

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

**Антонюка Владислава Андрійовича**

на тему «**Розроблення кросплатформної системи автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями**»,

яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

**Актуальність теми дисертації.** Дисертація присвячена розробленню передової кросплатформної системи автоматизації процесів, що забезпечує інтуїтивно зрозумілий асоціативний графічний інтерфейс між користувачами та комп'ютеризованими пристроями, ефективне налаштування взаємодії процесів та інтеграцію з будь-якими існуючими сторонніми службами. У дисертаційному дослідженні проведено аналіз поточного стану технологій автоматизованої інтерактивної комунікації та проєктування кросплатформної системи, розглянуто схему організації обчислювального процесу, представлено концепцію асоціативного графічного інтерфейсу, описано технологію автоматизованого створення макросів при використанні мовної моделі штучного інтелекту, а також описано технічні аспекти розроблення програмного забезпечення та його взаємодію з комп'ютеризованим обладнанням. Приділено увагу практичному застосуванню розробленої системи.

**Актуальність теми дослідження** обумовлена стрімким зростанням складності та обсягу інформаційних технологій, що призводить до збільшення потреби в ефективних інструментах для управління процесами та задачами.

Зростаюча взаємодія між людьми та комп'ютеризованими системами в сучасних технологічних умовах потребує створення вдосконалених інтерфейсів, здатних підвищити інтуїтивність та ефективність управління процесами та задачами з мінімальним втручанням людини.

Актуальним є завдання поглибленого дослідження адаптації сучасних технологій до конкретних вимог користувачів і сценаріїв використання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності з індивідуальним планом підготовки аспіранта кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Запропонована система розроблена в рамках науково-дослідної роботи № ФПМ-2-22 "Розроблення програмного забезпечення аналізу та кластеризації часових рядів" 2022-24 рр. № держреєстрації 0122U001465.

Дисертаційна робота виконана відповідно до поточних і перспективних планів наукової та науково-технічної діяльності Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, спрямованих на подальший розвиток інженерії програмного забезпечення.

**Формулювання наукової задачі, нове вирішення якої одержане в дисертації.**

Наукова задача роботи полягає у створенні ефективної та гнучкої кросплатформної системи автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями, яка забезпечує управління на основі графічних жестів, застосуванні штучного інтелекту для автоматичної генерації макросів, інтеграції з будь-якими існуючими сторонніми службами. *Об'єктом дослідження* є процеси розроблення програмних систем автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями. *Предметом дослідження* є методи розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення систем автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями.

Основними задачами дисертаційного дослідження є:

1. Аналіз сучасних програмних засобів автоматизації процесів, технологій взаємодії з комп'ютеризованими пристроями.
2. Аналіз і удосконалення технологій застосування графічного ключа та алгоритмів розпізнавання графічних жестів.



3. Розроблення кросплатформного програмного забезпечення з удосконаленням архітектури та методології інтеграції з іншими системами та сервісами, яке буде відповідати вищезазначеним характеристикам.

4. Розроблення алгоритму створення розширень та бібліотеки макрокоманд для автоматизації типових завдань, які можуть бути використані користувачами без глибоких технічних знань в області програмування.

5. Розроблення технології автоматичної побудови макросів у системах автоматизації процесів із застосуванням мовних моделей штучного інтелекту.

6. Практична реалізація та тестування системи в реальних умовах, щоб забезпечити її надійність, масштабованість та готовність до впровадження у виробництво.

7. Розроблення плану впровадження системи, що включає стратегію комерціалізації, механізми технічної підтримки та оновлення, а також методи забезпечення безпеки та конфіденційності даних користувачів, з урахуванням потреб усіх зацікавлених сторін.

**Наукова новизна отриманих автором результатів.** У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову задачу, що полягає у створенні ефективної та гнучкої кросплатформної системи автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями «Draw & GO», яка забезпечує управління на основі графічних жестів, застосування штучного інтелекту для автоматичної генерації макросів, інтеграцію з будь-якими існуючими сторонніми службами та додавання розширень.

Основні наукові результати дисертації полягають у наступному.

1. Уперше запропоновано концепцію асоціативного графічного інтерфейсу у системах автоматизації процесів на основі застосування графічних ключів для визначення команд, що дозволяє підвищити інтуїтивність та ефективність управління процесами та задачами, що є особливо актуальним у контексті збільшення складності та об'єму задач.

2. Уперше розроблено архітектуру програмного забезпечення для автоматизації процесів, яка базується на поєднанні мікроядра плагінів та

чистої архітектури, що дозволяє оптимізувати структуру програмного коду, зменшуючи залежності та дублювання, що сприяє підвищенню читабельності, обслуговуваності та тестованості коду, а також забезпечує покращення метрик якості, включаючи зниження цикломатичної складності та підвищення індексу підтримуваності.

3. Удосконалено методологію інтеграції програмного забезпечення з іншими бізнес-системами та сервісами за допомогою розроблення модульних кросплатформних з'єднувачів, які значно розширюють можливості автоматизації та інтегрованості корпоративного програмного забезпечення.

