

УДК :62.181.1

## ІМІТАЦІЙНИЙ МЕТОД ПЕРЕВІРКИ АДЕКВАТНОСТІ АЛГОРИТМУ АПРОКСИМАЦІЇ ДИСКРЕТНО ЗАДАНОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ

К.М. Головинська<sup>1</sup>, О.Л. Войчишен<sup>2</sup>, С.Т. Пацера<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Магістр групи 131м-16-1, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: [380663688890katia18@gmail.com](mailto:380663688890katia18@gmail.com)

<sup>2</sup> Здобувач кафедри технології гірничого машинобудування, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: [saprtm@i.ua](mailto:saprtm@i.ua)

<sup>3</sup> Кандидат технічних наук, професор кафедри технології гірничого машинобудування, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна, e-mail: [sergei.patsera@yandex.ua](mailto:sergei.patsera@yandex.ua)

**Анотація.** Розроблено алгоритм та його програмна реалізація в Microsoft Excel перевірки адекватності алгоритму апроксимації дискретно заданої циліндричної поверхні.

*Ключові слова:* алгоритм, математична модель, циліндрична поверхня, відхилення форми.

## SIMULATION METHOD INSPECTIONS ADEQUACY ALGORITHM APPROXIMATION DISCRETELY A GIVEN CYLINDRICAL SURFACE

K. Holovynska<sup>1</sup>, O. Voichishen<sup>2</sup>, S. Patsera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Student, National mining university, Dnipro, Ukraine, e-mail: [380663688890katia18@gmail.com](mailto:380663688890katia18@gmail.com)

<sup>2</sup> Applicant, National mining university, Dnipro, Ukraine, e-mail: [saprtm@i.ua](mailto:saprtm@i.ua)

<sup>3</sup> Ph.D., Professor of technology of mining machinery, National mining University, Dnipro, Ukraine, e-mail: [sergei.patsera@yandex.ua](mailto:sergei.patsera@yandex.ua)

**Abstract.** The algorithm and software implementation performed in Microsoft Excel adequacy test algorithm discrete approximations given cylindrical.

*Keywords:* approximation, algorithm, a mathematical model, cylindrical surface, deviation shape.

**Вступ.** Значне поширення координатних методів вимірювання із застосуванням координатно-вимірювальних машин визначає актуальність досліджень стосовно моделей поверхонь, що задані дискретно певною сукупністю точок. Виникає необхідність застосування спеціалізованих алгоритмів для апроксимації сукупності точок відповідним рівнянням поверхні з подальшим порівнянням одержаної поверхні з номінальною поверхнею. В роботах [1,2] наведено такі алгоритми, основані на методі найменших квадратів.

**Ціль роботи.** При використанні рекомендованих в науковій літературі алгоритмів апроксимації необхідно мати впевненість в їх адекватності. Розробка відповідної методики оцінки їх адекватності є ціллю даної статті.

**Матеріал і результати досліджень.** Запропонований алгоритм складається з п'яти блоків (рис. 1.)

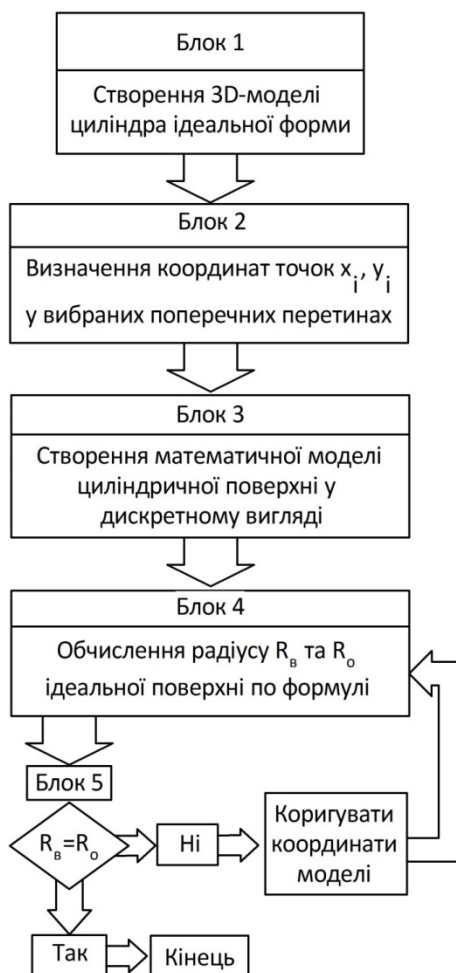


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму оцінки адекватності апроксимації

Дослідження проводилися на прикладі циліндричної поверхні, 3D-модель якої показана на рисунку 2 (блок 1). Вказана модель циліндричної поверхні характеризується високою точністю відображення діаметрального розміру (до 0,0001 мм.) Така висока точність дозволяє використати вказану модель у якості електронного еталону. Слід зауважити, що електронні еталони деталей все частіше замінюють фізичні еталони на контрольних операціях. Наприклад, в роботі [3] мається інформація щодо застосування електронного еталону зубчастого колеса на контрольних операціях у високоточному виробництві авіаційних двигунів.

