

**Магістрант Борщов Д.П.**

**Національний технічний університету України  
«Київський політехнічний інститут»**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ РЕКОНСТРУКЦІЇ МАЛОРАКУРСНОЇ ТОМОГРАФІЇ**

### **Резюме**

**Borshchow D. P., student**

***Research of reconstruction algorithm for the tomography with  
limited projection data***

*This article presents the results of scientific research of tomographic reconstruction algorithm by few projections. Author experimentally investigated strengths and weaknesses of algorithm. The main parameters of research are spatial resolution and density resolution. Those parameters were estimated and the further ways of research were found.*

### **Вступ**

Малоракурсна томографія – це напрям в комп'ютерній томографії, який характеризується тим, що дослідження об'єкта проводяться з використанням невеликої кількості проєкцій: від двох до двадцяти.

Комп'ютерна томографія – метод неруйнівного пошарового дослідження внутрішньої структури об'єкта. Сутність усіх видів томографії єдина: за сумарною інформацією (наприклад, інтенсивністю на детекторах або інтенсивністю луна-сигналу), отриманою від певного перерізу речовини, потрібно визначити локальну інформацію, а саме щільність речовини в кожній точці перерізу [1].

Найважливішою частиною комп'ютерної томографії є математичне та програмне забезпечення, на основі яких реалізуються обчислювальні алгоритми реконструкції даних. При цьому потрібно підібрати оптимальний метод і алгоритм під певний клас задач томографії. Великий обсяг обчислень, який необхідний в тривимірній томографії, вимагає розробки швидких алгоритмів для аналізу об'єктів, що тестувались. В цьому плані перспективним є дослідження алгоритмів томографічної реконструкції з обмеженим числом проєкцій [2].

Для спрощення рішення даної задачі далі будемо говорити про томографію по трьом проєкціям. Алгоритм реконструкції по трьом

проекціям і є одним з швидких алгоритмів для аналізу об'єктів дослідження [3].

### **Постановка задачі**

Задача полягає в підвищенні точності алгоритму томографічної реконструкції по трьох проекціях і виборі оптимальних умов його використання.

Для того, щоб відтворити зображення необхідно визначити щільність в кожній точці площини сканування. Для визначення щільності об'єкта в точці з координатами  $(k, l, z)$  використовується наступна формула:

$$\frac{1}{g} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m \sum_{z=1}^p u(k, l, z) v(k, l, z) w(k, l, z) \quad (1)$$

Де  $u(k, l), v(k, m), w(l, m)$  – значення щільності в точці з координатами  $(k, l, z)$  для кожної проекції,  $D_z, D_y, D_x$  – середнє арифметичне значення щільності для кожної з проекцій,  $\overline{g}$  – середні значення по проекціях,  $\overline{g_{123}}$  – загальне середнє арифметичне значення.

Головні характеристики відновлення зображення, за якими буде проводитись дослідження – це просторова та щільнісна роздільна здатність, що забезпечує даний алгоритм. При цьому просторовою роздільною здатністю називають розмір найменшого об'єкта, який буде видимим на відновленому зображенні. Відповідно, щільнісна роздільна здатність – це характеристика, що визначає найменшу видиму різницю між щільністю об'єктів, що розташовані поруч на відновленому зображенні.

### **Методи і засоби, що використовувались для вирішення задачі**

Для вирішення цієї задачі було вибрано метод комп'ютерного моделювання алгоритму реконструкції. Для розробки програми моделювання роботи алгоритму були вибрані наступні інструменти:

1. Середовище розробки: Visual Studio 2008;
2. Мова програмування: C#;
3. Програма для перегляду відновленого зображення: VISU[2].

### **Моделювання алгоритму реконструкції**

За допомогою даних засобів було створено програмний продукт, що має весь необхідний та достатній функціонал для проведення дослідження алгоритму реконструкції по трьом проекціям.

Можливості програми:

1. Користувач має можливість створювати тривимірні об'єкти двох типів – еліпсоїди та паралелепіпеди.
2. Об'єкти можуть мати будь-який розмір та можуть бути розташовані в будь-якому місці простору. Простір може бути будь-якого розміру.
3. Користувач має можливість задавати щільність об'єкта, вона лежить в інтервалі від -10 до 10 умовних одиниць.

Загальна схема роботи програми дана на Рис. 1.

