

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

КОСИНСЬКИЙ ВАЛЕНТИН ІВАНОВИЧ

УДК 681.3.072

РОЗРОБКА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ ПРОГРАМНИХ
ЗАСОБІВ КОРЕКЦІЇ ВПЛИВУ ЕФЕКТА ПОЛІХРОМАТИЧНОСТІ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ У ЛІНІЙНІЙ
ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ ТОМОГРАФІЇ

05.13.13 - Обчислювальні машини, системи та мережи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1997



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті проблем реєстрації інформації НАН України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Сіньков Михайло Вікторович,
ІПРІ НАН України, завідуючий відділом

Офіційні опоненти : доктор технічних наук, професор
Тарасенко Володимир Петрович,
НТУ “КПІ”, завідуючий кафедрою;

кандидат технічних наук
Скорик Віктор Миколайович,
ІЗЕ НАН України, старший науковий співробітник

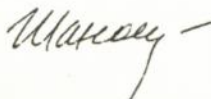
Провідна установа – Державний університет “Львівська політехніка”,
м. Львів

Захист відбудеться “2” 04 1998 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д26.186.01, Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, 252113, м. Київ-113, вул. Шпака, 2

3 дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Інститута проблем реєстрації інформації НАН України, м. Київ, вул. Шпака, 2

Автореферат розісланий “12” 02 1998 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

 Шанойло С.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Метою дисертаційної роботи є покращення якості і прискорення процесу реконструкції томографічного зображення внутрішньої структури досліджуємого об'єкта шляхом обчислювальній обробки проєкційних даних, яка виключає їх поліхроматичний вплив.

Для досягнення поставленої мети вимагалось розв'язати наступні задачі:

- виконати аналіз вимог, які застосовуються до сучасних алгоритмічних та апаратних засобів при реконструкції томографічного зображення;
- дослідити існуючі та запропонувати нові методи зниження поліхроматичних артефактів;
- розробити структури обчислювальних алгоритмів поліхроматичної реконструкції томографічного зображення;
- розробити методи підвищення продуктивності тракту обчислювання при розв'язанні томографічної задачі.

Автор захищає наступні основні положення і результати дисертації:

- обчислювальні засоби організації побудови поліхроматичних моделей процесу томографічної реконструкції;
- методичні рішення, які враховують спектральний характер томографічних проєкційних даних;
- рекомендації з вибору областей застосування обчислювальних методів поліхроматичної корекції;
- ефективні обчислювальні методи і алгоритми корекції енергетичних спектральних спотворень;
- ефективні алгоритми реконструкції з врахуванням ефекта поліхроматичності за методом зворотнього проєкціювання з фільтрацією згорткою;
- методи покращення часових характеристик обчислювального процесу розв'язання задач поліхроматичної корекції і реконструкції з врахуванням спектрального фактору;

Актуальність теми. Обчислювальна підсистема корекції впливу ефекта поліхроматичності є важливим засобом досягнення більш високих показників якості томографічних даних.

Комп'ютерний томограф є науковосмким, високоінформаційним засобом дослідження в науці та медицині, прецизійним інструментом неруйнівного контролю в промисловості. Особливістю комп'ютерної томографії є те, що інформаційна повнота даних у значній мірі залежить від ефективності математичної обчислювальної процедури. Тому розвиток комп'ютерної томографії йде за шляхом вдосконалення застосовуємого математичного і алгоритмічного забезпечення.

Формування зображення томографічного перетину за поліхроматичними проекційними даними з застосуванням стандартних процедур монохроматичної реконструкції веде до виникнення поліхроматичних артефактів і спектральних спотворень в зображенні структури як біологічних об'єктів, так і об'єктів промислового призначення. Характер їх прояву достатньо різноманітний. При цьому спектральні спотворення при візуалізації мають той же вигляд що і спотворення, які з'являються з інших причин. Тому розрізнити їх на томографічному зображенні неможливо.

