

ВИТВИЦЬКИЙ РОМАН

Університет Короля Данила

<https://orcid.org/0009-0007-4353-7552>e-mail: roman.vytvytskyi@ukd.edu.ua

ЯКУБОВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР

Університет Короля Данила

<https://orcid.org/0009-0003-5169-3484>e-mail: volodymyr.p.yakubovskyi@ukd.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В УКРАЇНІ

Метою дослідження є аналіз застосування технологій штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації процесів тестування ПЗ, виявлення ключових переваг і викликів, а також визначення їхнього потенціалу в умовах української ІТ-сфери. В результаті отримано аналіз різних видів процесів автоматизації тестування, яку представлено у формі піраміди, відповідно складності робіт та вартості, визначені найбільш поширені інструменти штучного інтелекту автоматизації тестування та переваги й недоліки, які вносить ШІ в процес тестування.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, тестування програмного забезпечення, прогностична аналітика, інструменти штучного інтелекту

VYTVYTSKYI ROMAN

King Danylo University

YAKUBOVSKYI VOLODYMYR

King Danylo University

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING FOR AUTOMATING SOFTWARE TESTING PROCESSES IN UKRAINE

The paper analyzes the use of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) for automating software testing processes. It has been determined that AI and ML are effective in various fields, from medicine to finance. However, due to continuous development, AI opens new opportunities for automating and optimizing testing processes. The article aims to analyze the application of AI and ML technologies for automating software testing processes, identifying key advantages and challenges, and determining their potential in the context of the Ukrainian IT sector. The primary purpose of software testing is to verify the absence of defects, errors, or failures in test elements. It has been established that AI technologies enhance automated testing methods, incorporating properties such as machine learning, natural language processing, predictive analytics, and test coverage. An analysis of various types of testing automation processes is presented in the form of a pyramid based on the complexity of tasks and cost. User interface testing is placed at the top level because it is the most expensive type of testing. Test automation can be implemented at lower levels, such as API or module levels, to achieve optimal test coverage and reduce time and costs. It has been noted that the greatest benefit of AI is observed in black-box testing. An analysis of the most common AI tools for test automation has been conducted. Several challenges related to the implementation of AI and ML in software testing processes have been identified, including a lack of qualified personnel, integration with legacy systems, data quality issues, lack of transparency, cost, and security concerns. At the same time, the advantages brought by AI to the testing process have been highlighted, such as increased accuracy, the involvement of a larger user base, benefits for developers and testers, an increase in the total number of tests conducted, and economic benefits. It is shown that a promising direction for further research in this area is AI-driven predictive analytics, which will play an important role in identifying all possible tests and making software products more robust, reliable, and capable of exceeding customer expectations.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, software testing, predictive analytics, AI tools

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Розвиток технологій автоматизації тестування є рушійною силою сучасної індустрії програмної інженерії, забезпечуючи високу якість, швидкість та стабільність програмних продуктів. У світі, де цифрові рішення швидко змінюють різні аспекти життя, забезпечення їхньої надійності є одним із головних завдань розробників. Традиційні підходи до тестування часто є занадто ресурсозатратними, потребуючи значних часових і людських зусиль. Інтеграція технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) у процес тестування відкриває нові можливості. Ці інструменти дозволяють автоматизувати рутинні завдання, такі як генерація тестових сценаріїв, виявлення дефектів і аналіз великих обсягів даних, що істотно підвищує ефективність тестування. Завдяки цьому компанії можуть скоротити час виходу продукту на ринок, забезпечуючи при цьому високу якість.

В Україні, де ІТ-сектор є одним із ключових драйверів економіки, автоматизація тестування за допомогою ШІ та машинного навчання (МН) набуває особливої актуальності. Зважаючи на зростання попиту на високоякісні програмні продукти, розвиток інновацій у цій сфері стає важливою складовою конкурентоспроможності українських компаній на глобальному ринку. У цьому контексті дослідження можливостей і перспектив автоматизації тестування з використанням ШІ та машинного навчання (МН) є не лише актуальним, а й стратегічно важливим.

