

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВПЛИВУ СКАНЕРА НА ПАРАМЕТРИ ВІДСКАНОВАНОГО РЕНТГЕНІВСЬКОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Вступ

Застосування сучасної комп'ютерної техніки у рентгенології є найбільш перспективним напрямком удосконалення діагностичного процесу. Одним з розповсюджених методів кількісної рентгенодіагностики є непряма рентгенівська денситометрія, яка дозволяє визначити оптичну щільність (щільність почорніння) рентгенівського зображення досліджуваної анатомічної структури, пов'язану з її фізичною щільністю [1]. Здійснення комп'ютерного денситографічного аналізу рентгенівського зображення можливе при представленні цього зображення у цифровому вигляді. Цифрові рентгенограми можна отримати безпосередньо від цифрових рентгенівських апаратів або шляхом сканування традиційних плівкових рентгенограм.

Сканування рентгенограм є вже досить поширеним процесом у комп'ютерній рентгенодіагностиці. Однак у літературі не наводяться дані щодо придатності застосування різних за можливостями сканерів у медичних діагностичних комплексах. У кращому випадку вказуються лише деякі параметри настроювання сканера (наприклад, розрізнявальна здатність), але не проводиться аналіз впливу фотоприймача сканера на зміну початкових параметрів рентгенограми. Не наводяться і методики тестування сканерів щодо адекватності відображення інформаційного змісту рентгенограм у процесі сканування.

Мета дослідження

Метою цього дослідження є кількісне визначення ступеню зміни в процесі сканування таких параметрів рентгенівського зображення, як розподіл яскравості комп'ютерного рентгенівського зображення та точність відтворення геометричних розмірів його елементів. В результаті дослідження має бути запропонована методика тестування сканерів різного типу та корекції рентгенівського зображення, що дозволило б мінімізувати спотворення розподілу яскравості цього зображення в результаті сканування.

Матеріали і методи

Для визначення впливу сканера на зміну параметрів рентгенівського зображення в процесі сканування нами було використано тест-об'єкт "Зразки оптичної щільності" №704018, який застосовується для калібровки денситометра ДП-1 №704018 (рис.1).

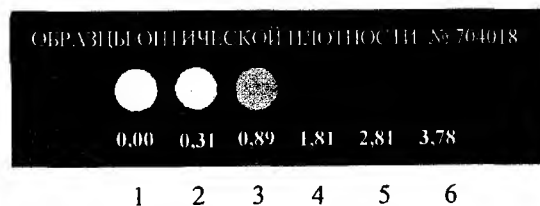


Рис.1

Денситометр ДП-1 застосовується для точкового вимірювання оптичної щільності плівок-детекторів індивідуальних дозиметрів, тому застосування його тест-об'єкта як еталонного замітника плівкової рентгенограми в процесі аналізу розподілу оптичної щільності є правомірним. Тест-об'єкт являє собою набір скелець різної прозорості діаметром 10 мм, вмонтованих в металічну оправу. Прозорість скелець змінюється по шкалі сірого кольору від непрозорого (3,78 Б) до повністю прозорого (0,00 Б), значення оптичної щільності скелець наведено на оправі тест-об'єкта (рис.1).

Для сканування тест-об'єкта були використані слайдові сканери вищого класу AGFA Arcus II та UMAX PowerLook II. Тест-об'єкт було розміщено на склі сканера та відскановано у режимі "Grayscale transparent" (градації сірого, на просвічування) з розрізненням 600 dpi. Отримано комп'ютерні зображення тест-об'єкта, які далі опрацьовувались за допомогою спеціалізованого програмного засобу "X-Rays" [2], що дозволяє проаналізувати розподіл градацій сірого у досліджуваному фрагменті зображення та представити цей розподіл у вигляді денситографічної кривої, побудованої вздовж вісі абсцис. За денситограмою визначались: значення яскравості зображення в еталонних фрагментах зображення тест-об'єкта (у градаціях сірого від 0 - чорний до 255 - білий) та геометричні розміри цих фрагментів (у відносних одиницях – пікселях).