Наявність спектральних спотворень і артефактів в значній мірі знижує точність встановлення діагнозу в медицині і вірогідність неруйнівного контролю в промисловості. В силу цього проблема виникнення спектральних артефактів в томографічному зображенні при поліхроматичній реконструкції має як наукове, так і прикладне значення. Тому робота з дослідження прояву ефекта поліхроматичності і вивчення можливостей розробки обчислювальних алгоритмів поліхроматичної корекції при томографічній реконструкції з врахуванням спектрального характеру проекційних даних є досить актуальною.

Методи дослідження. Для розв'язку поставлених задач застосовувалися методи моделювання, аналізу і синтезу систем обчислювальної техніки, наближеного і чисельного розв'язання рівнянь, інтегральних перетворень з застосуванням алгоритмічних процедур реалізуємих на ЕОМ.

Наукоза новизна роботи визначається тим, що в ній запропоновані модифіковані обчислювальні методи розв'язання задачі томографічної реконструкції з врахуванням поліхроматичного фактора, а також алгоритмічні і програмні засоби їх реалізації.

Конкретні наукові результати складаються з наступного:

- виконано аналіз численних причин, які впливають на якість томографічного зображення, з них відокремлено вплив поліхроматичних артефактів як однієї складної наукової та практичної задачі;
- досліджено обчислювальні методи, які дозволяють ввести додаткові процедури спектральної корекції у процес реконструкції томографічного зображення, що забезпечує покращення його якості;
- розроблено новий метод поліхроматичної корекції, який враховує обрисні особливості досліджуємого об'єкта;
- розроблені структури алгоритмів нової поліхроматичної корекції, яка заснована на обрисній моделі об'єкта;
- розроблено структуру нового алгоритма поліхроматичної корекції, яка заснована на ефективному врахуванні особливостей двокомпонентної моделі об'єкта;
- розроблено алгоритм нової поліхроматичної корекції, яка заснована на врахуванні особливостей багатоконпонентної моделі об'єкта;
- розроблені алгоритми нової корекції впливу ефекта поліхроматичності при неповному відновленні;
- розроблені нові методи підвищення продуктивності обчислювального тракту при розв'язанні томографічної задачі;
- розроблено обчислювальну підсистему програмних засобів поліхроматичної корекції, що реалізує обчислювальні процеси в операційних середовищах MS DOS™, MS Windows 95/NT™ на ПК сумісних з IBM PC™, отримані часові характеристики;
- програмні засоби побудовані з застосуванням мови програмування C++ до компілятора Visual C++ 4.2, вони можуть бути модернізовані до будь-яких

програмних платформ, зручних споживачу.

Практична цінність роботи. Розроблена обчислювальна підсистема програмних засобів корекції забезпечує моделювання інформаційної частини комп'ютерної томографічної системи. Запропоновані обчислювальні методи і алгоритми корекції з врахуванням поліхроматичного фактору дозволяють знизити ступінь прояву поліхроматичних артефактів і спотворень, будувати томографічні системи з більш високими щільностними та просторовими розподільними здатностями. Це забезпечує кращі показники якості томографічного медичного обстеження і вірогідність неруйнівного контролю.

Новизна технічних розв'язків підтверджується результатами їх практичного застосування, що відображено у публікаціях, звітах з НДР, заявці на патент України та двох авторських свідоцтвах СРСР.

Реалізація результатів роботи. Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використовувалися при розробці математичного забезпечення томографічних систем медичного і промислового призначення (теми "Томограф", 1990-1993 р.; "Томограф-2", 1994-1997 р.), які проводилися у відділі спеціалізованих засобів моделювання ІПРІ НАН України начолі з професором Сіньковим М.В., спільно з СДБ "Ритм" холдінгової компанії "Реле і автоматики" м. Київ (дог. № 187, 1993-1995 р.), РПЗ "Орізон" м. Сміла (дог. № 190, 237, 1993-1997 р.), ЛНДРТІ м. Львів (дог. № 194, 1992-1995 р.), НВО "Радон" м. Івано-Франківськ (дог. № 327, 1994 р.) і виконаних в інтересах Мінмашпрому і Національного космічного агентства України (дог. № 336, 1994 р.), ІЯЕ АН Білорусії і російського наукового центру Челябінск-70 (дог. № 58, 1991-1993 р.).