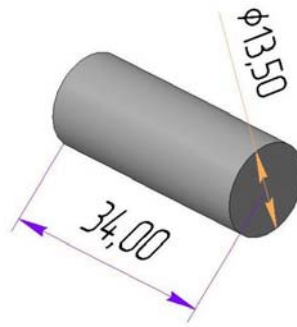


Рисунок 2 – 3D-модель циліндричної поверхні

Для одержання сукупності точок, що належать вибраній циліндричній поверхні розглянуті перетини циліндричної поверхні площинами, що перпендикулярні до осі циліндра. Лінії перетину являють собою ідеальні кола. У розглянутому випадку виконано 8 перетинів, у кожному з них визначено координати  $X_i$ ,  $Y_i$  для 8 точок (блок 2). Сукупність координат вказаних точок, зведених у матрицю (таблиця 1), є дискретною математичною моделлю циліндричної поверхні (блок 3).

Таблиця 1 – Фрагмент електронної таблиці з координатами точок  $X_i$ ,  $Y_i$ , мм (показані не всі рядки)

$Z_i$	$X_i$	$Y_i$
0	6,75	0,00
0	4,77	4,77
0	0,00	6,75
0	-4,77	-4,77
0	-6,75	0,00
0	-4,77	-4,77
0	0,00	-6,75
0	4,77	-4,77
5	6,76	0,15
5	4,75	4,77
5	-0,01	6,78
5	-4,77	-4,77
25	4,77	-4,77
30	6,75	0,00
30	4,75	4,77
30	-4,77	-4,74

При реалізації блоку 4 виконується апроксимація координат циліндричною поверхнею методом найменших квадратів. Це математичний метод на основі мінімізації суми квадратів відхилень деяких функцій від експериментальних даних. Для цього використовується система рівнянь (1) і алгоритм її вирішення, що рекомендовується роботою [1].

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n 2X_i Y_i & \sum_{i=1}^n 2Y_i^2 & -\sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i^2 & \sum_{i=1}^n 2X_i Y_i & -\sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n 2X_i & \sum_{i=1}^n 2Y_i & -n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} A \\ B \\ L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i^3 + \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i^3 + \sum_{i=1}^n Y_i^2 X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i^2 + \sum_{i=1}^n 2Y_i^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Тоді рішення системи (1) в загальному вигляді має вигляд:

$$A = \frac{1}{2} \frac{-n \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n Y_i^3 + n \sum_{i=1}^n X_i^3 \sum_{i=1}^n Y_i^2 + n \sum_{i=1}^n Y_i^2 X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 -}{2 \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i - n (\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 -}$$

$$\frac{-n \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i - \sum_{i=1}^n X_i^2 \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i (\sum_{i=1}^n Y_i^2)^2 +}{-(\sum_{i=1}^n Y_i)^2 \sum_{i=1}^n X_i^2 -}$$

$$\frac{+ \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n Y \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i + \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y \sum_{i=1}^n Y_i^3 +}{-(\sum_{i=1}^n Y_i)^2 \sum_{i=1}^n Y_i^2 +}$$

$$\frac{- \sum_{i=1}^n X_i^3 (\sum_{i=1}^n Y_i)^2 - \sum_{i=1}^n Y_i^2 X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2}{+ \sum_{i=1}^n Y_i^2 n \sum_{i=1}^n X_i^2};$$

$$B = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X Y_i^2 + \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i^3 +}{2 \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i -}$$

$$\frac{+ \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 -}{-n (\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 -}$$

$$\frac{- \sum_{i=1}^n X_i Y_i n \sum_{i=1}^n X Y_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n X_i^3 - \sum_{i=1}^n Y_i (\sum_{i=1}^n X_i^2)^2 -}{-(\sum_{i=1}^n Y_i)^2 \sum_{i=1}^n X_i^2 +} \quad (3)$$