Аналіз експериментальних даних

У фотоденситометрії використовується поняття "оптична щільність" або "щільність почорніння" рентгенівської плівки, де найбільше значення оптичної щільності плівки має найчорніший її фрагмент. Традиційно у рентгенології використовується негативне зображення, тому при денситометричному аналізі такого зображення мінімальну оптичну щільність матимуть найбільш фізично щільні об'єкти. При комп'ютерній денситометрії негативного рентгенівського зображення за допомогою програмного засобу "X-Rays" найбільше значення градації сірого (255) відповідає об'єктам з найбільшою фізичною щільністю, які на моніторі комп'ютера мають найбільшу яскравість.

В експерименті використовується тест-об'єкт традиційної фотоденситометрії; при аналізі його комп'ютерного зображення скельце №1 має максимальну яскравість — 255 градацій сірого, а скельце №6 має мінімальну яскравість — 0 градацій сірого. Отже, "комп'ютерному" діапазону градацій сірого відповідатиме діапазон оптичної щільності тест-об'єкта, який складає

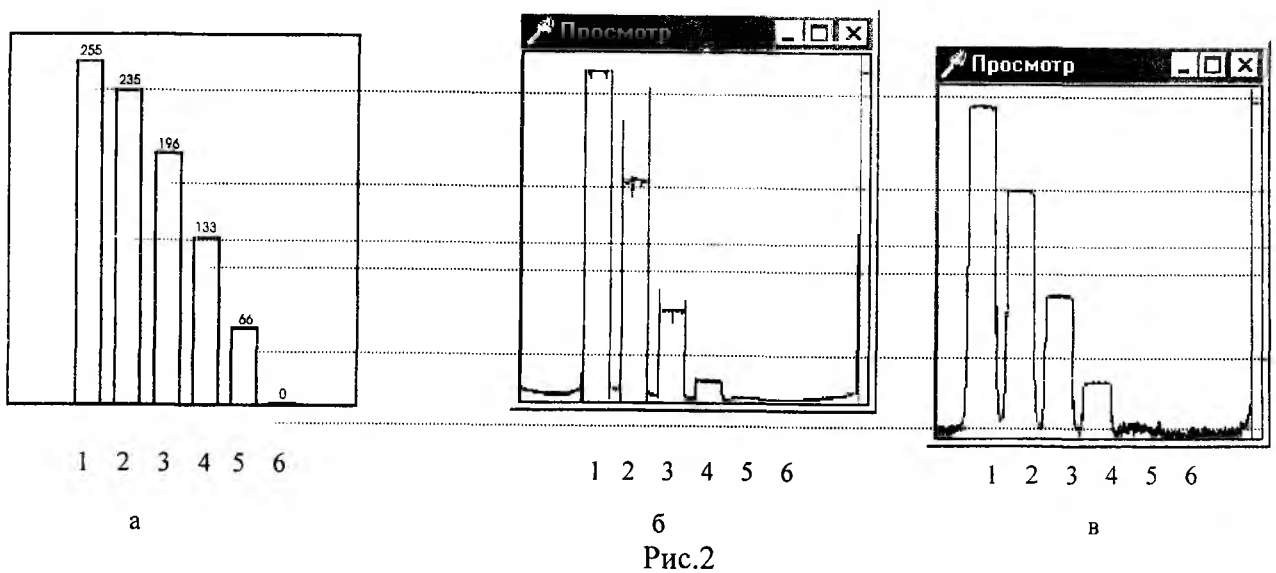
$$\Delta = \Delta_6 - \Delta_1 = 3,78,$$

де Δ — оптична щільність скелець тест-об'єкта.

Визначимо відповідність значень яскравості комп'ютерного зображення кожного із скелець тест-об'єкта значенням їх оптичної щільності. Крім того розрахуємо ці значення у процентах (див. табл. 1). Це дає можливість побудувати теоретичну денситограму тест-об'єкта.

