

ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ 3D-ДРУКУ

Слюсар В.І.¹, Копійка О.В.²

¹ЦНДІ ОБТ ЗС України, ²Інститут прикладних систем управління НАН України

E-mail: swadim@ukr.net

okopiyka@gmail.com

Штучний інтелект (ШІ) все частіше використовується в адитивному виробництві, також відомому як 3D-друк або фаббер-технології [1 - 4], для покращення різних аспектів виробничого процесу. Зокрема серед напрямів використання ШІ в даній сфері слід вказати:

1. Оптимізація дизайну деталей, надрукованих на 3D-принтері, з урахуванням на основі ШІ таких чинників, як властивості матеріалу, виробничі обмеження та вимоги до продуктивності.

2. Управління процесом 3D друку шляхом моніторингу та оптимального формування параметрів 3D-друку в режимі реального часу з метою гарантування постійної якості деталей.

3. Вибір оптимального матеріалу для даної деталі, надрукованої на 3D-принтері, виходячи з її передбачуваного використання, бажаних властивостей та міркувань вартості.

4. Прогностичне технічне обслуговування для прогнозування за допомогою алгоритмів ШІ ймовірності відмови машини для 3D-друку, що дозволяє проводити її технічне обслуговування до того, як станеться збій.

В цілому, використання ШІ в адитивному виробництві допомагає підвищити ефективність, швидкість та якість виробничого процесу, дозволяючи виготовляти деталі з покращеними характеристиками та меншим обсягом відходів. Крім того, ШІ також використовується в пост-обробці [3, 4] поверхонь деталей, надрукованих на 3D-принтері, для покращення їх кінцевої якості. Наприклад, алгоритми ШІ можна залучити для автоматичного визначення областей об'єкту, які потребують згладжування або шліфування, та для створення траєкторій руху інструментів, що забезпечують більш гладку поверхню. У деяких випадках алгоритми ШІ також використовуються для створення дизайну нових конструкцій, які можна виготовити лише за допомогою методів 3D-друку. Це відкриває нові можливості для дизайну об'єктів друку, дозволяючи дизайнерам створювати більш складні, функціональні та естетично привабливі деталі.

Таким чином, інтеграція ШІ в процеси адитивного виробництва дозволяє оптимізувати відповідні процеси, підвищувати якість кінцевого продукту та досліджувати нові можливості дизайну. Хоча використання ШІ в адитивному виробництві знаходиться на ранній стадії, очікується, що у майбутньому він буде відгравати все більш важливу роль, оскільки відповідні технології

продовжують розвиватися та стають все більш складними. Особливо це стосується друку металевих виробів.

Поява великих мовних моделей (LLM) на основі трансформерних архітектур, особливо, GPT-4v [5], дозволяє спрогнозувати можливість їх застосування для вирішення завдання оцінки якості 3D-друку за допомогою отриманих зображень процесу виготовлення металевих виробів. Для підтвердження технологічної готовності такого підходу було проведено кілька експериментів. Сутність їх полягала в тому, щоб завантажити на розгляд GPT-4v фотознімки об'єктів з дефектами та запросити LLM здійснити аналіз відповідної сцени, надавши відповідь на питання: “Що не так на цьому зображенні?”

В результаті такого запиту для фотознімка на рис. 1 було отримано наступну відповідь GPT-4v: “На зображенні ви можете побачити частину механічного пристрою, що, схоже, є шестернею. Видно, що шестерня пошкоджена: на ній є виїдення та вм'ятини, що можуть свідчити про зношення або пошкодження внаслідок використання або перевантаження. Такі пошкодження можуть негативно вплинути на роботу механізму, до якого вона належить, спричиняючи збої у передачі крутного моменту або навіть вивести механізм з ладу.”



Рисунок 1. Металева шестерня з дефектом

Інший характерний приклад стосувався зварного шву (рис. 2). Спочатку GPT-4v надав досить лаконічну відповідь стосовно рис. 2: “На зображенні видно металеву деталь зі зварним швом, який має тріщину. Тріщина у зварному шві може бути ознакою недостатньої міцності з'єднання, неправильного процесу зварювання, втоми матеріалу або впливу надмірних навантажень. Це критична несправність, яка може призвести до подальшого руйнування деталі під час експлуатації.”

На подальше прохання натиснути більш розгорнуту відповідь було отримано наступне пояснення: “На наданому зображенні представлено металеву деталь із зварювальним швом, який показує ознаки дефекту у вигляді тріщини. Цей дефект є серйозним, оскільки тріщини в зварних швах можуть свідчити про ряд потенційних проблем:

1. Неправильний зварювальний процес: Це може включати невірні

параметри зварювання, використання непідходящого типу електрода або неправильну техніку зварювання.

2. Недоліки матеріалу: Якщо матеріал шва або основного металу містить включення, забруднення або інші домішки, це може зменшити міцність з'єднання.

3. Термічний вплив: Швидке охолодження зварного шва може спричинити термічні напруження та тріщини, особливо в матеріалах, чутливих до термічних циклів.