Апробація роботи. Основні наукові результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на річних семінарах ІТМЕ НАН України, ІПРІ НАН України, семінарі «Моделювання-85. Теорія, засоби, застосування» Інституту проблем моделювання в енергетиці АН України, Київ, 1985; V Всесоюзному школі-семінарі «Разпаралелювання обробки інформації» Львів, 1985; III Всесоюзному симпозиумі з обчислювальної томографії, Київ, 1987;

конференції «Фізичні засоби та прилади неруйнівного контролю з технічної і медичної діагностики», Севастополь, 1993; семінарі «Автоматизація методів неруйнівного контролю якості», Славське, Львівська обл., 1994; міжнародній конференції «Комп'ютерні технології у промисловості», Піщане, Крим, 1994, міжнародній конференції «Композиційні матеріали, технології та виробництво», Бахчисарай, Крим, 1994.

Публікації. Основні результати роботи опубліковані у 24 друкованих роботах, у тому числі в двох авторських свідоцтвах СРСР, в заявці на патент України і включені до звітів з НДР ІПРІ НАН України.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох глав, висновків, списку літератури (113 найменувань) і трьох додатків. Основний зміст роботи викладено на 143 сторінках друкованого тексту, робота вміщує 44 мал., 6 табл.

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета роботи, задачі досліджень і основні положення, які виносяться до захисту.

В першій главі зроблено аналіз стану розробок обчислювальних методів та засобів у комп'ютерній томографії, виявлені залежності впливу різних факторів на якість томографічного зображення, визначені роль та місце фактора поліхроматичності.

Друга глава присвячена дослідженню методів поліхроматичної корекції і впливу фактора поліхроматичності на просторову та щільностну розподільні здатності.

В третій главі запропоновані структури алгоритмів і програмних засобів поліхроматичної корекції.

В четвертій главі зображені структура програмного комплексу з відпрацювання методів поліхроматичної реконструкції, результати експериментів та порівняльний аналіз методів корекції.

В висновках сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведені приклади енергетичних спектрів реальних томографічних систем, міри відмінності моделей томографічних об'єктів, види

фільтруючих ядер Хемінга.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Значний розвиток обчислювальної техніки зробило доступним для інженерної практики застосування чисельних методів при розв'язанні прикладних задач. А використання проникаючих променів у сполученні з математичною обробкою даних на ЕОМ створило обчислювальну томографію.

Обчислювальна томографія дає можливість отримати зображення внутрішньої структури об'єкту з диференціюванням елементів за щільністю. У медицині інформація про стан внутрішніх органів пацієнта, яка отримана томографічними засобами, дозволяє виявляти патології на ранніх етапах та підвищує вірогідність діагнозу. У промисловості, під час оцінки технічного стану деталей та механізмів, томографічні системи вигідно відрізняються від інших засобів контролю своєю інформативністю.

Помітний внесок в теорію і практику утворення комп'ютерних томографічних систем внесли вітчизняні вчені Тихонов О.М., Тетельбаум С.І., Сіньков М.В., Ключев В.В., Вайнберг Е.І. та ін.

Задачею обчислювальної томографії є визначення внутрішньої структури досліджуемого об'єкта і уявлення його у вигляді зображення тонкого зрізу на площині, або у вигляді об'ємного зображення у просторі. Проекційними даними є вимірювальні інтенсивності проникаючого випромінювання з різних напрямів навколо об'єкту. Шляхом математичної обробки на ЕОМ формується двовимірне на площині, або трьохвимірне у об'ємі, функція розподілення деякого фізичного параметра. Вона характеризує внутрішню структуру досліджуемого об'єкта.

