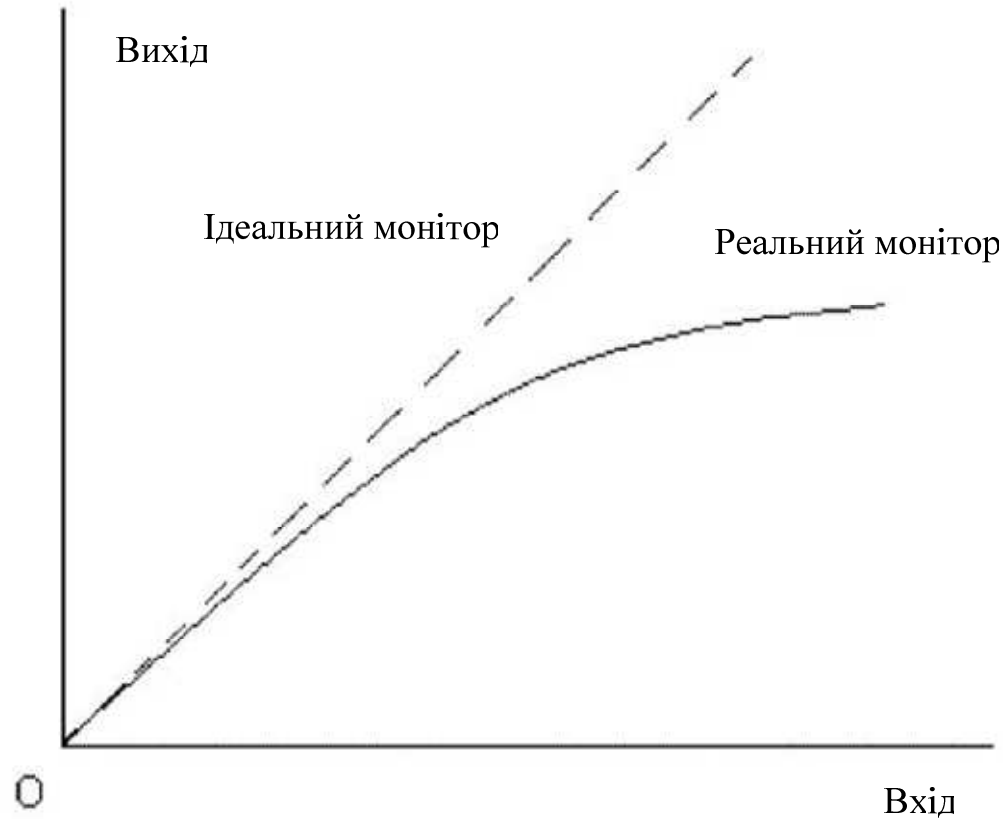


Комп'ютерна томографія

Особливості візуалізації КТ-зображень на дисплеї

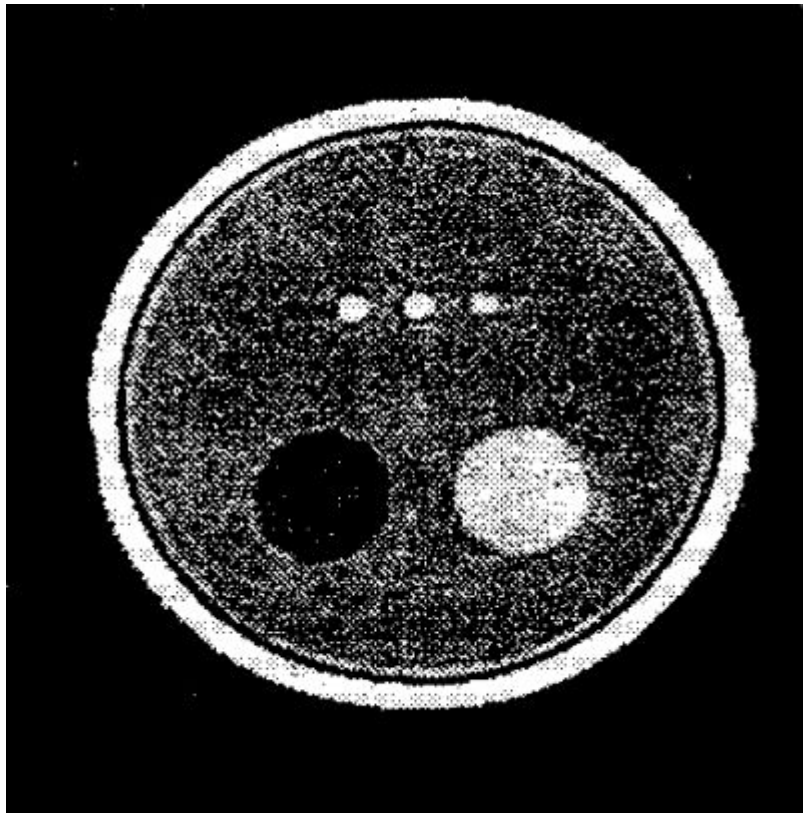
Візуалізація КТ-зображень на дисплеї

Розрахована функція густини речовини у перерізі подається на монітор комп'ютера для відображення. Проте дисплей має обмежений діапазон яскравостей. Його яскравісну характеристику показано на рисунку.

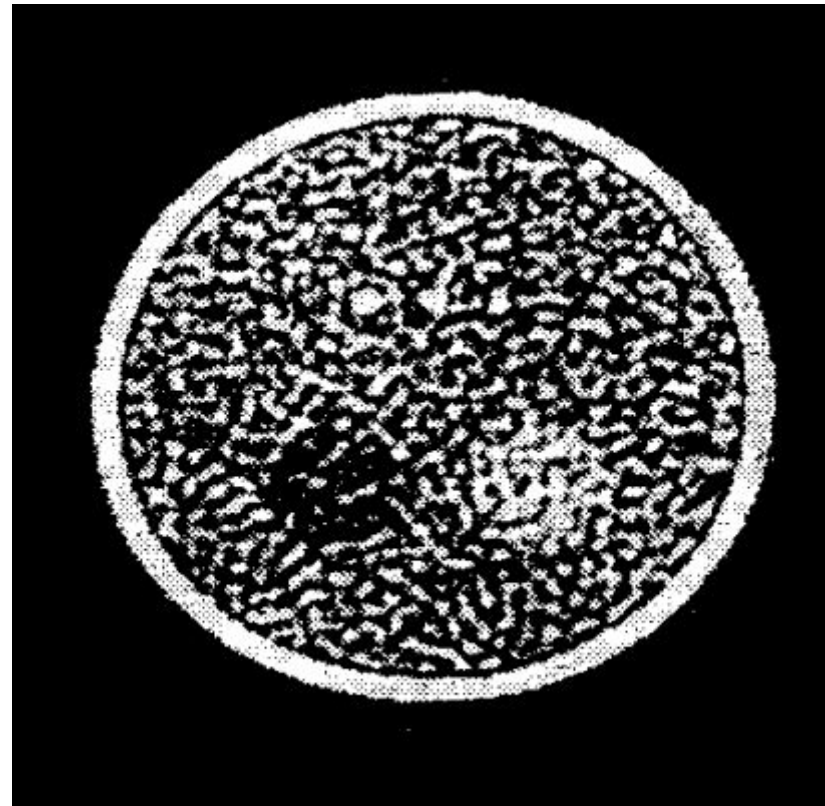


Візуалізація КТ-зображень на дисплеї

Цей графік говорить про те, що дисплей відображає великі яскравості із заниженням і зображення виходить недостатньо контрастним. *Можна* звісно *збільшити контраст зображення*, збільшуючи контрастність дисплею його відповідними настройками, проте *у цьому випадку різко збільшиться ефект кінцевого набору кількості градацій його яскравості і це буде виглядати як завада*. Порівняйте рисунки між собою.