Аналіз досліджень та публікацій

У науково-дослідницькому просторі сьогодення з'являються роботи, присвячені використанню штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації процесів тестування програмного забезпечення. Особлива увага приділяється використанню засобів та технологій штучного інтелекту задля автоматизації процесів мануального тестування [1]. У дослідженні автор представив аналіз існуючих інструментів автоматизованого тестування (Selenium, Katalon Studio, Postman, JMeter), підходи до автоматизації тестування за допомогою ШІ, концептуальну модель системи, що інтегрує ШІ у процес тестування та потенціал ШІ для автоматизації різних аспектів тестування програмного забезпечення, таких як генерація тестових сценаріїв, виявлення дефектів, прогнозування помилок та автоматичний аналіз результатів тестування. У роботі [2] висвітлено модерні тенденції у тестуванні програмного забезпечення (штучний інтелект і машинне навчання в автоматизації тестування, безперервне тестування та DevOps, інтеграція технологій блокчейн у безпечне тестування програмного забезпечення) та головні проблеми й ризики галузі (управління тестовими даними, питання тестового середовища й автоматизації тестування; ризики якості, надійності та безпеки, комплаєнс і регуляторні ризики).

Автори наукової статті «Використання штучного інтелекту у тестуванні програмного забезпечення» провели детальне порівняння ручного тестування програмного забезпечення та тестування програмного забезпечення ШІ за основними параметрами як економія, швидкість, рівень втручання людини, продуктивність, точність, охоплення, паралельне тестування, вартість. У висновках науковці зазначають, що «оскільки для складних додатків робота з ручного створення наборів тестів є невиконуваним завданням, більшість тестувальників використовують методи автоматичної генерації тестів, а штучний інтелект значно впливає на автоматизацію генерації тестів» [3]. Ряд науковців у своїх доробках [4;5] визначають штучний інтелект (ШІ) як життєздатний інструмент, для використання в галузі автоматизації тестування програмного забезпечення. Вирішальним значенням чого є задоволення вимог швидших циклів розробки, зберігаючи високу якість і стандарти відповідності.

З огляду на величезний потенціал штучного інтелекту, дослідження та розробка нових інструментів для автоматизації тестування є надзвичайно актуальними. Це дозволить не лише суттєво знизити витрати, але й підвищити якість та швидкість розробки програмного забезпечення. Наше дослідження спрямоване на інтеграцію ШІ у процес ручного тестування, відкриваючи нові перспективи для галузі.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: аналіз застосування технологій ШІ та МН для автоматизації процесів тестування ПЗ, виявлення ключових переваг і викликів, а також визначення їхнього потенціалу в умовах українського ІТ-ринку

Виклад основного матеріалу

Тестування програмного забезпечення (ТПЗ) та штучний інтелект (ШІ) – це два ключових напрямки сучасної інформатики. ШІ, з його величезним потенціалом, продемонстрував свою ефективність у багатьох сферах – від медицини до фінансів. Завдяки постійному розвитку, ШІ відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації процесів тестування. Логічним кроком стало дослідження потенціалу ШІ для покращення процесів тестування програмного забезпечення. ШІ та ТПЗ – це дві великі та складні галузі досліджень, для яких немає загальновизначених визначень або сукупності знань.

Незважаючи на те, що існує багато визначень ШІ, для цілей цього дослідження ми згадаємо визначення, надане у Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні, щодо ШІ [6]: «штучний інтелект – це організована сукупність інформаційних технологій, із застосуванням якої можливо виконувати складні комплексні завдання шляхом використання системи наукових методів досліджень і алгоритмів обробки інформації, отриманої або самостійно створеної під час роботи, а також створювати та використовувати власні бази знань, моделі прийняття рішень, алгоритми роботи з інформацією та визначати способи досягнення поставлених завдань». Служба знань Європейської комісії для моніторингу розвитку, впровадження та впливу штучного інтелекту в Європі надала п'ять основних характеристик ШІ – це міркування, планування, навчання, спілкування та сприйняття [4].