Математичне відображення функції, яка задана у n -вимірному евклідовому просторі, у множину її лінійних інтегралів в $(n-1)$ -вимірному просторі є перетворенням Радона. При цьому евклідовий простір є кінцевомірним. Навпаки, численне знаходження функції розподілення фізичного параметра в

n -вимірному просторі за лінійними інтегралами є зворотнє перетворення Радону. Математичною задачею обчислювальної томографії є реалізація прямого і зворотнього перетворень Радону.

Розглянемо математичну модель процесу отримання томографічного зображення. Джерело формує тонкий пучок рентгенівських променів, які пронизують досліджуєми об'єкт і попадають на систему детекторів випромінювання, які розташовані з протилежного боку об'єкту. Початковий рентгенівський потік має інтенсивність I_0 . Внаслідок взаємодії проникаючого випромінювання з речовиною спостерегається зменшення інтенсивності випромінювання. Параметром, який описує цю взаємодію, є коефіцієнт лінійного поглинання рентгенівського випромінювання в речовині μ . Хай кожна точка досліджуємого об'єкту має лінійний коефіцієнт поглинання $\mu(x, y, E_0)$, величина якого залежить від енергії фотонів E_0 . Властивості середовища μ та інтенсивність рентгенівського випромінювання на вході I_0 і виході I з досліджуємого об'єкту пов'язані співвідношенням:

$$I(v, E_0) = I_0(E_0) \cdot \exp\left(-\int_U \mu(v, E_0) dv\right) \quad (1)$$

де v - координата шляху променя в об'єкті на вибраному напрямку U (куті θ).

Цей криволінійний інтеграл є відображенням функції структури досліджуємого об'єкту $\mu(x, y)$ в функцію $Pr(v, \theta)$, яку отримують шляхом інтегрування у напрямку, співпадаючим з декартовою віссю координат U , обернутою відносно віссі Y на кут θ і яка знаходиться на відстані v . Величина Pr є променевою проекцією функції $\mu(x, y)$ у напрямку U :

$$Pr(v, E_0) = \ln [I_0(E_0) / I(v, E_0)] \quad (2)$$

Для того, щоб за проєкціями $Pr(v, \theta)$ отримати зображення структури досліджуємого об'єкта, інакше реконструювати або відновити функцію $\mu(x, y)$, необхідно застосувати зворотнє перетворення:

$$\mu(x, y) = -\frac{1}{2\pi^2} \int_0^\pi \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cos(\theta - \arctg(y/x)) \cdot v \cdot \frac{\partial Pr(v, \theta)}{\partial v} dv d\theta \quad (3)$$

Таким чином, реконструкція зображення зводиться до обрахування в кожній точці його подвійного інтегралу. Для точного відновлення функції $\mu(x,y)$ необхідно мати нескінченну кількість ліній інтегрування. Практично ж значення інтегралів можуть бути обраховані тільки для скінченної кількості прямих, які до того ж можуть і не проходити через кожну точку $\mu(x,y)$, яка реконструюється. Крім цього, для обробки на ЕОМ, значення проєкційних інтегралів повинні бути зображені у дискретному вигляді.

Процедура дискретизації виконується на основі теореми відліків Котельнікова-Шенона. Якщо функція структури $\mu(x,y)$ має обмежену ширину просторового спектру s і якщо розмір найменшого елемента структури зображення $d \leq \pi/s$, то $\mu(x,y)$ можна однозначно визначити за її відліками $\mu(kd, qd)$, де k, q належать набору n цілих чисел Z , $k, q \in Z^n$ у вигляді:

$$\mu(x, y) = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{q=0}^{Q-1} \mu(kd, qd) \cdot \sin c \frac{\pi}{d}(x - kd) \cdot \sin c \frac{\pi}{d}(y - qd) \quad (4)$$

При виконанні умови Найквіста $d \leq \pi/s$ відновлення функції $\mu(x,y)$ буде стійким. Стосовно до томографії ця умова може бути сформульована таким чином: крок виборки функції структури $\mu(x,y)$ не повинен перевищувати половини розміра найменшої складової частини структури.

