

## РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри інженерії програмного забезпечення Навчально-наукового інституту інформаційних технологій Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій, **Замрій Ірини Вікторівни** на дисертаційну роботу **Олейнікова Івана Анатолійовича «Метод та модель інтелектуального автоматизованого керування 3D-друком на основі машинного навчання»** подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

**Актуальність теми дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуального науково-прикладного завдання підвищення надійності та якості процесу FDM/FFF-3D-друку шляхом створення узгодженого інтелектуального наглядового контуру керування.

Інтенсивне впровадження адитивних технологій у прототипуванні, малосерійному виробництві та освітніх лабораторіях супроводжується високою чутливістю процесу друку до відхилень температурних режимів, стану механіки, властивостей філаменту, параметрів охолодження та якості електроживлення. За таких умов дефекти формування виробу часто виявляються запізно, що призводить до втрат часу, матеріалу та енергетичних ресурсів.

Запропонований у роботі підхід, який поєднує мультимодальний моніторинг, відеопотік підвищеної роздільної здатності, телеметрія приводів і термоконтурів, контекст G-коду, з моделями глибинного навчання класу ResNet, розгорнутими на вбудованій платформі Raspberry Pi 5, є своєчасною відповіддю на потребу у впровадженні наглядових систем у реальному технологічному циклі з урахуванням часових та ресурсних обмежень.

Отже, обрана тематика відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуальних систем керування технологічними процесами та має вагоме значення для практики експлуатації парків FDM/FFF-принтерів.

**Оцінка наукової новизни результатів дисертаційного дослідження.** У дисертаційній роботі отримано низку наукових результатів, що характеризуються новизною та відповідають поставленій меті. Зокрема:

1. Удосконалено модель інтелектуального наглядового контролю процесу 3D-друку, яка використовує каскадну структуру детекції та верифікації дефектів на основі глибинних моделей машинного навчання і забезпечує формування оцінок стану та ризику у режимі, наближеному до реального часу;
2. Розроблено метод інтелектуального автоматизованого керування процесом 3D-друку на основі динамічної політики втручання, що використовує оцінку ризику та результати машинного навчання для адаптивної корекції параметрів друку і зниження частки браку;
3. Набули подальшого розвитку підходи до мультисенсорної інтеграції візуальної, температурної, координатної та телеметричної інформації, що підвищує стійкість виявлення аномалій і сприяє локалізації джерел дефектів у комплексних умовах експлуатації.

**Практична цінність отриманих результатів.** Практичне значення дисертаційної роботи полягає у створенні прототипу інформаційної технології інтелектуального автоматизованого керування FDM-друком на базі Raspberry Pi 5 з відкритим програмним стеком та інтеграцією з прошивками Marlin і Klipper через стандартизовані інтерфейси.



Запропоновані рішення забезпечують зменшення частки відбракованих виробів, скорочення непродуктивних витрат філаменту та часу, підвищення відтворюваності геометричних характеристик і стабільності термічних режимів. Важливою перевагою є можливість використання розробленого комплексу як еталонної платформи для впровадження наглядових систем у парках 3D-принтерів малого та середнього бізнесу, а також як навчального полігону для підготовки фахівців з інтелектуального керування адитивними технологіями та комп'ютерного зору.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана в межах науково-дослідної роботи кафедри Технологій цифрового розвитку Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій на тему «Підвищення ефективності процесу управління 3D-принтером з використанням методів машинного навчання» (державний реєстраційний номер РК 0124U001849).

**Повнота викладу основних результатів дисертації в публікаціях.** Основні наукові результати дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлено у публікаціях здобувача. За темою дисертації опубліковано 10 праць, у тому числі:

- 6 статей у наукових фахових виданнях;
- 4 матеріали (тези) доповідей наукових конференцій.

Публікації відображають ключові положення дисертації, забезпечують апробацію отриманих результатів та підтверджують їх відповідність тематиці дослідження.

**Зауваження до проведеного дисертаційного дослідження.** Загальна оцінка дисертаційної роботи є позитивною. Разом із тим, на окремі положення доцільно звернути увагу:

1. У частині експериментального порівняння моделей бажано ширше представити зіставлення з альтернативними сучасними архітектурами комп'ютерного зору та деталізувати критерії вибору конфігурацій для різних режимів інференсу на вбудованій платформі;
2. Потребує додаткового уточнення методика формування та розмітки спеціалізованого корпусу даних, зокрема питання відтворюваності процедури розмітки та узгодженості міток для дрібномасштабних дефектів у різних умовах освітлення й матеріалів;
3. З огляду на мережеві інтерфейси керування доцільно розширити виклад моделі загроз та практичних механізмів забезпечення захищеності взаємодії хоста з прошивкою принтера у виробничих умовах.

**Оцінка змісту дисертації, відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.** Дисертаційна робота Олейнікова І.А. характеризується логічною послідовністю викладу, обґрунтованістю постановки задач і коректним застосуванням методів системного аналізу, теорії керування та машинного навчання. Представлені результати узгоджені з метою та завданнями дослідження, а сформульовані висновки є аргументованими.

Дисертаційна робота має чітку структуру, містить 31 рисунок і 38 таблиць, 5 сторінок додатків; список використаних джерел налічує 91 найменування. Загальний обсяг становить 238 сторінок, з них 221 сторінка основного тексту.

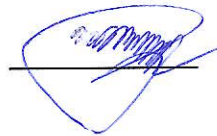
Оформлення дисертації загалом відповідає чинним вимогам до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії: структура витримана, науковий стиль дотримано, термінологія застосована коректно, наведені джерела є релевантними предметній області.

**Висновок.** Дисертаційна робота Олейнікова Івана Анатолійовича «Метод та модель інтелектуального автоматизованого керування 3D-друком на основі машинного навчання» є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають практичну значущість для підвищення надійності FDM/FFF-3D-друку.



За змістом, науковою новизною, обсягом виконаних досліджень та обґрунтованістю висновків дисертація відповідає спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», галузі знань 12 «Інформаційні технології» і вимогам чинного «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 - Комп'ютерна інженерія.

Офіційний рецензент,  
завідуючий кафедри  
Інженерії програмного забезпечення  
Державного університету інформаційно-  
комунікаційних технологій  
Доктор технічних наук, професор



Ірина ЗАМРІЙ

Підпис Замрій І.В. ЗАСВІДЧУЮ:  
Перший проректор  
Державного університету інформаційно-  
комунікаційних технологій  
член-кореспондент НАН України  
доктор технічних наук, професор



Олександр КОРЧЕНКО