Тестування програмного забезпечення (ТПЗ) визначається міжнародним стандартом 29119-1-2013 ISO/IEC/IEEE як процес, створений набором взаємопов'язаних або взаємодіючих дій, спрямованих на надання двох типів підтверджень: верифікації та валідації [5]. Верифікація – це підтвердження того, що визначені вимоги були виконані в даному програмному продукті (також відомому як робочий елемент або тестовий елемент), тоді як валідація демонструє, що робочий елемент може бути прийнятий користувачами для своїх конкретних завдань. Основна мета ТПЗ – оцінити відсутність недоліків, помилок або збоїв у тестових елементах. Тестування програмного забезпечення характеризується поняттями як тестова ціль, мета тестування, техніка тестування, тестування, основи тестування програмного забезпечення [4].

У розробці та тестуванні програмного забезпечення штучний інтелект може бути використаний для автоматизації та мінімізації кількості нудних і трудомістких операцій, які потрібно виконувати вручну [2,3]. Впровадження штучного інтелекту стало необхідністю для сучасних компаній, оскільки він дозволяє значно скоротити час виведення продуктів на ринок та підвищити їхню якість. Так 80% компаній інтегрують доповнені ШІ інструменти тестування у свої процеси розробки програмного забезпечення у 2024 році, порівняно з лише 15% у 2023 році. ШІ не лише прискорює тестування, а також покращує точність і покриття. У 2023 році світовий ринок інструментів автоматизації тестування на основі штучного інтелекту оцінювався

в 3,5 мільярда доларів США, і очікується, що він подвоїться до 2026 року. Компанії, які інтегрують штучний інтелект у свої процеси тестування, зможуть скоротити витрати на тестування до 50% і збільшити продуктивність до 30% [7].

Технології штучного інтелекту вдосконалюють методи автоматизованого тестування, до яких відносимо – машинне навчання, природну мову, прогностичну аналітику, тестове покриття.

Машинне навчання є одним із найважливіших проривів, алгоритми якого були принесені в програмне забезпечення для автоматизованого тестування. Найважливіша здатність МН – навчатися на основі минулих даних і вдосконалюватися з часом. Його моделі можуть передбачати проблеми під час автоматизованого функціонального тестування та точно налаштовувати тестові потоки, досліджуючи результати попередніх тестів, тенденції помилок та іншу поведінку додатків[8].

Природна мова як обробка інформації звужує розрив між нетехнічними та технічними зацікавленими сторонами. Це дозволяє автоматизованій системі тестування розуміти людську мову за допомогою інфраструктури автоматизації тестування, яка безпосередньо перетворює історії та вимоги користувачів у виконуваних тестових випадків.

У прогностичній аналітиці ШІ аналізує історичні дані, прогнозуючи майбутні результати, виявлення областей програмного забезпечення з більшою вірогідністю проблем. Вона в автоматизації тестування може виявити загрозливі помилки, вузькі місця продуктивності та дефектні області для проактивного оцінювання та вирішення проблем за допомогою інструментів веб-автоматизації і це дозволяє тестувальникам зосередитися на найбільш схильних до помилок областях [9].

Тестове покриття – це міра, яка використовується в тестуванні програмного забезпечення для вказівки відсотка вихідного коду програми, оціненого певним тестом. Він забезпечує кількісне вимірювання тестового покриття кодової бази на різних рівнях деталізації, наприклад покриття функцій, покриття операторів, покриття розгалужень і покриття шляху. ШІ може збільшити охоплення тестування кількома способами [7].