Другою математичною проблемою реалізації зворотнього перетворення є проблема некоректності розв'язку. Для того, щоб точно відновити функцію структури $\mu(x,y)$, навіть в точках відліків за Котельніковим-Шеноном, потрібно щоб ця задача задовольняла умовам коректності за Адамаром. Проте це майже ніколи не виконується. Тому некоректну томографічну задачу регуляризують. Регуляризацийні методи розв'язання некоректних задач базуються на використанні апіорної інформації про розв'язок. У вихідні некоректні умови вводяться деякі параметри регуляризації. Вони дозволяють знайти розв'язок в деякому наближенні, яке задовольняє практичним томографічним застосуванням.

Серед факторів, які впливають на якість томографічного зображення,

важливе місце займає енергетичний спектральний характер проникаючого випромінювання. Математичний апарат обчислювальної томографії розроблено у припущенні, що проєкції вимірюються на монохроматичній енергії E_0 . Проте реальні джерела рентгенівського випромінювання, генерують фотони протяжного енергетичного спектру $S(E)$:

$$S_0(E) = I_0(E) / \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} I_0(E) dE \quad (5)$$

де $I_0, I_{0,2}, E, E_{\min}, E_{\max}$ – відповідно інтенсивності випромінювання перед об'єктом і на виході детектора, текуча, мінімальна та максимальна енергії спектру.

Величина проєкції у декартових координатах дорівнює:

$$Pr(\theta, v, E) = -\ln\left(\int_{E_{\min}}^{E_{\max}} S(E) \exp\left(-\int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \mu(x, y, E) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - v) dx dy\right) dE\right) \quad (6)$$

Проєкція $Pr(E)$ є поліхроматичною, тому що вона вимірюється для енергій у діапазоні від E_{\min} до E_{\max} . Процедура реконструкції розроблена для монохроматичної проєкції $Pr(E_0)$, проте реально використовуються поліхроматичні проєкції $Pr(E)$. Це привело до формування томографічних зображень із спектральними спотвореннями і артефактами, які можуть значно впливати на якість томограми, тобто на точність оцінки результату.

З метою зменшення ступеню прояву поліхроматичних артефактів були запропоновані різні методи корекції, які умовно можуть бути розподілені на дві групи. Це методи обробки проєкційних даних до реконструкції зображення та методи корекції проєкційних даних у процесі реконструкції.

Перші відрізняються простотою реалізації та майже не збільшують час реконструкції. Монохроматична проєкція має лінійну залежність від товщини шару речовини. Поліхроматична є суттєво нелінійною. Перехід від однієї проєкції до другої є поліхроматичною корекцією. Проте це вірно тільки для гомогенної речовини. Для гетерогенних матеріалів потрібно диференціювати проєкцію на дві або більше частин, що можливо тільки за умови першої реконструкції.

Методи другої групи дозволяють отримати більш високоякісне

зображення, але вимагають значних витрат часу. Це обумовлено тим, що процедура поліхроматичної реконструкції містить декілько послідовних ітераційних циклів. Кожен з них складається з реконструкції, алгоритмічного проєкціювання, корекції та нової реконструкції. Зрозуміло, що час отримання зображення значно зростає.

Ефективність процедур поліхроматичної корекції в значній мірі залежить від можливості реалізації заміни ітераційної обробки томографічного зображення на обробку поліхроматичних проєкційних даних. Цю можливість у різній ступені надають запропоновані в дисертаційній роботі нові обчислювальні методи, які ґрунтуються на обрисній моделі структури об'єкта томографування. Зображення обрисів зон щільності формується на прямокутній матриці зображення x, y . Реалізується матриця у пам'яті комп'ютера. Якщо відомі обриси зон різної щільності, то для них можуть бути застосовані різні параметри обчислення нелінійної корекції. Особливість реалізації складається з необхідності розробки методів формування зовнішнього і внутрішніх обрисів. Такі нові методи запропоновані в дисертаційній роботі для деяких томографічних систем медичного і промислового призначень.

