

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Реконструкція образу

Методичні вказівки
до домашньої контрольної роботи
з дисципліни «Системи відображення інформації»
для студентів радіотехнічного факультету

Рекомендовано вченою радою радіотехнічного факультету

Київ
НТУУ «КПІ»
2013

Реконструкція образу [Текст] : метод. вказівки до домашньої контрольної роботи з дисципліни «Системи відображення інформації» для студ. радіотехнічного ф-ту / Уклад.: О.І. Рибін, І.О. Сушко - К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 10 с.

Гриф надано вченою радою радіотехнічного факультету НТУУ "КПІ"
(Протокол № ____ від _____)

Рекомендовано навчально-методичною комісією радіотехнічного факультету
(Протокол № ____ від _____)

Навчальне видання

Реконструкція образу

Методичні вказівки

до домашньої контрольної роботи
з дисципліни «Системи відображення інформації»
для студентів радіотехнічного факультету

Укладачі

*Рибін Олександр Іванович, д.т.н., проф.
Сушко Ірина Олександрівна, асистент*

Відповідальний
редактор

Антипенко Руслан Володимирович, канд. техн. наук, проф.

Рецензент

Шпилька Олександр Олександрович, канд. техн. наук.

За редакцією укладачів

НТУУ «КПІ»
Радіотехнічний факультет
03056, Київ, вул. Політехнічна, 12, корп. 17
Тел./факс (044) 454-92-93

Домашня контрольна робота

з курсу Системи відображення інформації

Реконструкція образу. Метод прямої та зворотної проєкцій

Мета роботи

Ознайомитися з основними методами реконструкції образів в рентгенівській томографії.

Короткі теоретичні відомості

Теоретичними основами методів реконструкції образу в рентгенівській томографії є перетворення Радона, яке обґрунтовує взаємно-однозначну відповідність між картиною розподілення коефіцієнтів послаблення рентгенівського випромінювання і континуумом прямих проєкцій цього розподілення.

Застосування перетворення Радона в аналітичному вигляді, в загальному випадку, зустрічає настільки великі математичні складності, що на практиці ніколи не використовується.

На практиці використовують дискретні наближення цього перетворення (обмежена дискретна кількість прямих проєкцій, кожна з яких утворюється за значеннями на дискретній множині детекторів).

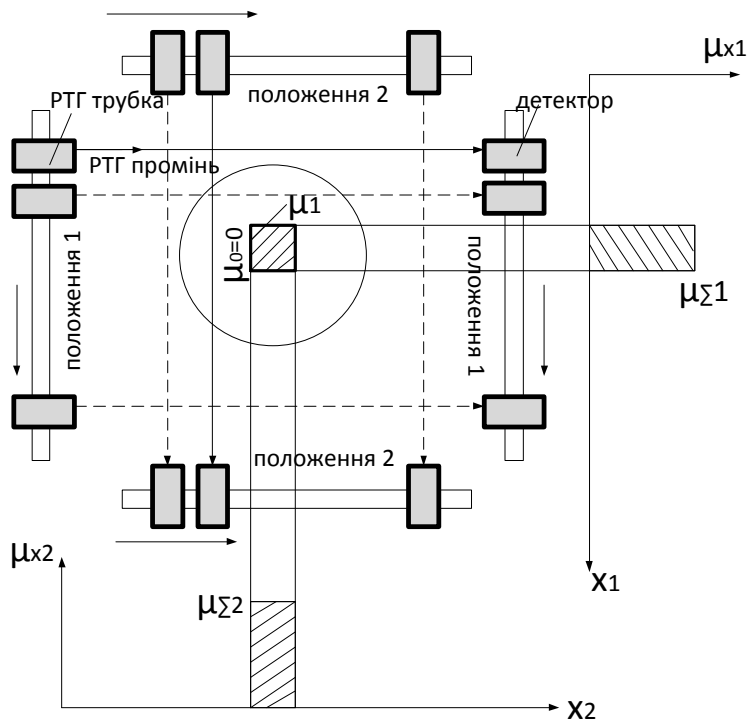
Ці практичні методи реконструкції образу утворюють групу з трьох методів:

1. метод прямої – зворотної проєкції;
2. метод прямої – фільтрованої зворотної проєкції;
3. метод реконструкції в області перетворення Фур'є.