Відзначимо, що тестування передбачає чотири етапи (рис. 1)

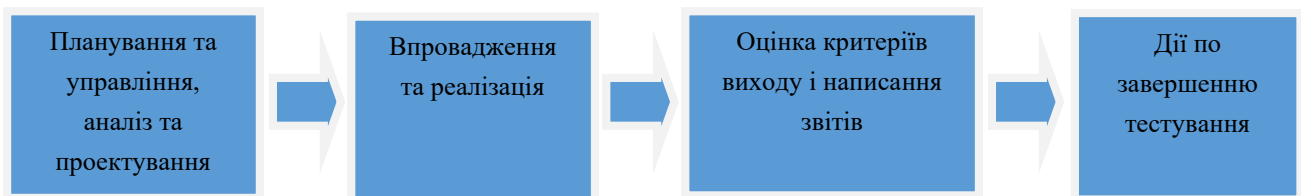


Рис. 1. Етапи тестування

Існують різні способи, якими методи ШІ можуть підтримувати процес тестування програмного забезпечення. Найбільшу користь від штучного інтелекту приносить тестування чорного ящика [11].

Автоматизацію тестування можна зобразити у формі піраміди, враховуючи складність та вартість. Тестування інтерфейсу користувача розміщується на найвищому рівні, тому що це найдорожчий вид тестування. Автоматизація тестування може бути здійснена на нижчих рівнях як на рівнях API, так і на рівнях модулів, щоб досягти найкращого тестового покриття та скоротити час і витрати, представлені на рис. 2.



Рис. 2. Автоматизації тестування

Тестування інтерфейсу користувача (UI): Тести на зручність використання допомагають виявити будь-які недоліки в дизайні інтерфейсу, які можуть ускладнити користування програмою. Для створення таких тестів штучний інтелект використовує методи розпізнавання зображень для навігації програмою та візуальної перевірки об'єктів і компонентів інтерфейсу користувача. Інструменти автоматизації тестування декодують об'єктну модель документа (DOM) і пов'язаний код для визначення властивостей об'єктів у тестуванні інтерфейсу користувача на основі ШІ. Тести інтерфейсу користувача виконуються після проектування та розробки системи програмного забезпечення [12].

Тестування інтерфейсу прикладних програм (API): Тестування API передбачає оцінку якості інтерфейсів програмування, які забезпечують взаємодію між різними компонентами програмного забезпечення. Під час тестування перевіряється відповідність API функціональним вимогам, оцінюється його

продуктивність, надійність і безпека. На відміну від тестування інтерфейсу користувача, де фокус зосереджений на зовнішньому вигляді і зручності використання, тестування API орієнтоване на внутрішню логіку програми. Автоматизація тестування API дозволяє проводити тести на ранніх етапах розробки, що сприяє виявленню та усуненню дефектів на початкових стадіях життєвого циклу розробки програмного забезпечення [12].

Створення та оновлення модульних тестів. Модульне тестування – це процес перевірки окремих функцій або методів програмного коду. Воно дозволяє виявити помилки на ранніх етапах розробки, перш ніж вони призведуть до серйозніших проблем у програмі. Розробники традиційно пишуть модульні тести вручну, що є трудомістким процесом. Сучасні інструменти на основі штучного інтелекту можуть автоматизувати створення модульних тестів, значно скорочуючи час розробки і підвищуючи якість програмного забезпечення. Модульні тести є основою для подальшого тестування програми і допомагають забезпечити її стабільність. Раннє виявлення та виправлення помилок у модульному тестуванні запобігає дефектам регресії [12].

Крім того, ШІ також можна застосовувати в наступних областях тестування програмного забезпечення:

1. ШІ використовується як адаптивний метод для виявлення змін на рівні елементів, що покращить надійність тестових наборів: допомагає у прогнозуванні некоректних тест-кейсів, які призводять до загальних збоїв тестування, а також надає рекомендації щодо вирішення цих проблем; використовується для моделювання поведінкових патернів.

2. Техніки ШІ допомагають імітувати поведінку користувачів під час використання системи, враховуючи географічні, демографічні дані та пристрої для створення тестових наборів: алгоритми ШІ є ефективними у прогнозуванні та автоматизації тестових наборів; використовується для автоматизації скриптів.