Для формування зовнішнього обриса запропоновано метод дотичних променів. Для частини проєкції, яка перевищує деяке змінне порогове значення, мають бути застосовані інші параметри корекції, ніж параметри корекції для порога. З рис. 1 видно, що визначивши шляхом порогового порівняння

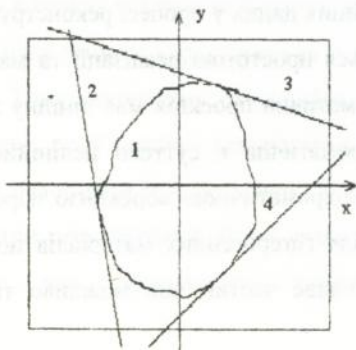


Рис. 1

дотичні до об'єкта і промені 2,3,4, можна знайти зовнішній обрис зони щільності. Обрис формується при скануванні і тому немає потреби у ітераційних процесах попередньої реконструкції.

Для виробів, які складаються з трьох або більше різних компонент, при визначенні внутрішніх обрисів недоречно застосовувати метод дотичних променів. Автором спільно з д.т.н. Сінковим М.В запропоновано метод неповної реконструкції та метод визначення внутрішніх зон щільності на основі процедури локальної томографії.

Перший метод засновано на скороченні розміру матриці реконструкції в 2^{2n} разів, що зумовлює пропорційне скорочення терміну реконструкції. Таким чином реконструюються тільки кожна четверта, восьма і т.д. комірки. Це надає можливість скоротити час відновлення обрису.

Другий метод використовує властивість процедури локальної томографії з реконструкції за методом зворотнього проєкціювання з фільтрацією подвійним диференціюванням, яка запропонована д.т.н. Вайнбергом Е.І.. Вона дозволяє отримати повну реконструкцію однієї точки без внесків всіх інших точок для деякої функції, яка має ті ж межі, що і коефіцієнт загасання μ . Тобто, розробивши алгоритми пошуку межі, з'являється можливість реконструювати тільки обриси зон щільностей, що також значно скорочує час формування параметрів поліхроматичної корекції.

Автором спільно з д.т.н. Сінковим М.В запропоновано метод діагонального пошуку межі. Він ґрунтується на тому, що напрям пошуку межі можна виконувати за осями симетрії, починаючи реконструкцію від краю матриці, або за напрямком вісей x, y , або за діагоналями матриці. В будь-якому випадку число комірок, які реконструюються, однаково. В комп'ютерній томографії, як правило, при реконструкції застосовуються не всі елементи квадратної матриці, а тільки ті, які обмежені вписаним в цю матрицю колом. За таких умов перевага у напрямку пошуку може бути віддана діагональному

методу, тому що у цьому випадку кількість комірок для пошука за діагоналлю у $\sqrt{2}$ менше.

При реалізації поліхроматичної корекції багато разів використовуються однакові процедури обчислення декартових координат адрес комірок матриці реконструкції і полярних координат проєкціюючих променів. Це відноситься до процедур зворотнього проєкціювання при відновленні μ і алгоритмічного проєкціювання при обчисленні проєкції P_r . Враховуючи властивості симетрії прямокутної матриці і скануючої системи, є можливість частково реалізувати обчислення постійних коефіцієнтів заздалегідь. Ці константи записуються в постійній пам'яті комп'ютера. Одночасно зі скануванням вони заносяться до оперативної пам'яті комп'ютера і використовуються при обрахуванні координат. Такий підхід дозволяє скоротити терміни корекції і реконструкції.

Томографічна реконструкція за монохроматичними і поліхроматичними проєкційними даними має багато спільних обчислювальних процедур. При розробці обчислювальної підсистеми поліхроматичної корекції широко застосовується модульний принцип побудови програмних засобів. Він забезпечує використання тих самих програмних модулів-об'єктів для визначення адрес комірок, як під час реконструкції, так і під час корекції. Це забезпечує значне скорочення виконавчого коду програмного забезпечення томографа.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Виконано дослідження методів, алгоритмічних і програмних розв'язків з реконструкції зображення, виявлені особливості реконструкції при чисельних методах розв'язання томографічної задачі, на математичних моделях вивчені впливи різних факторів на якість томографічного зображення.