Вихідне зображення



Воно ж, але зі збільшеною контрастністю

Візуалізація КТ-зображень на дисплеї

Можливі виходи з цього положення:

– використовувати досконаліший дисплей (з великим діапазоном яскравостей та великим набором градацій яскравості). На побутовому рівні їх ще називають “професійні”, їхні відмітні риси – значно краще (для людського ока) зображення та пристойна ціна.

– використати математичний спосіб розв’язання даної задачі.

Математично це зводиться до розв’язання такого ІР:

$$\iint_G H(x - x', y - y') w(x', y') dx' dy' = c(x, y), \quad (1)$$

$H(x, y)$ - апаратна функція дисплея, яка враховує ефекти обмеженості і діапазону яскравостей;

G - границя дисплея;

$c(x, y)$ - та функція, яку потрібно відобразити на дисплеї;

$w(x, y)$ - шукана, контрастніша, ніж $c(x, y)$ функція, яку

потрібно подати на дисплей, щоб він відобразив менш контрастну функцію $c(x, y)$.

Мінімізація впливу апаратурних спотворень

Рівняння (1) є двовимірним ІР Фредгольма І-го роду типу згортки. Його класичний розв'язок методом ПФ:

$$w(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{w}(\omega_1, \omega_2) e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2, \quad (2)$$

де

$$\hat{w}(\omega_1, \omega_2) = \frac{\hat{c}(\omega_1, \omega_2)}{\hat{H}(\omega_1, \omega_2)},$$

$$\hat{c}(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} c(x, y) e^{i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy,$$

$$\hat{H}(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K(x, y) e^{i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy.$$

Збирання даних при спіральному скануванні

Проте розв'язок (2) нестійкий, оскільки задача розв'язку (1) некоректна.

Стійкий розв'язок методом регуляризації Тихонова для цієї задачі має вигляд:

$$w_{\alpha}(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\hat{H}(-\omega_1, -\omega_2) \hat{c}(\omega_1, \omega_2)}{|\hat{H}(\omega_1, \omega_2)|^2 + \alpha M(\omega_1, \omega_2)} e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2,$$

$$M(\omega_1, \omega_2) = \omega_1^2 + \omega_2^2.$$

Загальна схема обробки у КТ

Загальна схема обробки у КТ

Описати це можна на прикладі ІР Фредгольма, методу ПФ та методу регуляризації Тихонова.

При цьому алгоритм вигладатиме так:

1) Вимірюється $I(l, \theta)$ для дискретних значень $l, \theta : l_1, l_2, \dots; \theta_1, \theta_2, \dots$

2) Розраховується $q(l, \theta)$:

$$q(l, \theta) = -\ln \frac{I(l, \theta)}{I_0(l, \theta)}.$$

3) Розраховується

$$S(x, y) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} q(x \cos \theta + y \sin \theta, \theta) d\theta,$$

шляхом чисельного інтегрування цього інтеграла для рівномірних сіток дискретних значень

$$x, y : x_1, x_2, \dots, x_N; y_1, y_2, \dots, y_M, \tag{3}$$

де N, M - цілі степені числа 2, що потрібно для ШПФ.

Загальна схема обробки у КТ

При цьому для обчислення $q(x \cos \theta + y \sin \theta, \theta)$ використовують інтерполяцію.

4) Розраховується двовимірне ПФ

$$\hat{S}(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(x, y) e^{i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy$$

на рівномірних сітках дискретних значень ω_1, ω_2 за допомогою двовимірного ШПФ.

5) Розраховується двовимірне ШПФ з регуляризацією

$$\hat{c}_\alpha(\omega_1, \omega_2) = \frac{1}{2\pi} \frac{\omega}{1 + \alpha\omega^2(\omega^2 + 1)} \hat{S}(\omega_1, \omega_2)$$

при параметрі регуляризації вибраному, наприклад, способом підбирання.

Загальна схема обробки у КТ

б) Розраховують шукану густину $c(x, y)$

$$c(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{c}(\omega_1, \omega_2) e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2,$$

на сітках вузлів (3) за допомогою двовимірного ШПФ.

При цьому додатково може бути підключено:

- зняття впливу апаратних спотворень;
- візуалізацію результатів на дисплеї.