3. Автоматизація тестового сценарію не потрібна в ШІ, оскільки він виконується за допомогою алгоритму ШІ автоматично: на основі цього набору тестів можна визначити допомогу при видобутку дефектів. Це прискорює процес прийняття обґрунтованих рішень щодо тестового покриття та оптимізації набору тестів; збільшує кількість тестів та їх обсяг; методи штучного інтелекту застосовуються для обслуговування тестів автоматизації, генерації тестових даних, раннього зворотного зв'язку під час тестування тощо.

Наведемо приклади інструментів штучного інтелекту для автоматизації тестування у таблиці 1.

Таблиця 1

Інструментів штучного інтелекту автоматизації тестування

Інструмент тестування	Застосування
Testim	Інструмент використовується для автоматизації функціонального тестування за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання. Прискорює створення, виконання, та обслуговування автоматизованих тестів.
Functionize	Використовуючи методи машинного навчання, інструмент вивчає поведінку користувачів і генерує тести для перевірки функціоналу, а також має можливість самостійного відновлення після виникнення помилок
Appvance	Інструмент із підтримкою штучного інтелекту використовується для автоматизації тестування функціональності, продуктивності та безпеки. Інтегрований інструмент AI допомагає створювати тести без коду.
Applitools	Інструмент із підтримкою штучного інтелекту використовується для тестування інтерфейсу користувача (UI). Він забезпечує наскрізну платформу для тестування програмного забезпечення на базі AI Visual і використовується для забезпечення якості та автоматизації тестування
Testcraft	Інструмент автоматизації тестування на основі ШІ підтримує регресійне тестування, а також для моніторингу веб-додатків. Технологія штучного інтелекту допомагає скоротити час і витрати на обслуговування.
Watir	Інструмент із відкритим вихідним кодом, який використовує бібліотеки Ruby для автоматизації тестів. Watir використовується для тестування веб-сайтів і використовує Selenium для автоматизації браузера. На додаток до цього Watir також підтримує написання стабільних тестових сценаріїв, які можна підтримувати
Katalon	Це універсальний інструмент на основі ШІ, призначений для автоматизації тестування як мобільних додатків, так і вебсайтів. Він пропонує зручний інтерфейс для створення тестів, надійне зберігання тестових даних та підтримку різних мов.
Selenium	ШІ-платформа для автоматизації тестування, що забезпечує широкий спектр можливостей для регресійного, функціонального та навантажувального тестування, включаючи створення тестових сценаріїв, виконання тестів та аналіз результатів.
Lamba Test	Хмарна платформа для масштабного автоматизованого тестування, яка забезпечує безперервне тестування на понад 3000 пристроях з різними конфігураціями та геолокаціями, підтримуючи понад 120 інтеграцій для створення комплексного тестового середовища.

Головна мета перевірки безпеки полягає в тому, щоб гарантувати, що програмний продукт захищений від несанкціонованого доступу, а його функціональність залишається стабільною навіть за умови змін. Це передбачає оцінку таких аспектів, як надійність механізмів автентифікації та авторизації, відсутність вразливостей, які можуть бути використані зловмисниками, а також стабільність роботи інтерфейсу користувача. Регресійне тестування допомагає виявити помилки, які можуть виникнути внаслідок внесення змін до коду. Відзначимо, що ефективність застосування ШІ представлено в дослідженнях як українських, так і іноземних науковців [4;13;14].

Зазначимо, що штучний інтелект значно покращує процес тестування програмного забезпечення, але його впровадження супроводжується низкою проблем, таких як [10;15]:

- відсутність кваліфікованого персоналу: однією з основних перешкод на шляху до ефективного впровадження ШІ в тестування програмного забезпечення є гостра нестача фахівців, які мають необхідні знання та досвід для роботи з цими технологіями. Без належної кваліфікації персоналу існує ризик помилок при інтеграції ШІ та, як наслідок, зниження якості тестування.