2. Запропоновано підходи до побудови поліхроматичних моделей об'єктів томографування.

3. Запропоновані засоби організації основних томографічних процедур процесу реконструкції з врахуванням поліхроматичного фактора.
4. Запропоновані нові методи поліхроматичної реконструкції, засновані на аналізі проєкційних даних.
5. Запропоновано новий метод дотичних променів для формування моделі зовнішнього обриса об'єкта томографування.
6. Запропоновані нові методи формування обрисів зон щільності при неповному відновленні.
7. Запропоновано новий метод формування обрисів зон щільності на основі метода локальної томографії.
8. Розроблені рекомендації з вибору областей застосування спектральних коректуючих процедур.
9. На основі запропонованих методів реконструкції з врахуванням ефекта поліхроматичності розроблені ефективні обчислювальні процедури.
10. Розроблено програмний комплекс для моделювання процедур реконструкції при розробці томографічних систем.
11. Запропоновані методи покращення часових характеристик обчислювального процесу розв'язання задачі реконструкції з врахуванням спектрального фактора.

Основні результати дисертації опубліковані в роботах:

1. Я.А.Калиновский, В.И.Косинский. Алгоритмические методы устранения полихроматичности // Введение в современную томографию. Терновой К.С., Синьков М.В., Закидальский А.И. и др. : Под общ. ред. Тернового К.С., Синькова М.В. –Киев: Наук. думка, 1983, 232. - С. 53-56. - автором запропоновано нелінійну корекцію проєкційних даних.
2. M.V.Sinkov, A.I.Zakidalsky, J.A.Kalinovsky, V.I.Kosinsky, T.V.Sinkova, A.F.Janik and N.V.Roenko. Application of parallel operations for image reconstruction in computerized tomography // SPIE International Conference on Optical Storage, Imaging and Transmission of Information. 14-16 May 1996,

Kiev, Ukraine, Vol.3055, pp. 315-318. - автором запропоновано алгоритм взаємодії з ПЗП.

3. Синьков М.В., Гершунский О.Б., Калиновский Я.А., Косинский В.И., Ковалевская И.Л. Таблично - алгоритмический метод реконструкции изображения // Электронное моделирование. – 1988. - т.10. - №2. - С. 74-78. - автором запропоновані умови симетрії.
4. Синьков М.В., Калиновский Я.А., Косинский В.И., Гершунский О.Б., Бородкина И.Л. Моделирование полихроматических искажений и методов их коррекции в рентгеновской вычислительной томографии // Электронное моделирование. – 1989. - №2. - С. 90-94. - автором запропоновано формулу обчислення нелінійної корекції.
5. Бородкина И.Л., Калиновский Я.А., Косинский В.И., Пустовойтова А.А. Методы улучшения качества регистрации полихроматической томографической информации // Проблемы регистрации информации: Вопросы создания систем хранения и обработки компьютерной информации. Сб. науч. тр. /АН УССР. Инс-т пробл. регистрации информ. Редкол.: Петров В.В. (отв.ред.) и др. – К: Наук. думка. - 1991. – С. 139-143. - автором запропоновано метод обчислення поліхроматичного спектру.
6. Калиновский Я.А., Косинский В.И., Гершунский О.Б. Таблично-алгоритмический метод реконструкции изображения // Проблемы вычислительной томографии: Сб. науч. тр./ Ред. кол.: Яник А.Ф. (отв. ред.) и др. –Киев: Наук. думка. – 1986. - С. 16-19. - автором запропоновано застосування зваженого накладення.
7. Калиновский Я.А., Косинский В.И., Гершунский О.Б., Ковалевская И.Л. Моделирование на ЭВМ послевосстановительного метода коррекции полихроматических искажений в вычислительной томографии // Проблемы вычислительной томографии: Сб. науч. тр./ Ред. кол.: Яник А.Ф. (отв. ред.) и др. –Киев: Наук. думка. – 1986. - С. 26-30. - автором розроблено обчислювальні математичні моделі м'якої та твердої компонент.

