних, реабілітаційних та інших сучасних задачах застосування програмних засобів. Цими дослідженнями займались к.т.н., доц. Супруненко О.О., к.т.н., ст.викл. Гук В.І. разом з магістрантами кафедри.

Окремою проблемою, яка опрацьовувалась у рамках даної тему була проблема забезпечення комунікаційної безпеки у комп’ютерних мережах, зокрема з використанням криптографічних методів, над дослідженням та розвитком яких і проводилась основна робота. Цю проблему опрацьовував к.т.н., доц. Ярмілко А.В. разом зі студентами та магістрантами кафедри.

# Методологічні та інструментальні засоби імітаційного моделювання програмних систем з паралелізмом

Проводилась роботи з аналізу мережевого інструментарію моделювання програмних систем на основі класичних інтерпретацій мереж Петрі. Зроблений аналіз мов мереж Петрі L, P, G, та T-типів, доведено, що мова L-типу замкнута по відношенню до більшості операцій композиції мереж (конкатенація, об’єднання, перетин, обернення, паралельна композиція та регулярна підстановка), а також до кінцевого числа операцій доповнення, обернення та безкінечної конкатенації, що дозволяє вирішити задачі композиційного проектування великих та складних систем з паралелізмом [1, 2].

Були опрацьовані інформаційні джерела, проведений огляд аналітичних засобів аналізу PN-моделей, їх переваг та обмежень. Доповнений комбінований інструментарій та правила для аналізу комбінованих PN-моделей, проводиться доведення основних операцій композиції комбінованого інструментарію. Основні інструменти реалізовані у середовищі моделювання паралельних систем для опису програмних засобів, що використовують асинхронну паралельність. У дослідженні використовувалися відомі матеріали загальної теорії мереж а також результати останніх досліджень [3, 4, 5].

Проводились дослідження методів верифікації для їх інтеграції з методами тестування програмних продуктів, які мають паралельні та конкуруючі процеси, циклічні конструкції. В результаті запропонована модель тестування програмного коду, яка доповнена верифікаційними методами аналізу циклів та асинхронних паралельних процесів, за результатами підготовані публікації – [6, 7].

Виконано огляд кольорових мереж Петрі для моделювання програмних модулів. Проведене дослідження на імітаційних моделях програмних модулів, в результаті якого підтверджена ефективність використання кольорових мереж Петрі з двома і трьома видами міток для моделювання проектних рішень при розробці програмних систем з конкуруючими і паралельними процесами. Поведене порівняння проектних рішень, відображене оціночними і кольоровими мережами Петрі, підтверджене зменшення кількості елементів моделі, що дозволяє спростити аналіз відображених в моделі проектних рішень [8].

Проведений аналіз переваг та недоліків парадигм імітаційного моделювання: моделювання динамічних систем, дискретно-подієвого моделювання, системної динаміки та агентного моделювання [9, 10]. Для моделювання динаміки програмних систем з паралелізмом видначене сполучення парадигм моделювання динамічних систем та дискретно-подієвого моделювання, яке є найбільш перспективним. На основі даного аналізу та раніше зробленого аналізу формальних мов мереж Петрі L, P, G, T-типів запропонований комбінований інструментарій моделювання програмних систем, який використовує властивості мови L-типу для композиції компонентів програмних систем, а також властивості мови G-типу для компактного опису та аналізу моделей складних систем з паралельними та конкуруючими процесами. Побудована архітектура комбінованого підходу до імітаційного моделювання систем з паралелізмом [10]. Сформовані принципи та розроблено концептуальну модель синтезу та аналізу систем з паралелізмом, які застосовуються для формування комбінованого підходу до імітаційного моделювання та імітаційно-аналітичного дослідження властивостей побудованої моделі. Комбінований підхід до імітаційного моделювання систем з паралелізмом передбачає поетапне формування мережевої моделі системи з субмоделей та їх аналітичного опису для дослідження динамічних властивостей програмної системи.