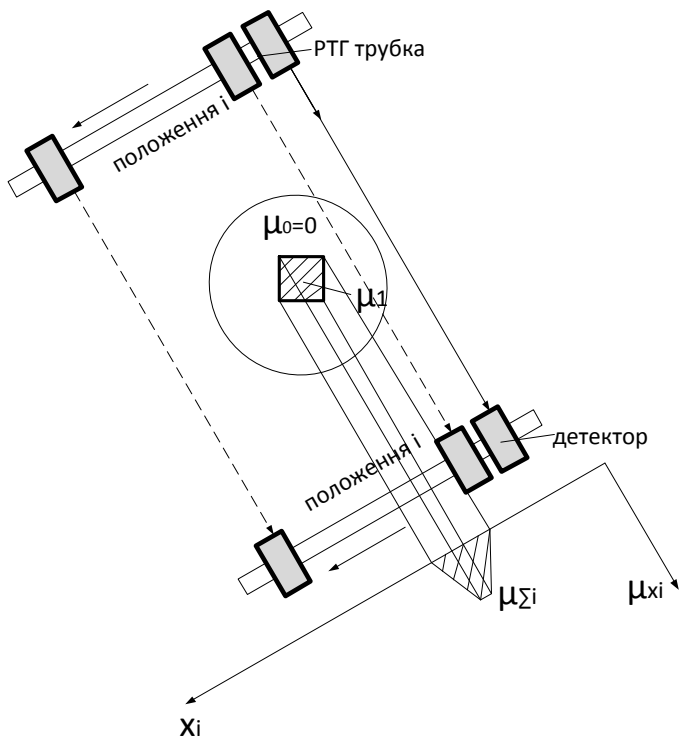
Метод прямої – зворотної проєкції

Пряма проєкція

Для пояснення суті методу розглянемо спочатку процедуру отримання прямої проєкції (рис.1).



положення системи 1 та положення 2



положення i

Рис. 1

Нехай нерівномірність томографічного розтину задана питомим послабленням інтенсивності РТГ променя μ_1 , віднесеним до одиниці площі, представляє собою квадрат (рис.1). Для простоти ілюстрації вважатимемо, що питоме послаблення $\mu_0 = 0$.

Тоді при покроковому русі системи РТГ трубка – детектор отримаємо пряму проекцію сумарного послаблення інтенсивності РТГ променя $\mu_{\Sigma 1}$. При оберті системи трубка – детектор на 90° аналогічним чином отримаємо проекцію $\mu_{\Sigma 2}$ на вісь x_2 , при оберті на певний кут $\Delta\varphi^0$ отримаємо проекцію $\mu_{\Sigma i}$. На практиці таких проекцій (при певному кроці $\Delta\varphi^0$ обертуту системи трубка – детектор) знімають декілька десятків, що забезпечує задовільну роздільну здатність реконструйованого образу.

Зворотна проекція

Для пояснення методу зворотної проекції розглянемо фантом рис.2.