4. Уперше запропоновано технологію застосування мовної моделі ІІІ для автоматичної побудови макросів у системах автоматизації, що дозволяє користувачам будувати робочі процеси, описуючи лише вимоги до них, без необхідності поглиблюватись у знання програмування або навіть самої системи.

5. Удосконалено метод розпізнавання графічних жестів, що дозволило розпізнавати жести, які складаються з кількох ліній, тим самим розширюючи кількість можливих асоціацій для більш складних команд.

**Практичне значення одержаних результатів.** У дисертаційній роботі створено систему «Draw & GO», що

- усуває необхідність повторного виконання монотонних операцій, забезпечуючи можливість швидкого графічного створення макросів, що значно спрощує роботу користувачів;
- надає гнучкий механізм робочого процесу з архітектурою плагінів, що дозволяє користувачам швидко адаптувати робочі процеси під власні потреби, від простих до складних;
- при наявності широкої інтеграції зі сторонніми сервісами та гнучкості у налаштуванні дозволяє використовувати в контексті широкого діапазону ділових та особистих завдань;
- забезпечує високий рівень організації при роботі процесів завдяки вбудованій автоматизованій синхронізації даних в реальному часі;



- гарантує широку сумісність, працюючи на всіх основних операційних системах та пристроях, забезпечуючи користувачам можливість застосування програми в різних середовищах і ситуаціях;
- є загальнодоступною і легкою при поєднанні з сучасними технологіями автоматизації та API інтерфейсами;
- може бути доступною для людей з обмеженими можливостями.

Система «Draw & GO» є кросплатформним механізмом робочого процесу, що дозволить розробникам програмного забезпечення швидко та ефективно розгортати програмні додатки та керувати ними. Розроблений програмний продукт є завершеним з точки зору логістики і є доступним для будь-якого користувача, що володіє навичками роботи з комп'ютером (<https://drawgo.azurewebsites.net>).

Система «Draw & GO» може бути використана на підприємствах та організаціях різного розміру для управління виробничими процесами, інформаційних технологіях для моніторингу інфраструктури, системах «Розумний будинок» або «Smart city» для управління міськими послугами тощо.

Наукові результати дослідження є внеском у розвиток архітектурних рішень розроблення програмного забезпечення для автоматизації процесів при використанні мовної моделі штучного інтелекту, яка базується на поєднанні мікроядра плагінів та чистої архітектури, що забезпечує масштабованість, дозволяє оптимізувати структуру програмного коду, зменшуючи залежності та дублювання, забезпечує покращення метрик якості, включаючи зниження цикломатичної складності та підвищення індексу підтримуваності.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.** Дисертація виконана на належному науковому рівні та відповідає вимогам досліджень третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Надійність і достовірність отриманих результатів гарантуються використанням методів та технологій інженерії програмного

забезпечення, застосуванням теоретично обґрунтованих алгоритмів, а також відповідністю отриманих результатів до відомих результатів інших авторів із відкритих джерел.

**Особистий внесок здобувача.** Аналіз літературних даних, розроблення алгоритмів та програмного забезпечення, обробка отриманих результатів здійснені безпосередньо автором. Постановка мети і завдань дослідження, а також аналіз і узагальнення отриманих результатів проводились спільно з науковим керівником к.т.н., доц. М. Г. Сидоровою.

Дисертантом проаналізовано найпоширеніші шаблони архітектури програмного забезпечення та принципи їх роботи, особливості, переваги та недоліки, обставини та умови використання; запропоновано підхід агрегування архітектурних шаблонів Microkernel Architecture та Clean Architecture та детально розглянуто його застосування на прикладі розробки авторського кросплатформного додатка «Draw & GO»; розглянуто кросплатформний фреймворк .NET MAUI з його перевагами в порівнянні з іншими фреймворками; сформульовано концепцію асоціативного графічного інтерфейсу інструменту «Draw & GO»; досліджено задачу оптимізації робочих процесів при поєднанні систем автоматизації та штучного інтелекту, запропоновано технологію інтеграції та навчання великої мовної моделі для автоматизованого створення макросів у системі автоматизації процесів, проведена практична апробація запропонованої технології у системі «Draw & GO».

**Апробація матеріалів дисертації.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на XIX та XX Міжнародних науково-практичних конференціях «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS)» (м. Дніпро, 2021, 2022), IV Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології (IBIT)» (м. Львів, 2022), III-IV Всеукраїнських науково-практичних інтернет-конференціях студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні інформаційні системи та технології»



(м. Херсон, 2020, 2021), підсумкових наукових конференціях Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (м. Дніпро, 2020, 2021), ІХХ Всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих науковців «Інформаційні технології» (м. Київ 2021, 2022, 2023), Всеукраїнській науково-методичній конференції «Проблеми математичного моделювання» (м. Кам'янське, 2022).