8. Заявка на патент України. № 93090922. МКВ⁵ А61В6/03//G01N23/06. Пристрій для одержання томографічних зображень // Сіньков М.В., Каліновський Я.О., Косинський В.І. № 133503581/2/818, пріоритет 27.05.93. - автором розроблено структуру томографічного пристроя.
9. А.с. 1299463 СССР, МКИ⁴ Н 03 М 1/66//G 05 D 3/12. Преобразователь кода в угол поворота вала /В.И.Косинский, Г.Е.Юрченко (СССР). -№ 3839191/24-24; Заявлено 04.01.85. - 4 с. - автором розроблено структуру пристроя на основі ПЦАП.
10. А.с. 1439740 СССР, МКИ⁴ Н 03 М 1/66. Преобразователь кода в угол поворота вала /В.И.Косинский, Г.Е.Юрченко (СССР). -№ 4229976/24-24; Заявлено 13.04.87; Опублик. 23.11.88, Бюл. № 43. - 4 с. автором розроблено структуру пристроя на основі октантного кодування.

Косинський В.І. Розробка обчислювальної підсистеми програмних засобів корекції впливу ефекта поліхроматичності при реконструкції зображення в лінійній обчислювальній томографії. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.13 – Обчислювальні машини, системи та мережі.- Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, Київ, 1997.

Дисертацію присвячено питанням розробки систем томографічної реконструкції з врахуванням спектрального фактора. В роботі дається розвиток напрямку аналізу і модифікації процедур алгоритмічної корекції поліхроматичних артефактів. Встановлено, що значний ефект досягається при переході від обробки зображення до обробки проєкцій. Запропоновані обрисна та багатообрисна моделі об'єктів, на їх основі розроблені коректуючі методи і алгоритми. Їх ефективність обґрунтована теоретично і підтверджена практично. Основні результати роботи знайшли застосування в розробках медичних і промислових комп'ютерних томографів.

Ключові слова: обчислювальна томографія, реконструкція зображення, спектральні артефакти, поліхроматична корекція, обрисна модель.

Косинский В.И. Разработка вычислительной подсистемы программных средств коррекции влияния эффекта полихроматичности при реконструкции изображения в линейной вычислительной томографии. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.13 – Вычислительные машины, системы и сети. - Институт проблем регистрации информации НАН Украины, Киев, 1997.

Диссертация посвящена вопросам разработки систем томографической реконструкции с учетом спектрального фактора. В работе развивается направление анализа и модификации процедур алгоритмической коррекции полихроматических артефактов. Установлено, что значительный эффект достигается при переходе от обработки изображения к обработке проекций. Предложены контурная и многоконтурная модели объектов, на их основе разработаны корректирующие методы и алгоритмы. Их эффективность обоснована теоретически и подтверждена практически. Основные результаты работы нашли применение при разработках медицинских и промышленных компьютерных томографов.

Ключевые слова: вычислительная томография, реконструкция изображения, спектральные артефакты, полихроматическая коррекция, контурная модель.

Valentin I. Kosinsky. Development of computer subsystem software of polychromatic correction for image reconstruction in linear computed tomography. - Manuscript.

Thesis for a scientific degree of the candidate of technical sciences by speciality 05.13.13 - Computers, system engineering and nets. - Institute of Information Recording Problems, NAS of Ukraine, Kyiv, 1997.

The dissertation is devoted to design tomography systems with consideration of spectral factor in image reconstruction. Direction of polychromatic correction is analyzed and modified in this thesis. It is discovered that significant effect is achieved at transition from processing image to processing projection. Contoured and multicontoured object model are offered, correction methods and algorithms are developed on contoured model basis. Their efficiency is motivated theoretically and confirmed practically. The basic results have found application for design medical and industrial computerized tomography.

Key words: computed tomography, images reconstruction, spectral artifacts, polychromatic correction, contoured model.



Косинський В.І.

AB 39.456