На основі розробленого підходу та інваріантного методу [8] сформований метод аналізу алгоритмічних конструкцій [10, 11], проведене виявлення прихованого тупика та корекція моделі, яка пройшла перевірку на повну керованість. Проведений ряд експериментів з формування та аналізу імітаційних моделей програмних систем з паралелізмом, в яких використовувались розширений набір PN-патернів Сформовані складені патерни скасування та блокування задач, які дозволяють скоротити кількість елементів моделі, і таким чином, створює передумови для застосування комбінованого підходу до аналізу моделі програмної системи в цілому [12].

# Імітаційне моделювання віртуальних та мультиагентних програмних систем

Проводилось дослідження механізмів керування об’єктами у технології віртуальної реальності. Побудована модель дослідження механізмів керування об’єктами у VR-додатках [13], виділені експериментальні фактори: тип керуючого примітиву; часовий інтервал початку побудови керуючого примітиву (); коефіцієнт масштабування , що визначає розташування канви для побудови примітиву; час між побудовою послідовних вузлів , максимальний кут між сусідніми ребрами , який дозволяє вважати їх окремими ребрами, а не з’єднувати в одне ребро. Також контролювалося замикання керуючого примітиву при побудові фігури. Сплановане експериментальне дослідження та розроблене програмне забезпечення для Unity Cardboard. Проведені три серії експериментів, результати яких представлені у [14] та у магістерській роботі. Сформовані рекомендації до налаштування та використання розробленого програмного забезпечення для керування об’єктами у віртуальній реальності, а також до розвитку та налаштування подібних програмно-апаратних засобів

Проведена розробка web-середовища моделювання поведінки складних систем інтелектуальних об’єктів. Вдосконалено засоби забезпечення динамічного відтворення експериментів, візуальної виразності та моніторингу процесів моделювання. У розробленому моделюючому середовищі проведено серію експериментів. На поведінку складових моделі впливають їхнє просторове положення у групі, топологія групи, параметри руху агента-лідера [15, 16].

Було сформовано дослідну сцену, яка складалася з агента-лідера та шести агентів-переслідувачів. Координати початкового положення агентів, їхній статус у групі та траєкторія руху лідера задавалися експериментатором. Консолідація виконувалася за сценарієм сходження агентів до рухомого лідера. В процесі відпрацювання сценарію в реальному часі відбувалося анімаційне відтворення руху групи агентів відповідно до алгоритму стеження за рухом сусідів [17]. Отримані результати імітаційного моделювання є адекватними властивостям реальних систем-прототипів. Варіація результатів експериментів відповідає варіації властивостей досліджуваних моделей. Зокрема, введення стохастичного коефіцієнту дозволило ускладнити поведінку агентів відповідно до реальних ситуацій виконання функціональних завдань у відкритому виробничому просторі зі складними властивостями [18].

Проводились дослідження з використання агентно-орієнтованого підходу при моделювання відкритих систем. При побудові імітаційних моделей використовувались нейромережеві технології для опису поведінки окремих агентів. Проведені дослідження щодо ефективності моделювання взаємодії агентів у відкритих системах, де розглядалися варіанти попарної взаємодії агентів [19]. Продовжуються дослідження щодо ефективності моделювання взаємодії агентів у відкритих системах, розглядаються варіанти командної взаємодії агентів [20, 21].

Окремим напрямом було дослідження, спрямоване на виявлення перспективних апаратно-програмних платформ, алгоритмів та засобів підтримки практичної реалізації багатоагентних систем для swarm robotic. Зокрема, було розглянуто варіант забезпечення мультиагентної комунікації з використанням глобального позиціювання та технології Real-Time Locating System (RTLS). Така реалізація комунікаційної системи дозволяє поєднувати у комунікаційному кластері будь-які об’єкти на мобільних платформах, обладнаних GPS-приймачем. Прототип системи було розроблено на основі доступних модулів – смартфонів на платформі Android з вбудованими GPS-приймачами. Отримуючи у комунікаційному середовищі доступ до даних про координати, швидкість руху та напрямок руху, агенти зможуть взаємодіяти при виконанні групових завдань без втручання людини [22]. Однак при експлуатації системи слід враховувати принципові недоліки роботи глобального позиціювання (неідеальна точність, особливо у закритих приміщеннях, обмеження на роздільну здатність).