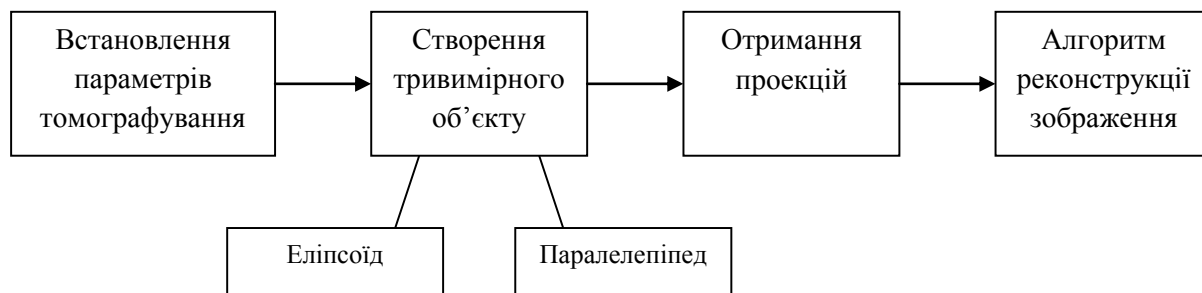


Рис. 1. Загальна схема роботи програми

### Дослідження результатів роботи алгоритму

Для того, щоб оцінити просторову та щільнісну роздільну здатність необхідно визначити величину похибки у відновленні місця розташування об'єкта та його щільності. Результати дослідження подані в Таблиці 1.

Таблиця 1

#### Результати дослідження алгоритму

Кількість об'єктів	Об'єкти не перетинаються	Об'єкти перетинаються
1	Похибка у відновленні щільності та положення фігури 1-2%	-
Від 1 до 3	Похибка у відновленні положення 1-2%, щільність перевищує вхідну у 2-2,5 рази.	Похибка у відновленні положення 1-2%, щільність в місцях перетину більша вхідної у 3-4 рази.
Від 3 до 10	Похибка у відновленні положення 2-3%, щільність перевищує вхідну у 3-4 разів.	Похибка у відновленні положення 2-3%, щільність в місцях перетину більша вхідної у 4-5 разів.
Від 10 до 20	Похибка у відновленні положення складає близько 5%, щільність перевищує вхідну у 4-5 разів.	Похибка у відновленні положення складає 5%, щільність може перевищувати вхідну у 5-6 разів.

Якщо відтворювати об'єкт, що має форму еліпсоїда, то на відновленому зображенні він перетворюється на паралелепіпед з округленими кутами. Щільність такого об'єкта також відрізняється від щільності відновленого паралелепіпеду – на краях щільність об'єкта мала, а в середині об'єкта щільність може бути більша в чотири, п'ять разів за вхідну щільність об'єкта.

У випадку одного об'єкта можна забезпечити точне відновлення як форми об'єкта, так і його щільності, ці параметри будуть ідентичні зразку. В цьому випадку формула відновлення буде виглядати так само, як формула (1), але деякі змінні будуть мати інші значення, а саме:

~~$\bar{g}_{123}$~~  - середні арифметичні значення по проєкціях ненульових елементів,  $\bar{g}_{123}$  - загальне середнє арифметичне значення ненульових елементів.

### **Оцінка просторової та щільнісної роздільної здатності алгоритму**

*Просторова роздільна здатність.* Розміри найменшого об'єкта, який можна розрізнити на відновленому зображенні дорівнюють 1% від розмірів зони відновлення. Об'єкти, що мають менший розмір, вже неможливо побачити.

*Щільнісна роздільна здатність.* Найменша різниця в щільності між двома сусідніми об'єктами, що може бути відновлена за допомогою даного алгоритму, дорівнює 0,6-0,7% .

Щільність об'єкта на відновленому зображенні може перевищувати в 5-6 разів щільність зразка. Це означає, що можна з високою точністю знаходити різницю між щільностями об'єктів, але не можна зробити висновок – якою саме була щільність зразка.

### **Висновки**

Алгоритм реконструкції малоракурсної томографії, що розглядався в роботі, має низку переваг та недоліків. Переваги алгоритму:

1. Висока швидкість роботи;
2. Точне відновлення форми тіла, що має форму паралелепіпеда;
3. Точне відновлення положення тіла у просторі.

Недоліки:

1. Неточність реконструкції форми тіл, що мають еліпсоїдну форму;
2. Проблеми відновлення зображення при перетині об'єктів;
3. Неточне відновлення щільності тіла.

На основі досліджень можна стверджувати, що даний алгоритм можна використовувати в промисловій томографії з об'єктами, розмір яких

близький до розмірів тіла людини, та похибка в відновленні щільності об'єкта повинна бути не більша за 60%.

### **Література**

1. *К.С.Терновой, М.В.Синьков, А.И.Закидальский и др.*. Введение в современную томографию // Наук. думка, 1983. С. – 232.
2. *Губарени Н.М.* Вычислительные методы и алгоритмы малоракурсной компьютерной томографии // Наук. думка, 1997. С. - 326.
3. *І.В. Сергієнко , О.М. Литвин, О.О. Литвин.* Спосіб відновлення внутрішньої структури тривимірного об'єкта. Опис до патенту на винахід // Патент України № 78569. – 2007. – бюл. № 4.