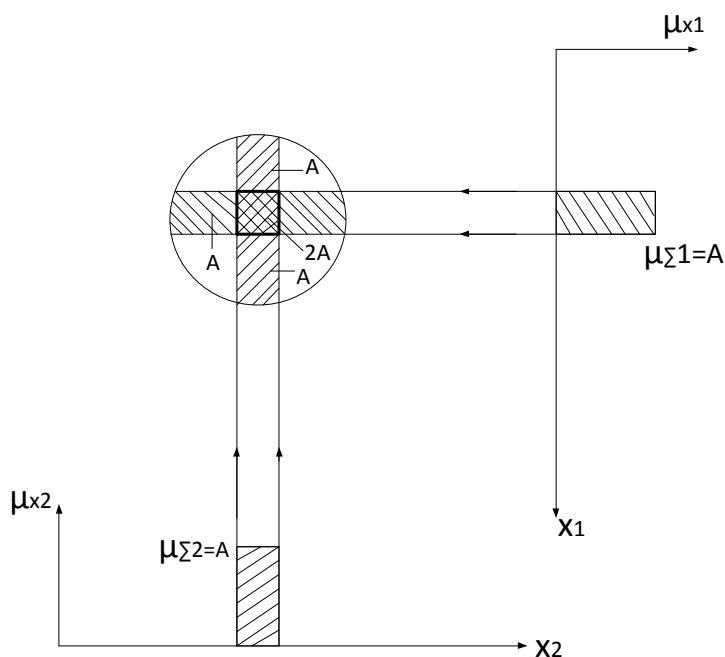


Рис.2

Для отримання реконструйованого образу потрібно на пустий фантом спроеціювати проекції, отримані методом прямої проекції. На рис.2 зображено дві проекції $\mu(x_1)$, $\mu(x_2)$, які було отримано на рис.1.

Ці проекції переносяться на пустий фантом. В місцях накладання різних проекцій значення $\mu_{\Sigma i}$ додаються. На рис.2 вже з двох проекцій отримаємо образ квадрата (рис.1) з сумарним коефіцієнтом послаблення $\mu = 2A$. При великій кількості зворотних проекцій контраст отриманого квадрата (відносно «хвостів» з коефіцієнтами A) збільшується.

Зіркоподібний артефакт

Метод прямої – зворотної проєкції зустрічає труднощі при отриманні реконструйованого образу, коли коефіцієнти послаблення для різних графоелементів шуканого образу дуже сильно розрізняються. Так, на рис.3 зображено два графоелементи. Квадрат, для якого на проєкціях μ_{Σ} дорівнює 2 та круг невеликого радіусу, але зі значенням μ_{Σ} на проєкції, що дорівнює 100.

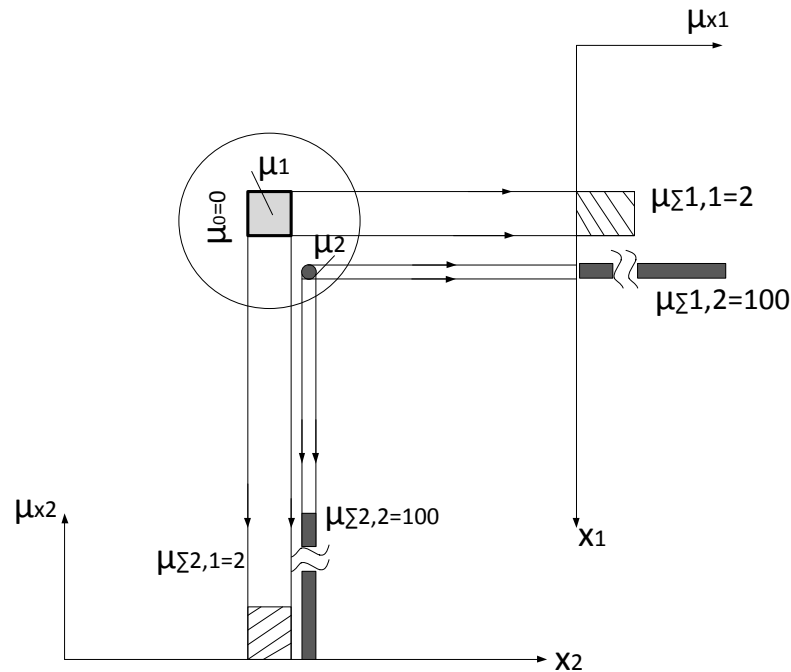


Рис.3

В цьому разі зворотна проєкція від двох проєкцій $\mu(x_1)$, $\mu(x_2)$ має вигляд рис.4.