- інтеграція із застарілими системами: багато організацій досі використовують застарілі системи, які можуть бути несумісними з інструментами тестування на основі ШІ. Це створює проблему для інтеграції ШІ в процеси тестування та може вимагати значних інвестицій у нову інфраструктуру та інструменти;

- якість даних: якість результатів тестування зі штучним інтелектом напряму залежить від якості даних, на яких навчається система. Недостатні або помилкові дані можуть призвести до неточних результатів, помилкових спрацювань та пропуску критичних дефектів;

- відсутність прозорості: складність розуміння того, як саме система штучного інтелекту приймає рішення під час тестування, може викликати недовіру до її результатів. Це, в свою чергу, може перешкоджати широкому впровадженню таких систем;

- вартість: впровадження штучного інтелекту в тестування програмного забезпечення пов'язане зі значними фінансовими витратами. Це стосується як початкових інвестицій на придбання та налаштування необхідного обладнання та програмного забезпечення, так і подальших витрат на підтримку та оновлення системи;

- питання безпеки: безпека систем штучного інтелекту, що використовуються для тестування, є критично важливою. Існує ризик, що хакери або навіть працівники компанії можуть зловживати цими системами для власних цілей, що ставить під сумнів точність і об'єктивність результатів тестування.

Проте ШІ вносить радикальні зміни в підходи до тестування програмного забезпечення і має ряд переваг[10;15]:

- підвищена точність: автоматизація тестування гарантує високу точність результатів за рахунок усунення людського фактору та забезпечення повної повторюваності тестів;

- залучення великої кількості користувачів: ручне тестування обмежене кількістю користувачів, яких можна залучити одночасно, що ускладнює перевірку веб-додатків під високим навантаженням. Автоматизація дозволяє симулювати тисячі користувачів, забезпечуючи більш ретельне тестування;

- переваги для розробників і тестувальників: автоматизація тестування дозволяє значно скоротити час, необхідний на ручне тестування, та звільнити тестувальників для виконання більш складних завдань. Крім того, раннє виявлення помилок дозволяє уникнути більш серйозних проблем на пізніх етапах розробки, що також економить час і ресурси;

- збільшення загальної кількості проведених тестів стане частиною автоматизації тестування;

- економічні переваги: завдяки автоматизованому тестуванню програмного забезпечення можна проводити більше тестів з більшою глибиною та широтою.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Дослідження використання штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) для автоматизації процесів тестування програмного забезпечення в Україні підтвердило їхню високу ефективність та перспективність. Використання ШІ дозволяє значно скоротити час на проведення тестів, автоматизуючи рутинні операції, зокрема генерацію тест-кейсів, виявлення дефектів та аналіз результатів. Це підвищує загальну продуктивність команд розробників і тестувальників. Методи машинного навчання дозволяють виявляти аномалії та дефекти, які складно визначити за допомогою традиційних підходів. Це сприяє створенню більш стабільного та безпечного ПЗ. Хоча впровадження технологій ШІ потребує початкових інвестицій, у довгостроковій перспективі автоматизація тестування знижує витрати на підтримку програмного забезпечення, зменшує кількість людських помилок і підвищує швидкість виходу продуктів на ринок. В Україні ШІ активно інтегрується в тестувальні процеси завдяки розвитку ІТ-індустрії, наявності висококваліфікованих фахівців та сприятливого інвестиційного клімату в галузі технологій. Однак існують виклики, пов'язані з необхідністю подальшого навчання кадрів та адаптації технологій до локальних потреб. Основними бар'єрами є висока складність впровадження ШІ-систем, недостатня кількість локальних інструментів для автоматизації та низька обізнаність частини компаній щодо потенціалу ШІ.

Отже, впровадження ШІ та МН у тестувальному процесі в Україні є не лише технічним, а й стратегічним кроком, який сприяє розвитку інноваційної екосистеми, забезпечує конкурентоспроможність ІТ-продуктів на глобальному ринку та створює передумови для подальшого розвитку галузі. Орієнтуючись на

світові практики, Україна може стати лідером у цій сфері за умови активної взаємодії між бізнесом, науковими установами та державними органами.

