

Максим Хомин, Олександр Сторожук*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, ORCID: 0009-0000-8325-7271,
khomyn.maksym@nltu.edu.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна. ORCID: 0000-0001-6566-5271,
storozhuk@nltu.edu.ua

Метод аналізу креслень для виявлення контурів і шаблонів у графічних даних

Анотація. Представлено метод аналізу креслень за допомогою якого аналізуються графічні дані, створюються карти контурів та виявляються шаблони, що повторюються. Розглянуто методи пошуку мінімальних відстаней між кінцевими та початковими точками фігур для побудови ланцюгів елементів. Описано підхід до оброблення контурів та застосування корекцій для врахування допустимих похибок. Виявлення шаблонів здійснюється через порівняння віртуальних координат, що дає змогу автоматизувати і підвищити точність аналізу креслень.

Ключові слова – креслення, розгортки, параметризація, розпізнавання шаблонів, машинне навчання, G-Code.

Важливою частиною роботи з технічними кресленнями є аналіз вхідних даних перед початком виготовлення кінцевих деталей. Аналіз спрямовано на розпізнавання контурів та ідентифікацію шаблонів, основним завданням якого є покращення точності та продуктивності у виробництві.

Креслення представлене у вигляді графічних даних містить скінченну кількість елементів які пов'язані спільними координатами та поєднувані у складніші структури. Множини ланцюгових послідовностей фігур ідентифікуються як контури.

Шаблонне розпізнавання висвітлено у виявленні повторюваних структур за допомогою координатних перетворень.

Створення зв'язків. Креслення представлене множиною фігур $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$, де кожен фігуру можна спростити до координат двох точок (початку та кінця), а також усі фігури нормалізовані сортуванням, де для кінця кожної фігури знайдена найбільш наближена точка початку наступної фігури - формує ланцюги елементів які мають замкнуті та не замкнуті контури. Замкнутим вва-

жається контур у якому кінцева точка останньої фігури співпадає з початковою точкою першої фігури.

$$f_i = (P_{start}^i, P_{end}^i) \quad (1)$$

де i - індекс фігури у матриці, P – точка з координатами (X, Y) .

Сортування елементів креслення також може бути здійснено кількома шляхами, яким можуть бути надані пріоритети. Такі сценарії можуть виникати коли кінець однієї фігури є рівновіддаленим від кількох початкових точок наступних фігур.

Аномальний контур містить розгалуження у вигляді примикання фігур, шлях по яких може вести до незамкнутого кінця або ж до замикання цього контуру.



Рисунок 1. Розгалуження замкнутого контуру.

Зв'язування елементів у карту відбувається вимірюванням відстані від кінцевої точки f_i до початкової точки усіх інших фігур. Найменша відстань вказуватиме на наступну фігуру в послідовності. Також фігури що уже були посортовані не будуть брати участі у вимірюваннях відстаней до них.

Знаходимо перестановку фігур $F_p = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$, таку щоб мінімізувати суму відстаней між кінцем однієї фігури та початком наступної.

$$\sum_{j=1}^{n-current-1} D_j(P_{end}^{current}, P_{start}^j) \quad (2)$$

де n – загальна кількість фігур множини F .

Встановимо множину залишкових фігур $R = F \setminus \{f_0\}$.

Для кожної фігури f_j з множини R знаходимо наступну фігуру f_{target} відстань до якої буде мінімальною серед знайдених.

$$target = \arg \min D(P_{end}^{current}, P_{start}^j) \quad (3)$$

Додаємо f_{target} до відсортованого списку та видаляємо її з R , повторюємо цей крок поки R не стане порожньою.

Створення карти контурів. Для кожної фігури f_i шукаємо наступну фігуру f_j , що виконуватиме умову

$$\left. \begin{aligned} (x_{end}^i &= x_{start}^i) \\ (y_{end}^i &= y_{start}^i) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де f_i з'єднана з f_j координатами кінця та початку.

Використавши корекцію на похибку $D_{correction}$, якщо f_j знаходиться на відстані меншій чи рівній $D_{correction}$ до f_i врахуємо дану фігуру у шуканий контур. У такому вигляді контури можуть бути не до кінця суцільними, чим можна знехтувати.

$$D(P_{start}^j, P_{end}^i) \leq D_{correction} \quad (5)$$

Отже відстань від кінцевої точки фігури f_i до початкової точки фігури f_j повинне знаходитись у радіусі $D_{correction}$.



Рисунок 2. Розірвиний контур у межах радіусу $D_{correction}$

Виявлення шаблонів. Шаблоном вважається кожна окрема фігура або послідовний набір фігур, що повторюється у кількох місцях креслення, не залежно від фактичних координат на відносній системі координат.

Кількість елементів підмножини шаблону не може перевищувати $n/2$, оскільки $n/2+1$ елементів у множині вказує на перекриття одного шаблону іншим використовуючи однакові елементи.

Потрібно враховувати поворот елементів відносно осі X , а також дзеркальне відображення фігур у трьох додаткових положеннях.

Порівняльний аналіз повинен відбуватись використовуючи віртуальні координати, обраховані на основі вищезгаданих умов. Перетворення фізичних координат у віртуальні відбувається для обох сторін порівняння. В умовах переві-

рки здійснюється приведення усіх координат до початку відносної системи координат.



Рисунок 3. Набір шаблонних елементів

Висновки. Запропонований метод аналізу графічних даних дає змогу ефективно поєднувати фігури в кресленнях, що складаються з простих геометричних фігур представлених у спрощеному вигляді. На основі описаного методу можна побудувати розширений алгоритм для виявлення шаблонів. Застосування алгоритмів сортування та оптимізації дає змогу мінімізувати кількість холостих переміщень фрези, що сприяє підвищенню точності та ефективності виробничого процесу. В результаті усі контури та шаблони можуть бути проіндексовані з майбутнім повторним використанням, автоматизацією та параметризацією.

Список використаних літературних джерел

- [1] Sheng Jin, Yuanrui Zhang, T. Yamazaki, Zhu Jiang (2021). Automatic 3D CAD Model and 2D Drawings Generation in Construction Engineering | Semantic Scholar.
- [2] Chao Zhang, R. Piquié, A. Polette, Gregorio Carasi, Henri De Charnace, J. Pernot (2023). Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings | Semantic Scholar.
- [3] Chao Zhang, Romain Piquié, Arnaud Polette, Gregorio Carasi, Henri De Charnace, Jean-Philippe Pernot (2023). Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings.

Method for analyzing drawings to Identify contours and patterns in graphical data

Maksym Khomyn, Oleksandr Storozhuk

A method for analyzing drawings is presented, which involves examining graphical data, creating contour maps, and detecting repeating patterns. Methods for finding the minimum distances between the endpoints and starting points of shapes for constructing element chains are considered. An approach to contour processing and the application of corrections to account for allowable errors is described. Pattern detection is carried out by comparing virtual coordinates, enabling the automation and increased accuracy of drawing analysis.