$$\frac{- \sum_{i=1}^n Y_i^2 \sum_{i=1}^n Y \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n Y_i^3 (\sum_{i=1}^n X_i)^2 +}{-(\sum_{i=1}^n X_i)^2 \sum_{i=1}^n Y_i^2 +}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{+\sum_{i=1}^n Y_i^3 \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i (\sum_{i=1}^n X_i)^2 - \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \sum_{i=1}^n X_i^2}{+\sum_{i=1}^n Y_i^2 n \sum_{i=1}^n X_i^2}, \\
 L = & \frac{-\sum_{i=1}^n X_i^2 (\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i + \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 -}{-2 \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i + n(\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 +} \\
 & \frac{-\sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n X_i^3 - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i^3 \sum_{i=1}^n Y_i^2 + \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i \sum_{i=1}^n Y_i^3 -}{-n(\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 +} \\
 & \frac{-\sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i^2 Y_i \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n Y_i^3 \sum_{i=1}^n X_i^2 +}{+(\sum_{i=1}^n Y_i)^2 \sum_{i=1}^n X_i^2 +} \quad (4) \\
 & \frac{+\sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n Y_i X_i \sum_{i=1}^n Y_i^2 X_i + (\sum_{i=1}^n Y_i^2)^2 \sum_{i=1}^n X_i^2 -}{+(\sum_{i=1}^n X_i)^2 \sum_{i=1}^n Y_i^2 -} \\
 & \frac{-\sum_{i=1}^n Y_i^2 (\sum_{i=1}^n X_i Y_i)^2 + (\sum_{i=1}^n X_i^2)^2 \sum_{i=1}^n Y_i^2}{-\sum_{i=1}^n Y_i^2 n \sum_{i=1}^n X_i^2}.
 \end{aligned}$$

Для моделі номінальної поверхні тіл обертання, рівняння перетину в вигляді кола, задане в явному вигляді таке:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2. \quad (5)$$

Використовуючи метод наближеного розрахунку [1] приймають

$$A^2 + B^2 - R_B^2 = L. \quad (6)$$

Радіус  $R_B$  – радіус циліндричної поверхні, що одержана в результаті апроксимації.

Блок 5 призначений для порівняння радіусів  $R_O$  та  $R_B$ . Якщо вони рівні, то можна зробити висновок, що алгоритм апроксимації дискретно заданої циліндричної поверхні є адекватним.

За результатами розрахунків та порівняння розрахованого і виміряного радіусів було виявлено, що в алгоритм необхідно ввести деякі поправки. Після внесення відповідних поправок радіуси співпали.

**Висновок.** В результаті математичного моделювання розроблено методику перевірки адекватності алгоритму апроксимації дискретно заданої циліндричної поверхні.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гоголев Д.В. Разработка и исследование методов и средств обеспечения единства измерений геометрических параметров отклонений формы сложнопрофильных поверхностей / Москва, 2009 – 85-88 с. [Электронный ресурс]: дис. канд. техн. наук : защищена 2009 г. / Д.В. Гоголев – М. : ФГУП "ВНИИМС", 2009. – 329

2. Лысенко В.Г. Разработка и исследование системы обеспечения единства координатных измерений геометрических параметров обработанных поверхностей. [Электронный ресурс]: дис. д-ра. техн. наук: защищена 2005 г. : утв. 20.01.2006 г. / В.Г. Лысенко – М., 2005. – 438 с.

3. Балушок К.Б. Обеспечение точности и ускоренной технологической подготовки производства деталей ГТД с зубчатыми венцами на основе компьютерного моделирования: дис. Канд. техн. наук: 05.07.04/ К.Б. Балушок –Запорожье, 2003– 236 с.

УДК 681.3.06

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

**В.А. Горбатко<sup>1</sup>, М.Л. Белякова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>студент, Южный Федеральный университет, г. Таганрог, Россия, e-mail: [mediumforse@ya.ru](mailto:mediumforse@ya.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-измерительных систем и технологий, Южный федеральный университет, г. Таганрог, Россия, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

**Аннотация.** В работе проведено теоретическое исследование доступных источников информации для отбора оперативных данных и последующего оперативного картографирования, а также проведена классификация и оценка качества и использования этих источников.

*Ключевые слова:* оперативное картографирование, спутниковые снимки, аэрофотосъемка, открытые данные.

## THE SOURCES OF INFORMATION FOR OPERATIONAL MAPPING

**Vladislav Gorbatko<sup>1</sup>, Marina Belyakova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Student, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [mediumforse@ya.ru](mailto:mediumforse@ya.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of the Department of Information and Measuring Systems and Technologies, Southern Federal University, Taganrog, Russia, e-mail: [beliacov@yandex.ru](mailto:beliacov@yandex.ru)

**Abstract.** Conducted theoretical research of the sources of information for the selection of operational data and for operational mapping. Also conducted classification and assessment of the quality and use of these sources.

*Keywords:* operational mapping, satellite imagery, aero photography, open data.