**Мова і стиль роботи.** Матеріал роботи викладений логічно, представлений достатньою мірою і написаний гарною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Зміст дисертації відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, а також вирізняється послідовністю, системністю та обґрунтованістю та висвітлює основні результати наукових досліджень.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 14 наукових, серед яких 4 статті в періодичних наукових журналах і збірниках наукових праць категорії Б, 10 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 124 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку використаних джерел. Обсяг основного тексту дисертації складає 98 сторінки машинописного тексту. Робота ілюстрована 43 рисунками та 1 таблицею. Список використаних джерел охоплює 103 найменувань, з них 10 кирилицею та 93 латиницею.

У *вступі* обґрунтовані актуальність теми, мета та завдання роботи, наведені наукова новизна, практичне значення, особистий внесок дисертанта та апробація роботи. В основу дисертаційної роботи покладені результати, отримані автором під час виконання наукових досліджень, проведених на кафедрі математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

У *першому розділі* автором розглянуто спеціалізовану літературу та інформаційні технології для визначення актуальності теми дослідження даної дисертаційної роботи. Розглянуто існуючі технології та рішення для

виконання поставленої задачі. При дослідженні потреб користувачів і технічних можливостей визначено вимоги до кінцевого програмного продукту.

У другому розділі автором проведено проєктування кросплатформної системи, розглянуто основні алгоритмічні концепції, які були запропоновані у роботі. Цей розділ містить опис загального алгоритму організації обчислювального процесу у розробленій системі. Представлено концепцію асоціативного графічного інтерфейсу та запропоновано модифікації алгоритму для можливості розпізнавання декількох ліній одночасно для побудови складніших графічних жестів. Для досягнення цілей дисертаційного дослідження описано технологію автоматизованого створення макросів, яка використовує мовну модель штучного інтелекту для генерації макросів та розрахунку їх параметрів.

У третьому розділі описано технічні аспекти розроблення програмного забезпечення та його взаємодію з комп'ютеризованим обладнанням.

У четвертому розділі приділена увага можливостям практичного застосування розробленої системи, розкрито перспективи розширення роботи системи, надано детальну інструкцію для роботи з системою для різних типів користувачів.

Висновки по роботі чіткі, логічні і витікають із теоретичних та експериментальних даних, отриманих автором.

#### **Окремі дискусійні питання і зауваження.**

1. Щодо розділу 2 не зрозуміло, чому не приділена увага голосовому інтерфейсу поряд з графічним інтерфейсом при наявності в розробленій системі технології автоматичної побудови макросів на основі застосування мовної моделі штучного інтелекту? Чи буде складним завданням при розробленні програмного забезпечення системи використати голосовий інтерфейс для переходу до графічного інтерфейсу?



2. Які результати щодо швидкості та якості розпізнавання жестів при використанні обраних алгоритмів були отримані (стор. 53-59)?
3. В який спосіб отримано набір нерівномірно розташованих точок для другого алгоритму (стор. 55), який використовується для подальшого узагальнення?
4. У розділі 3 наведені визначення цикломатичної складності (Cyclomatic Complexity) та індексу підтримуваності (Maintainability Index), але відсутні формули для розуміння змін параметрів, які можуть впливати на роботу системи з комбінованою архітектурою (стор. 71-72). На яких модулях системи використані метрики показали необхідність змін архітектури?
5. Для яких структурних застосунків системи (веб-, мобільний та ін.) проводилося обчислення зменшення дублювання коду до 46% (п. 3.1, стор. 72)?
6. Яким чином забезпечено питання безпеки?
7. Які інформаційні технології використані в розробленій системі, що може зробити комп'ютеризовані пристрої більш доступними для людей з обмеженими можливостями?

Зазначені зауваження не впливають на загальний рівень поданої дисертаційної роботи. Автором досягнуто значних результатів, які мають високу наукову цінність. Це дозволяє оцінити дисертацію як цілісне, завершене та актуальне наукове дослідження.

#### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Антонюка Владислава Андрійовича на тему «Розроблення кроссплатформної системи автоматизації процесів та взаємодії з комп'ютеризованими пристроями» є актуальною за змістом, містить наукову новизну, основні результати та висновки дисертації обґрунтовані, мають теоретичне та практичне значення. Рецензована дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Оформлення дисертації відповідає вимогам, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року. Методичний рівень, наукова новизна і

практичне значення, рівень оприлюднення результатів рецензованої роботи відповідає вимогам до дисертацій ступеня доктора філософії згідно з вимогами Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами) «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а здобувач Антонюк Владислав Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

**Рецензент**

доцент кафедри  
математичного забезпечення ЕОМ  
Дніпровського національного університету  
імені Олеся Гончара  
кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Лілія БОЖУХА

*Підпис канд. фіз.-мат. наук, доцента Божуха Л.М. засвідчую*

Проректор з наукової роботи  
Дніпровського національного університету  
імені Олеся Гончара  
кандидат біологічних наук, доцент



Олег МАРЕНКОВ