

УДК 004.04

М. Т. Хомин¹, О. Л. Сторожук²

¹ Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна, [ORCID 0009-0000-8325-7271](https://orcid.org/0000-8325-7271)

² Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна, [ORCID 0000-0001-6566-5271](https://orcid.org/0001-6566-5271)

ВИЯВЛЕННЯ ШАБЛОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА АНОМАЛІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ ГРАФІЧНИХ ДАНИХ

Анотація

Підвищення ефективності виробництва вимагає зниження кількості помилок на етапі моделювання та обробки графічних даних. На прикладі креслення металевих дверей розглядається метод аналізу характеристик графічних даних для виявлення шаблонів та аномалій з подальшою параметризацією. Представлено алгоритм сортування елементів креслення для оптимізації шляху проходження фрези відносно початку системи координат. Описано підхід до виявлення та аналізу аномалій у кресленні, таких як розірвані контури або елементи поза межами основного контуру. Крім того, розглянуто метод виявлення шаблонних наборів елементів, що забезпечує можливість навчання для автоматизації подібних креслень.

Ключові слова: Креслення, Розгортки, Параметризація, Машинне навчання, G-Code.

Вступ

Розглянемо креслення, що складається із списку простих фігур, зокрема ліній та дуг. Кожна з фігур представлена набором параметрів та є векторною. Лінія характеризується точками (X_p, Y_p) та (X_k, Y_k) , де p – початок лінії, k – кінець лінії. У параметрах дуги представлено додаткова точка (X_c, Y_c) , де c – центр кола даної

дуги. Коло представлено точками двох координат: центру ($X_{\text{ц}}, Y_{\text{ц}}$) та точки на колі ($X_{\text{к}}, Y_{\text{к}}$). У параметрах дуги для формування кола точки початку та кінця дуги будуть ідентичними.

Процес оптимізації вхідних даних спрямований на генерування G-code, що використовується для виготовлення деталей. Покращення точності та продуктивності виробництва є основним завданням.

Аналіз та оптимізація креслення

На початковому етапі необхідно проаналізувати креслення та розмістити його у оптимальному для роботи положенні. Знаходимо мінімальні значення положень креслення по X та Y координатах. Використавши метод повного перебору фігур креслення знаходимо значення точки що має крайнє ліве положення по осі $X_{\text{ш}}$ та крайнє нижнє положення по осі $Y_{\text{ш}}$, де Ш – індекс шуканого елемента. Точка ($X_{\text{ш}}, Y_{\text{ш}}$) відповідатиме крайньому лівому нижньому положенню. Перераховуємо координати усіх точок фігур відносно нового початку координат, який буде у точці ($X_{\text{ш}}, Y_{\text{ш}}$). Для перерахунку координат фігур креслення використаємо наступну формулу:

$$(X_i - X_{\text{ш}}, Y_i - Y_{\text{ш}}) \quad (1)$$

де i – індекс точки креслення.

Наступним етапом є оптимальне розміщення усіх фігур відносно одна одної. Можлива ситуація коли одна лінія має завершення у тій самій точці (X_n, Y_n) що і початок наступної (X_m, Y_m) (теж саме застосовується для дуг), та при цьому індекси в загальному списку фігур для цих елементів не є послідовними. (X_n, Y_n) = (X_m, Y_m) але $n \neq m + 1$, де n та m індекс фігури в загальній колекції фігур. Для вирішення цієї проблеми достатньо виконати швидке сортування (quick sort) фігур, де на кожному кроці алгоритму необхідно буде порівняти кінцеву точку однієї фігури з початковою точкою наступної фігури. У ході оптимізації для усіх дуг, що є варіаціями кіл важливо буде змінити координати точки на колі, оскільки це вимагає специфіка G-Code. Якщо коло не з'єднано з жодним з

елементів то фреза здійснюватиме холостий прохід до цієї фігури, і найвигіднішим положенням для початку вирізання цього кола буде точка яка знаходиться найближче до точки звідки почався холостий прохід фрези.