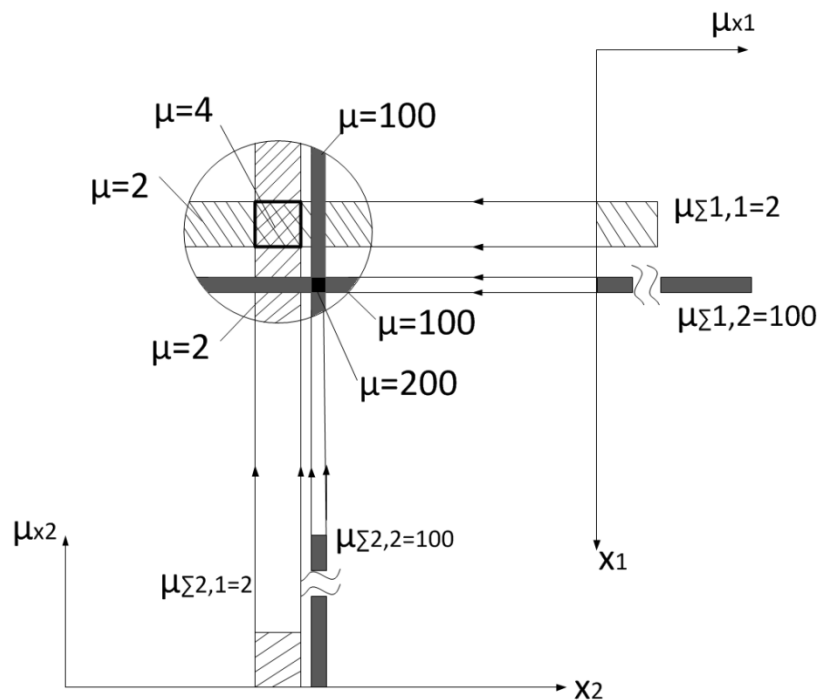


Рис.4

З рис.4 видно, що навіть при 50 зворотних проекціях «великий» квадрат буде мати коефіцієнт послаблення («рівень сірого»), що дорівнює 100, в той час як кожен «хвіст» для елемента μ_2 (при одній проекції) має таке саме значення.

Тобто, враховуючи обмежений динамічний діапазон зображення та нормування результатів накладання зворотних проекцій (при яких хвости з $\mu = 100$ не повинні бути помітними на реконструйованому образі) маленький графоелемент з рівнем «сірого» 100 на проекції при зворотній проекції «засвітлює» екран (фантом). На результуючому фантомі відобразиться тільки цей елемент, в той час як квадрата не буде видно. Це відповідає засліпленню ока, викликаному поглядом на сонце, коли око крім сонця нічого вже не бачить. Тому цей артефакт (перешкоду штучного походження, зумовлену обраним методом реконструкції і відображення) називають «зіркоподібним».

Відсторонення в образі зіркоподібного артефакту. RAMP фільтрація

Для боротьби з зіркоподібним артефактом використовують попередню фільтрацію кожної проекції фільтром, який має коефіцієнт передачі рис.5а (RAMP фільтр).

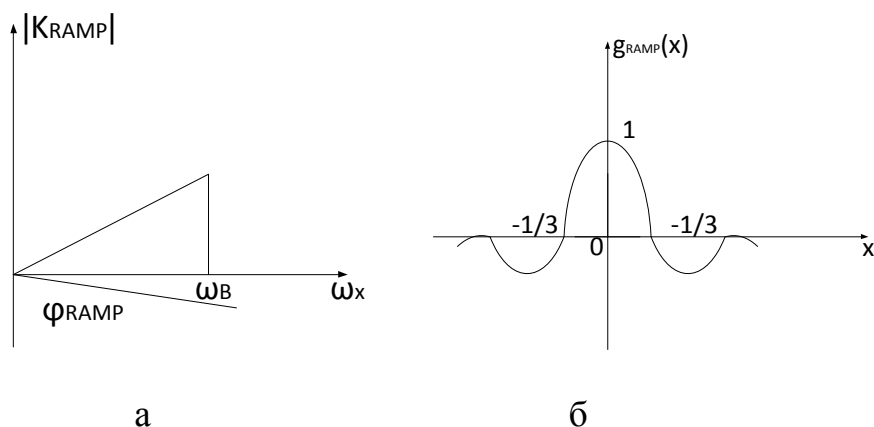


Рис.5

Імпульсна характеристика такого фільтру представлена на рис.5б.