Література

1. Ворочек О. Г. Дослідження засобів штучного інтелекту для автоматизації процесу тестування програмного забезпечення / О.Г. Ворочек, І.В. Соловей // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – 2024. – № 1 (11). – С.58-64.
2. Гулько І. Тестування програмного забезпечення у 2023 році: нові тенденції та проблеми / І. Гулько // Вісник Київського інституту бізнесу та технологій. – 2023. – №1-2(49). – С.25-36.
3. Шкурко В. Використання штучного інтелекту у тестуванні програмного забезпечення / В. Шкурко, А. Поляков // Тези Міжнародної науково-практичної конф. «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання», м. – Івано-Франківськ, 21-24 травня 2024 р. – С. 111–113.
4. Amalfitano D. Artificial Intelligence Applied to Software Testing: A Tertiary Study / D. Amalfitano, S. Faralli, Je. C. Rossa Hauck, S. Matalonga, D. Distanto // ACM Comput. Surv. – 2023. – № 56, Article 58 (October). – 38 P. DOI: <https://doi.org/10.1145/3616372>.
5. International Organization for Standardization. 2013. ISO/IEC/IEEE international standard-software and systems engineering–software testing–Part 1: Concepts and definitions. ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013(E). – 2013. – 64 p. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2013.6588537>.
6. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні [Електронний ресурс] : Розпорядження КМУ : [Схвалено КМ України від 02.12.2020 № 1556-р]: [веб-сайт]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>– (Дата звернення 15.11.2024). – Назва з екрана
7. Battina D. S., Artificial Intelligence in Software Test Automation: A Systematic Literature Review / D. S. Battina // International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. – 2019. Vol.6, December – pp1329-1332. DOI: <https://ssrn.com/abstract=4004324>.
8. Nama P. Integrating AI in testing automation: Enhancing test coverage and predictive analysis for improved software quality / P. Nama // World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences. – 2024. – № 13(01). P. 769–782.
9. Khaliqa Z., Farooqa Sh. U., Khana D. A. Artificial Intelligence in Software Testing : Impact, Problems, Challenges and Prospect / Z. Khaliqa, Sh. U. Farooqa, D. A. Khana. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.05371>
10. Онищенко Р. Роль та ефективність засобів штучного інтелекту в тестуванні програмного забезпечення / Р. Онищенко, Н. Котенко, Т. Жирова // Інформаційні технології та суспільство. – 2024. – Випуск 2 (13). – С. 66-70.
11. Tao. CH. Testing and Quality Validation for AI Software–Perspectives, Issues, and Practices / CH. Tao, J. Gao, T. WANG // IEEE Access. – 2019. № 7. – PP 120164-120175. DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=8811507>
12. Job M. A. Automating and Optimizing Software Testing using Artificial Intelligence Techniques. International / M. A. Job // Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12. № 5. – P. 594-602
13. Приймак Є. О. Дослідження можливостей оптимізації процесу обробки даних в державних інформаційних системах із використанням штучного інтелекту / Є. О. Приймак, Є. О. Зайцев, А. В. Лемешко, А. В. Антоненко // Науковий журнал «IT SYNERGY». – 2024. – випуск 1 (6). – С. 6-15.
14. Горбань Г. В. Використання штучного інтелекту в системі seo-аналітики вебсайтів / Г. В. Горбань, І. О. Кандиба, В. С. Раленко, Є. Д. Стоєв // Таврійський науковий вісник. – 2024. – №1. – С.36-46.
15. Як ШІ змінить тестування програмного забезпечення [Електронний ресурс] // Visure. – Режим доступу: <https://visuresolutions.com/uk/blog/ways-ai-will-change-software-testing/> (дата звернення: 11.11.2024). – Назва з екрана.