Знаходимо вектор від центру кола до точки звідки почався холостий прохід.

$$\left. \begin{aligned} V_x &= X_p - X_c \\ V_y &= Y_p - Y_c \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де p – точка звідки почався холостий хід, c – центр кола.

Обчислимо відстань від центру кола до точки.

$$D = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (3)$$

Знаходимо напрямок від центру кола до точки

$$\left. \begin{aligned} U_x &= \frac{V_x}{D} \\ U_y &= \frac{V_y}{D} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Обчислюємо координати найближчої точки на колі

$$\left. \begin{aligned} X_p &= X_c + r * U_x \\ Y_p &= Y_c + r * U_y \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де r – радіус кола.

Виявлення аномалій

Креслення повинно мати зовнішній суцільний контур, а також додаткові елементи які відносяться до цього креслення повинні знаходитися всередині цього контуру. Елементи що знаходяться за межами кожного окремого контуру вважатимуться окремим контурним кресленням. Якщо контур буде розірваним, то неможливо буде виявити до якої частини розгортки він відноситься, або важко буде автоматизувати параметризацію цієї розгортки.

Розірваний контур креслення може бути допустимою похибкою яка нівелюється діаметром фрези. Якщо контур розірваний з конкретною метою, не зайвим буде

зазначити такі місця умовними лініями, що не впливатимуть на креслення фізично, але допомагатимуть алгоритму розуміти поведінку у наступних кроках.

Пошук шаблонів

Шаблоном вважатиметься кожна окрема фігура або послідовний набір фігур, що повторюється у кількох місцях креслення, не залежно від фактичних координат на відносній системі координат. Отже, для виявлення шаблонів необхідно зробити індексацію усіх можливих варіантів комбінацій послідовних фігур з подальшим порівнянням кожної із них. Для максимальної продуктивності алгоритму необхідно виключити можливі повторення в пошуках усіх комбінацій, а також при порівнянні пропускати порівняння комбінацій, що одразу будуть різними.

В результаті усі контури та шаблони можуть бути проіндексовані з майбутнім повторним використанням, автоматизацією та параметризацією.

Висновки

Запропонований метод аналізу графічних даних дозволяє ефективно виявляти аномалії в кресленнях, що складаються з простих геометричних фігур, таких як лінії та дуги, а також може лягти в основу розширеного алгоритму для виявлення шаблонів. Застосування алгоритмів сортування та оптимізації дозволяє мінімізувати кількість холостих переміщень фрези, що сприяє підвищенню точності та ефективності виробничого процесу.

Список використаної літератури

1. Iván Rivet, Narges Dialami, Miguel Cervera, Michele Chiumenti, Quino Valverde «[Mechanical analysis and optimized performance of G-Code driven material extrusion components](#)» - 2022.
2. Chao Zhang, Romain Piquié, Arnaud Polette, Gregorio Carasi, Henri De Charnace, Jean-Philippe Pernot «[Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings](#)» - 2023
3. Jiahui Liu, Lili Zheng «[Control of stress distribution during large radius fiber optic taper drawing process based on 2D simulation](#)» - 2023
4. Rui Wen, Weiqing Tang, Zhiyong Su «[Topology based 2D engineering drawing and 3D model matching for process plant](#)» - 2017
5. Ibrahim Cayiroglu «[A new method for machining feature extracting of objects using 2D technical drawings](#)» - 2009
6. Sheng Jin, Yuanrui Zhang, T. Yamazaki, Zhu Jiang «[Automatic 3D CAD Model and 2D Drawings Generation in Construction Engineering | Semantic Scholar](#)» - 2021
7. Jing Wen, M. Gheisari, Sambhav Jain, Yuanxin Zhang, R. Minchin «[Using Cloud-Based Augmented Reality to 3D-Enable the 2D Drawings of AISC Steel Sculpture: A Plan-Reading Educational Experiment | Semantic Scholar](#)» - 2021
8. Chao Zhang, R. Piquié, A. Polette, Gregorio Carasi, Henri De Charnace, J. Pernot «[Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings | Semantic Scholar](#)» - 2023