Виходячи з визначення імпульсної характеристики, видно, що дуже велике значення μ на вході фільтра дасть 1 на його виході. Крім того, наявність від'ємних хвиль за першим елементом (рис.5б) частково компенсує «хвости» зворотної проекції для інших проекцій центрального сегмента.

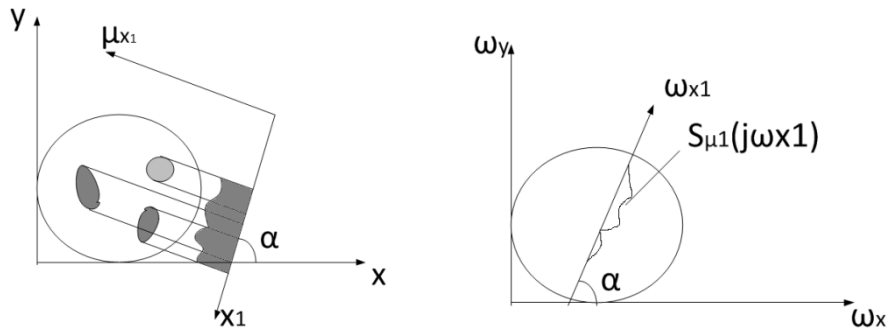
На практиці використовують наближення імпульсної характеристики у вигляді трьох дискретних відліків $[-1, 3, -1]$, що достатньо добре зменшує дуже високі викиди μ на проекції μ_x .

В сучасній РТГ томографії метод прямої – фільтрованої зворотної проекції є основним методом реконструкції зображень.

Метод реконструкції в області перетворення Фур'є

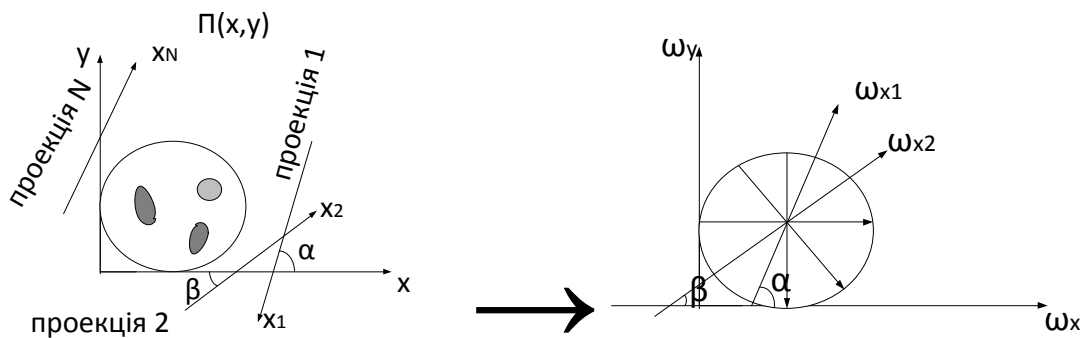
Для реконструкції в області перетворення Фур'є використовується зв'язок між двовимірним спектром картини розподілення μ в томографічному розтині і одновимірними спектрами проєкцій.

Так, якщо знайти перетворення Фур'є усіх проєкцій і розмістити їх під тими самими кутами до базової осі координат (на площині перетворення Фур'є), що й проєкції відносно базової осі в натуральних координатах, то отримаємо (з точністю до константи) двовимірне перетворення Фур'є томографічного розтину (рис.6).



$$F\{\mu_1(x_1)\} = S_{\mu_1}(j\omega_{x1})$$

а



б

в

$$F(P(x, y)) = S_{x,y}(j\omega_x, j\omega_y)$$

вздовж цих осей розташовані
комплексні спектри $S_{\mu_i}(j\omega_{x_i})$
проєкцій

Рис.6

Тобто розтин спектра фантому $S_{x,y}(j\omega_x, j\omega_y)$ вздовж осі ω_{x1} з точністю до константи k_0 співпадає зі спектром проєкції $S_{\mu_1}(j\omega_{x1})$.