References

1. Vorochek O. H. Doslidzhennya zasobiv shtuchnoho intelektu dlya avtomatyzatsiyi protsesu testuvannya prohrmnoho zabezpechennya / O.H. Vorochek, I.V. Solovey // Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPi» Seriya: Systemnyy analiz, upravlinnya ta informatsiyini tekhnolohiyi. – 2024. – № 1 (11). – S.58-64.
2. Hun'ko I. Testuvannya prohrmnoho zabezpechennya u 2023 rotsi: novi tendentsiyi ta problemy / I. Hun'ko // Visnyk Kyuyivs'koho instytutu biznesu ta tekhnolohiy. – 2023. – №1-2(49). – S.25-36.
3. Shkurko V. Vykorystannya shtuchnoho intelektu u testuvanni prohrmnoho zabezpechennya / V.V. Shkurko, A. Polyakov // Tezy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konf. «Informatsiyini tekhnolohiyi ta komp'yuterne modelyuvannya», m. – Ivano-Frankivs'k, 21-24 travnya 2024 r. – S. 111–113.
4. Amalfitano D. Artificial Intelligence Applied to Software Testing: A Tertiary Study / D. Amalfitano, S. Faralli, Je. C. Rossa Hauck, S. Matalonga, D. Distanto // ACM Comput. Surv. – 2023. – № 56, Article 58 (October). – 38 P. DOI: <https://doi.org/10.1145/3616372>.
5. International Organization for Standardization. 2013. ISO/IEC/IEEE international standard-software and systems engineering–software testing–Part 1: Concepts and definitions. ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013(E). – 2013. – 64 p. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2013.6588537>.
6. Pro skhvalennya Kontseptsiyi rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [Elektronnyy resurs] : Rozporyadzhennya KMU : [Skhvaleno KM Ukrainy vid 02.12.2020 № 1556-r]: [veb-sayt]. – Rezhym dostupu : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>– (Data zvernennya 15.11.2024). – Nazva z ekrana
7. Battina D. S., Artificial Intelligence in Software Test Automation: A Systematic Literature Review / D. S. Battina // International

- Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. – 2019. Vol.6, December – pp1329-1332. DOI: <https://ssrn.com/abstract=4004324>.
8. Nama P. Integrating AI in testing automation: Enhancing test coverage and predictive analysis for improved software quality / P. Nama // World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences. – 2024. – № 13(01). P. 769–782.
 9. Khaliqa Z., Farooqa Sh. U., Khana D. A. Artificial Intelligence in Software Testing : Impact, Problems, Challenges and Prospect / Z. Khaliqa, Sh. U. Farooqa, D. A. Khana. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.05371>
 10. Onyshchenko R. Rol' ta efektyvnist' zasobiv shuchnoho intelektu v testuvanni prohramnoho zabezpechennya /R. Onyshchenko, N. Kotenko, T. Zhyrova // Informatsiyi tekhnolohiyi ta suspil'stvo. – 2024. – Vypusk 2 (13). – S. 66-70.
 11. Tao. CH. Testing and Quality Validation for AI Software–Perspectives, Issues, and Practices / CH. Tao, J. Gao, T. WANG // IEEE Access. – 2019. № 7. – PP 120164-120175. DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8811507>
 12. Job M. A. Automating and Optimizing Software Testing using Artificial Intelligence Techniques. International / M. A. Job // Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12. № 5. – P. 594-602
 13. Pryymak YE. O. Doslidzhennya mozhlyvostey optymizatsiyi protsesu obrobky danykh u derzhavnykh informatsiynykh systemakh iz vykorystanniam shuchnoho intelektu / YE. O. Pryymak, YE. O. Zaytsev, A. V. Lemeshko, A. V. Antonenko // Naukovyy zhurnal «IT SYNERGY». – 2024. –vypusk 1 (6). – S. 6-15.
 14. Horban' H. V. Vykorystannya shuchnoho intelektu v systemi seo-analytyky veb-saytiv / H. V. Horban', I. O. Kandyba, V. S. Ralenko, YE. d. Stoyev // Tavriys'kyy naukovyy visnyk. – 2024. – №1. – S.36-46.
 15. Yak SHI zminyty testuvannya prohramnoho zabezpechennya [Elektronnyy resurs] // Visure. – Rezhym dostupu: <https://visuresolutions.com/uk/blog/ways-ai-will-change-software-testing/> (data zvernennya: 11.11.2024). – Nazva z ekrana.