Також досліджувалися алгоритми отримання навігаційних даних в оптичному діапазоні спостереження агентів. Така постановка задачі є особливо актуальною при зближеннях агентів в процесі спільних маневрів. У рамках дослідження було створено дослідну програму на базі алгоритму, який здійснює відслідковування параметрів руху цільового об'єкта за послідовним аналізом кадрів відеоспостереження. Для детектування об'єкта на зображенні застосовано алгоритми розпізнавання за допомогою інструментів OpenCV. Застосовано підхід для відстежування об’єкта на основі виявлення їх контурів. Вибір метода обумовлений його придатністю для роботи з монохромними зображеннями, що дозволяє ефективно знижувати шуми шляхом перетворення кольорової гами та розмиття зображення за заданим коефіцієнтом. За результатами обробки послідовних кадрів відеоспостереження реалізовано визначення швидкості руху, прискорення, часу, пройденої об’єктом відстані. Забезпечено графічне відображення схеми руху, формування трендів зростання або спадання швидкості руху за період спостереження, визначення аналітичних параметрів. В ході експериментальної перевірки встановлено, що застосований підхід буде максимально ефективним при відслідковуванні об’єктів наперед визначених типів, візуальні образи яких зберігаються у бібліотеці програми. Однак він буде неефективним, якщо фігури накладені одна на одну (мають спільну межу) [23].

У разі впровадження у прикладні системи даний алгоритм потребує вдосконалення шляхом включення додаткових процедур сепарації виявлених контурів та інтелектуальних алгоритмів відновлення даних.

# Методи та засоби забезпечення безпеки комунікацій у комп’ютерних мережах

Проведене дослідження методів забезпечення безпеки комунікацій у мережах зазначеного типу. Одною з актуальних задач у цьому контексті є захист внутрісистемних комунікацій як один з кроків на шляху досягнення вищого рівня довіри у багатоагентній системі за рахунок достовірності інформації. Було створено інструментальні засоби для моделювання інформаційних процесів у кооперативному комунікаційному середовищі. При цьому аналіз змісту повідомлень між компонентами комунікаційного кластеру виконувався криптографічними методами. головна увага приділялася дослідженню окремого випадку такого аналізу: встановлення факту та області локалізації зміни у блоці даних. Для аналізу спільно використовуваних інформаційних ресурсів було запропоновано застосування методів, які поєднують принципи організації парольної автентифікації та ідентифікації з методами хешування. Ці методи дозволяють виявляти однократні та багатократні помилки у блоках інформації, а також виявляти області локалізації таких помилок та відновлювати цілісність первинних повідомлень [24, 25].

За допомогою створених інструментальних засобів експериментально досліджено ефективність виявлення сторонніх включень зі зміною чутливості запропонованого алгоритму. Виявлено залежність частки детектованих системою включень у блоці інформації від встановленого експериментатором максимального допустимого відносного відхилення від медіани та властивостей вхідного потоку, зокрема – розбиття вхідних даних на фрейми [24].

Встановлено, що запропонований алгоритм є достатньо універсальним, але його універсальність є одночасно перевагою і недоліком. Недолік полягає у тому, що алгоритм не враховує специфічні особливості формату вхідних даних, тому його точність може бути менша, ніж у алгоритмів, пристосованих до конкретного формату даних. Імовірно, новий метод переважно буде ефективним на попередньому етапі аналізу потоку даних, пов’язаному з його сегментуванням перед адресним застосуванням до виділених фрагментів більш точних та спеціалізованих алгоритмів. Отримані результати можуть бути корисні у розробці систем безпеки та аналізу даних різних типів.

# ВИСНОВКИ

У результаті виконання теми кафедри ПЗАС у 2019-2021 роках були отримані наступні результати. При аналізі моделей реальних програмних систем з паралелізмом застосований розроблений комбінований підхід до імітаційного моделювання систем з паралелізмом, який дозволяє проводити графоаналітичне дослідження динамічних властивостей моделей програмних компонентів та програмної системи в цілому. Отримані практичні результати, які дозволяють підвищити якість проектних рішень при розробці складних програмних систем, а також скоротити витрати на їх супровід.