Таким чином, зворотне перетворення Фур'є від фантома, утвореного одновимірними перетвореннями Фур'є від проєкцій (рис.6в) з точністю до константи співпадає з картиною розподілу $\mu(x, y)$ на рис.6а.

Цей метод також останнім часом (разом з методом прямої – фільтрованої зворотної проєкції) використовують в деяких сучасних томографах.

Виконання роботи

1. *Ознайомлення з методом прямої – зворотної проєкції, фільтрованої зворотної проєкції, реконструкцією з використанням перетворення Фур'є.*

На круглому фантомі задати неоднорідності за варіантом завдання (в спеціалізованому програмному забезпеченні – взяти у викладача).

Кількість проєкцій	Кут між проєкціями	Кількість детекторів
7	61	8;16;32;64;128
23	18	
60	7	

Виконати реконструкцію декількома методами – методом прямої – зворотної проєкції, фільтрованої зворотної проєкції, двовимірної реконструкції за Фур'є з різною кількістю проєкцій, різними значеннями кутів між ними та різною кількістю детекторів.

Метод фільтрованої зворотної проєкції провести з використанням RAMP-фільтра з імпульсною характеристикою $[-1; 3; -1]$ (номер нульового відліку $\equiv 2$).

Представити образи та реконструйовані всіма зазначеними методами зображення з різною кількістю детекторів, проєкцій та різними значеннями кутів між проєкціями. Порівняти отримані результати і зробити висновки, представлені у вигляді таблиці.

№ п.п.	К-ть проєкцій, кут між ними	К-ть детекторів	Висновки (локалізація неоднорідностей, чіткість контурів, виявлення форми, загальна якість реконстр. зобр.)			
			Пряма проєкція	зворотна	Фільтрована проєкція	Двовимірна Фур'є
1.	7; 61	8				
2.	7;61	16				
3.	7;61	32				

29.	60;7	64			
30.	60;7	128			

2. Оцінка впливу зіркоподібного артефакту.

Для оцінки впливу зіркоподібного артефакту задати на фантомі дві неоднорідності великого радіусу малої інтенсивності $U_{min} = 5$ та неоднорідність малого радіусу великої інтенсивності (у вигляді крапки) $U_{max} = 1000$.

Рівень «сірого» неоднорідностей	Кількість проєкцій	Кут між проєкціями	Кількість детекторів
U_{min}, U_{max}	60	7	16;32;64
U_{min}, U_{max}	30	12	16;32;64

Виконати реконструкцію методом прямої – зворотної проєкції та фільтрованої зворотної проєкції.

2.1. Метод фільтрованої зворотної проєкції провести з використанням RAMP-фільтра з імпульсною характеристикою [-1; 3;-1] (**номер нульового відліку =2**).

Відобразити, порівняти отримані результати для методу прямої – зворотної проєкції та методу фільтрованої зворотної проєкції для різної кількості проєкцій та кількості детекторів, зробити висновки.

Контрольні запитання до роботи

1. Поясніть процедуру отримання проєкції в РТГ томографії.
2. В чому полягає суть методу зворотної проєкції.
3. В чому полягає суть зіркоподібного артефакту.
4. Поясніть, яким чином RAMP фільтр (наведіть його коефіцієнт передачі та імпульсну характеристику) сприяє ліквідації зіркоподібного артефакту.
5. Поясніть, чому задачі РТГ томографії відносять до погано зумовлених математичних задач.
6. Поясніть, яким чином і на основі якої властивості виконують реконструкцію в області перетворення Фур'є.