4. Втома матеріалу: Постійне механічне навантаження може призвести до втоми матеріалу, що з часом створює тріщини.

5. Корозія: Якщо матеріал піддається корозійному впливу, це може послабити зварний шов і сприяти утворенню тріщин.

6. Дефекти дизайну: Якщо конструкція деталі не розрахована на рівномірне розподілення навантажень, це може призвести до концентрації напружень у шві.

7. Порушення під час експлуатації: Перевантаження або удари можуть створити додаткові напруження, які перевищують міцність шва.

Тріщина у зварному шві є підставою для негайного дослідження та виправлення, оскільки такий дефект може призвести до відмови усєї конструкції. Визначення причини і виправлення цієї проблеми вимагають досвідченості у галузі металургії та зварювання, а також зазвичай включають неруйнівні методи контролю, такі як ультразвукова перевірка або радіографічний аналіз, для повного оцінювання обсягу проблеми.”



Рисунок 2. Дефектний зварний шов.

Аналіз отриманих відповідей свідчить про їх високу релевантність і здатність GPT-4v адекватно реагувати на появу дефектів на поверхні металевих об'єктів.

По аналогії з [6], на основі GPT-4v можливо також реалізувати класифікацію зображень сцен 3D-друку на наявність механічних дефектів. Для цього необхідно попередньо донавчити GPT-4v на серії відповідних зображень. Єдиним обмеженням на даний момент для реалізації такого підходу є помітний час реакції GPT-4v (кілька секунд), у тому числі при наданні запитів за допомогою API-інтерфейсу. Це дозволяє використовувати GPT-4v для обстеження об'єктів після завершення процесу їх друку або при перервах у

його проведенні. Даний висновок може бути переглянутий після появи аналогічних за ефективністю локальних альтернатив GPT-4v, для спілкування з якими не потрібно мати доступ до Інтернет (наприклад, на основі LLaMa3). Разом з тим, для їх функціонування може знадобитися досить потужне серверне обладнання або доступ до хмарних обчислень, що робить такий варіант дефектоскопії порівняно дорогим на фоні традиційних нейромережних архітектур.

В цілому, застосування обчислювального штучного інтелекту на основі нейромереж та LLM має значний потенціал для поліпшення здатності виявлення дефектів 3D-друку та зниження ймовірності появи бракованих виробів. Це забезпечить безвідходність та якість виробництва і відповідність друкованих виробів вимогам технічних завдань. Включивши відповідні стратегії та методи в інтелектуальну систему ідентифікації дефектів на основі нейромережних технологій, можливо підвищити продуктивність і забезпечити високу ймовірність виявлення технологічних порушень, що сприятиме ефективній нейтралізації проблем 3D-друку. Завдяки цьому вдасться знизити ризики, а також зекономити час і ресурси, які б традиційно витрачалися на відповідний складний і відповідальний процес.

Ключові слова: адитивне виробництво, 3D-друк, велика мовна модель, LLM, GPT-4v.

Література

- [1] Слюсар В.И. Фаббер-технологии: сам себе конструктор и фабрикант. // Конструктор. – 2002. - № 1. – С. 5 - 7. [Online]. Available: https://slyusar.kiev.ua/SLYUSAR_kn0201.pdf. [Accessed April 24, 2024].
- [2] Слюсарь І.І., Слюсарь В.І., Курчанов В.М., Шуть В.В. Конвертація формату 3D-моделей в інтересах адитивного виробництва електроніки.// Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління. // Матеріали 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції.- 11 – 12 квітня 2019 р. - Полтава – Баку – Харків – Жиліна. – 2019. - С. 69. [Online]. Available: https://slyusar.kiev.ua/CHPI_19_Slyusar.pdf. [Accessed April 24, 2024].
- [3] Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Зуб С.В., Шуть В.В. Реалізація етапу видалення супортів в об'єктах адитивного виробництва НВЧ-компонентів.// Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції – Полтава: ПолтНТУ, 8 листопада, 2019. – С. 53 - 57. - [Online]. Available: https://slyusar.kiev.ua/Sbornik_Slyusar_2019.pdf. [Accessed April 24, 2024].
- [4] Слюсарь І.І., Слюсар В.І., Зуб С.В. Післяпроцесна обробка результатів адитивного виробництва антенних елементів. // III Всеукраїнська науково-технічна конференція «Проблеми інфокомунікацій». - Полтава – Київ – Харків – Мінськ. – 14-15 листопада 2019. [Online]. Available: <https://slyusar.kiev.ua/117-413-1-PB.pdf>. [Accessed April 24, 2024].
- [5] GPT-4. Technical Report by OpenAI, 27 March 2023, [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2303.08774v3.pdf>. [Accessed April 24, 2024].
- [6] Чепков І.Б., Слюсар В.І., Кучинський А.В.. Методика побудови штучних нейронних мереж для ідентифікації конструкцій спеціального призначення за класифікацією та країною походження на підставі електронно-мікроскопічного аналізу їх фрагментів.// Озброєння та військова техніка, № 1, 2024.