Підготоване спеціальне ПЗ для дослідження взаємодії агентів у відкритих програмних системах, що створює підґрунтя для подальших досліджень задач інтелектуального управління взаємодією агентів, що має практичне застосування у сучасних програмних засобах тренажерів, навчальних додатків, інтерактивних прикладних додатків для технологічного застосування на виробництві та у сфері обслуговування.

Розробка методів управління групами мобільних роботів і, зокрема, дослідження поведінки груп роботів, координація їхнього руху, є актуальною задачею на сучасному етапі розвитку теорії та практики інтелектуальних систем керування. Типовою задачею є управління консолідованим рухом автономних об’єктів: формування та переформатування конвоїв, безпечний рух у групах роботів за умови відсутності апріорних знань про оточення, рух за сценаріями втечі від зграї хижаків або захоплення зграєю вказаного рухомого об’єкту, синхронне виконання рухів за спостереженням визначеного лідера та інші. Прикладне застосування результатів даного дослідження можливе при створенні систем управління з елементами штучного інтелекту для оптимізації трафіку у міській транспортній інфраструктурі, керування технологічними операціями та виробництвами за концепцією Індустрія 4.0 та за іншими напрямами.

В рамках кафедральної теми також проводились дослідження, пов’язані з вирішенням проблем архітектурного та детального проектування web-систем [26, 27], проблем впровадження гнучких технологій управління проектами у роботу середніх і невеликих команд, які працюють у кількох проектах [28, 29], проблем розпізнавання образів при вирішенні задач автоматизованої адаптації програмного забезпечення до потреб користувача [30].

Теоретичні та практичні результати дослідження впроваджені у Черкаському національному університеті імені Богдана Хмельницького (довідка про впровадження від 19.01.2021 р., довідка про впровадження від 24.05.2021 р.), у ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш»-Bronto (довідка про впровадження від 14.06.2021 р.), у проект «MapaMagic» (акт впровадження від 15.06.2021 р.).

До співробітництва були залучені науковці інших кафедр Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького та Інституту проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України (м. Чорнобиль): Розломій І. О., к. т. н., ст. викладач кафедри інформаційних технологій (ЧНУ), Бабенко С. В., к. ф.-м. н., кафедра алгебри та математичного аналізу (ЧНУ), Савельєв М. В. – к. т. н, старший науковий співробітник відділення ядерної та радіаційної безпеки, Інститут проблем безпеки АЕС НАНУ, Скітер І. С. – к. т. н., доцент, старший науковий співробітник відділення проектування об’єктів з радіаційно-ядерними технологіями, Інститут проблем безпеки АЕС НАНУ.

При роботі над темою кафедри студенти та викладачі брали участь у зарубіжних стажуваннях та програмах навчання. Так, студентка бакалаврату Швець В.П. у травні-серні 2019 року взяла участь у короткострокуовму навчанні за програмою Mitacs Globalink Research Sntreship. Під час участі у програмі протягом двох місяців Вікторія долучилась до роботи над проектом з розробки мотивуючих ігор для дітей, що спонукають їх вести здоровий спосіб життя. Зокрема Вікторія Швець розробляла гру, яка мотивує вживати корисну для здоров’я дитини їжу і уникати нездорової їжі. В результаті розроблений мобільний додаток, розробка здійснювалась на платформі Unity.

Ярмілко А.В., доцент кафедри ПЗАС, з 08.07.2021 по 08.10.2021 пройшов сертифікований міжнародний науково-професійний курс підвищення кваліфікації в межах Європейського освітнього проєкту «The innovative Methods and Technologies of Teaching: The Newest in the European Educational Practice» (Informational Technology), обсягом 6 навчальних кредитів (180 годин), сертифікат від 08.10.2021 (Wyższa Szkoła Lingwistyczna w Częstochowie, м. Ченстохова, Польща).

## Перелік інформаційних джерел

1. Супруненко О.О. Графічні інструменти динамічного моделювання паралельних процесів. // Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні моделюючі технології, системи та компоненти» ІМТСК-2019 – 29-31 травня 2019. – Черкаси: Вид. ЧНУ, 2019. – C. 16-19.
2. Супруненко О.О. Комбінований підхід до імітаційного моделювання динаміки програмних систем на основі інтерпретацій мереж Петрі. // KPI Science News (Наукові вісті НТУУ КПІ). – 2019. – № 5-6. – С. 43-53. doi: 10.20535/kpi-sn.2019.5-6.174596
3. Esparza J., Mikhail R., Weil-Kennedy С. *Parameterized Analysis of Immediate Observation Petri Nets*. Published in Petri Nets, 2019. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1902.03025.pdf> (Accessed 30.07.2019).
4. Bashkin V.A. [*On the Resource Equivalences in Petri nets with Invisible Transitions*](http://ceur-ws.org/Vol-1846/paper4.pdf), in Petri Nets and Software Engineering ([PNSE'17](http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/events/pnse17/)). Zaragoza, Spain, June 25–30, 2017, pp. 51-68.
5. Mannel L.L., W.M.P. van der Aalst. [*Finding Complex Process-Structures by Exploiting the Token-Game*](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-21571-2_15), in International Conference on Applications and Theory of Petri Nets and Concurrency. LNCS, vol. 11522, 2019. Springer, Cham. PP. 258-278. DOI: https://doi.org/10/1007/978-3-030-21571-2\_15
6. Федейко В.В. Супруненко О.О. Автоматизація верифікаційних процедур у програмних проектах // Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні моделюючі технології, системи та компоненти» ІМТСК-2019 – 29-31 травня 2019. – Черкаси: Вид. ЧНУ, 2019. – C. 19-21.
7. Супруненко О.О., Федейко В.В. Модель тестування програмних модулів // Materiály XVI mezinárodní vědecko - praktická konference «Moderní vymoženosti vědy – 2020». – 2020. – Vol.10. – Praha: Publishing House «Education and Science» – С. 74-76.
8. Супруненко О.О., Онищенко Б.О., Гребенович Ю.Є. Аналітичний підхід при дослідженні властивостей графової моделі програмної системи // Праці міжнародної науково-практичної конференції «Математичне моделювання процесів в економіці та управлінні проектами і програмами» (ММП-2020), Коблево, 14-18 вересня 2020 р. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – С. 110-113.
9. Супруненко О.О. Парадигми імітаційного моделювання при дослідженні складних систем з паралелізмом. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/4 (65). – С. 63-67.
10. Suprunenko, O. (2021). Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(4(112)), 74-82. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239212> *(видання індексується у SCOPUS)*
11. Онищенко Б.О., Супруненко О.О. Управляючі мережі Петрі, як засіб моделювання та автоматизованого аналізу алгоритмічних конструкцій. // Вісник запорізького національного університету. – 2009. – № 1. – С. 163-169.
12. Супруненко О.О. Моделювання процесів скасування та блокування задач при проектуванні програмних засобів. // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021). Третя міжнародна науково-практична конференція, 27-28 травня 2021 р., Черкаси, Україна. – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 19-22.
13. Дядюн С.В., Супруненко О.О. Моделі керування об’єктами у технології віртуальної реальності. // Materiály XII mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a vzdělávání - 2018». – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o. – С. 40-42.
14. Дядюн С.В., Супруненко О.О. Дослідження параметрів налаштування механізмів керування VR-об‘єктами. // Materials of the XV International scientific and practical conference, «Areas of scientific thought – 2018/2019», - 2018. – Vol. 13. Construction and architecture. Mathematics. Modern information technology. Technical science. Chemistry and chemical technology. – Sheffield: Science and education LTD. – S. 43-45.
15. Нікітюк В. С. Віртуальне середовище моделювання консолідованого руху автономних самокерованих модулів / В.С. Нікітюк // Актуальні проблеми природничих і гуманітарних наук у дослідженнях молодих учених «Родзинка – 2020» / Матеріали XXІI Всеукраїнської наукової конференції молодих учених (Черкаси, 23 ‒ 24 квітня 2020 р.). – Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2020. – С. 402-403.
16. Ярмілко А.В. Web-сервіс для дослідження динаміки автономних самокерованих модулів у процесі моделювання консолідованого руху / А.В. Ярмілко, В.С. Нікітюк // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2020) / Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції (Черкаси, 27-29 травня 2020 р.). – Черкаси: ЧНУ, 2020. – С. 19-21.
17. Ярмілко А. Імітаційне моделювання консолідованого руху автономних агентів / А.В. Ярмілко, В.С. Нікітюк // Проблеми зняття з експлуатації об’єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища (INUDECO 21) : збірник матеріалів VІ Міжнародної конференції (27–29 квітня 2021, м. Славутич). – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. – С. 304-306.
18. Ярмілко А.В. Використання біонічних принципів при моделюванні руху угрупування автономних агентів / А.В. Ярмілко, В.С. Нікітюк // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021) : збірник матеріалів Третьої міжнародної науково-практичної конференції (27–28 травня 2021, м. Черкаси). – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 22-24.
19. Дядюн С.В. Використання штучного інтелекту при проектуванні робототехнічних систем. // Вісник інженерної академії України. – 2020. – № 1. – С. 136-138.
20. Дядюн С.В. Майбутнє штучного інтелекту. // Інтегровані інтелектуальні робото технічні комплекси 2020 (ІІРТК-2020). Тридцята міжнародна науково-практична конференція. Збірка тез. – 19-20 травня 2020. – Київ: НАУ, 2020. – С. 24-26.
21. Дядюн С.В., Супруненко О.О. Порівняння алгоритмів PPO та SAC для задачі пошуку агентом заданого об’єкту. // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021). Третя міжнародна науково-практична конференція, 27-28 травня 2021 р., Черкаси, Україна. – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 117-121.
22. Іванов М. О. Аналіз динаміки об’єктів за технологією RTLS / М.О. Іванов, А.В. Ярмілко // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021): збірник матеріалів Третьої міжнародної науково-практичної конференції (27–28 травня 2021, м. Черкаси). – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 147-149.
23. Мормуль О. І. Моделювання динамічних параметрів багатоагентної сцени за результатами візуального спостереження руху агентів / О.І. Мормуль, А.В. Ярмілко // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021) : збірник матеріалів Третьої міжнародної науково-практичної конференції (27–28 травня 2021, м. Черкаси). – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 24-26.
24. Yarmilko A., Rozlomii I., Kosenyuk H. (2022) Hash Method for Information Stream’s Safety in Dynamic Cooperative Production System. In: Serhiy Shkarlet et al. (Eds): Mathematical Modeling and Simulation of Systems. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 344. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-89902-8_14> *(видання індексується у SCOPUS, INSPEC, WTI Frankfurt eG, zbMATH, SCImago, подається на розгляд у Web of Science*).
25. Мисюра Ю.О. Знаходження сторонніх включень у послідовному потоці інформації / Ю.О. Мисюра, І.О. Розломій, А.В. Ярмілко // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021) : збірник матеріалів Третьої міжнародної науково-практичної конференції (27–28 травня 2021, м. Черкаси). – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 114-115.
26. Гребенович Ю.Є., Аль-Савах М.М. Програмне забезпечення для розвитку реактивних і розумових здібностей дитини. // Mатериали XIV международна научна практична конференция «Динамиката на съвременната наука – 2018», Volume 9. – София: «Бял ГРАД-БГ ОДД» 2018, С. 28-30.
27. Аль-Савах М.М. Супруненко О.О. Архітектура web-сервісу замовлення їжі. // Materiály XV Mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti - 2019», Volume 9. – Praha: Publishing House «Education and Science» – S. 39-41.
28. Popova O., Byesyedina S. Batch reports generation system – data integration and visualization using SQL Server Services. // Матеріали І міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні моделюючі технології, системи та компоненти» ІМТСК-2019 – 29-31 травня 2019. – Черкаси: Вид. ЧНУ, 2019. – С. 25-29 (0,3 друк.арк.)
29. Popova O. Adaptation of flexible project management models based onScrum and Kanban technologies. // Technology audit and production reserves. – 2019. – Vol. 4, No. 2(48). – PP 4-10. doi: 10.15587/2312-8372.2019.180459.
30. Кравченко Е.Л. Формування аудіовізуального портрету емоційних станів / Е.Л. Кравченко, А.В. Ярмілко // Інформаційні моделюючі технології, системи та комплекси (ІМТСК-2021) : збірник матеріалів Третьої міжнародної науково-практичної конференції (27–28 травня 2021, м. Черкаси). – Черкаси: Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2021. – С. 121-123.