В процесі аналізу порівнювались теоретична денситограма тест-об'єкта (рис.2а) та реальні денситограми комп'ютерного зображення тест-об'єкта, відсканованого на сканерах AGFA Arcus II (рис.2б) та UMAX PowerLook II (рис.2в), отримані за допомогою програмного засобу "X-Rays". В таблиці наведено значення яскравості комп'ютерного зображення скелець тест-об'єкта після його сканування різними типами сканерів:

Досліджуваний об'єкт	Величина	Значення					
		1	2	3	4	5	6
Тест - об'єкт	Яскравість, Б	3,78	3,47	2,89	1,97	0,97	0,00
	Яскравість, град.	255	235	196	133	66	0
	Яскравість, %	100,00	91,80	76,46	52,12	25,66	0
Сканер AGFA Arcus II	Яскравість, град.	255	172	71	18	5	4
	Яскравість, %	100,00	67,19	27,73	7,03	1,95	1,56
Сканер UMAX PowerLook II	Яскравість, град.	252	189	109	43	10	5
	Яскравість, %	98,44	73,82	42,58	16,80	3,91	1,95



З табл.1 видно, що значення яскравості зображень еталонних фрагментів тест-об'єкта, отримані з денситограм (рис.2б, 2в), відрізняються від їх теоретично очікуваних значень (рис.2а), тобто після фотоперетворення за допомогою сканерів реєструються інші (як правило, менші) значення градацій сірого (рис.2). Для сканера AGFA Arcus II виявлено, що яскравість скельця №1 тест-об'єкта після сканування не змінилась, скельця №2 — зменшилась на 24,61 % (63 град.), скельця №3 — на 48,73 % (125 град.), скельця №4 — на 45,09 % (115 град.), скельця №5 — на 23,71 % (61 град.), а яскравість скельця №6 збільшилась на 1,56 % (4 град.). Для сканера UMAX PowerLook II відповідно яскравість скельця №1 тест-об'єкта після сканування зменшилась на 1,56 % (3 град.), скельця №2 — на 17,98 % (46 град.), скельця №3 — на 33,88% (87 град.), скельця №4 — на 35,26 % (90 град.), скельця №5 — на 21,75 % (56 град.), а яскравість скельця №6 збільшилась на 1,95% (5 град.). З цього випливає, що практично все зображення тест-об'єкта, отримане шляхом сканування на сканерах зазначених типів, є затемненим, тобто початковий розподіл градацій сірого порушується. Напрошується висновок, що потрібно коригувати яскравість отриманого зображення. Функція коригування яскравості може бути визначена за відомими значеннями, які отримуються від конкретного тест-об'єкта, та розраховується для кожного конкретного сканера.

На денситограмі тест-об'єкта на межі між скельцями №2 і №3 та оправою чітко вирізняються пікові значення яскравості (рис.2б). Вони виникають там, де між оправою та скельцем існує зазор. За цими піковими значеннями шляхом координатного аналізу денситограми можна обрахувати геометричні розміри зображення прорізів для скельць та порівняти їх з фізично вимірними розмірами прорізів на тест-об'єкті. При вимірюванні ширини (діаметра) зображення усіх прорізів отримано значення розміру 235–236 пікселів. Враховуючи, що при скануванні з розрізненням 600 dpi маємо розмір елемента зображення 1 піксел = 0,042(3) мм, то розмір зображення прорізу після перерахунку становитиме 9,948–9,991 мм, що відповідає фізичному розміру прорізу 10 мм з похибкою не більше 0,5%. Таким чином, вимірювання розміру деталі шляхом координатно-яскравісного аналізу її комп'ютерного зображення, отриманого за допомогою сканування на вибраному сканері з вибраним апаратним розрізненням, є достатньо точним, а перерахунок розміру з комп'ютерного в фізичний є правильним та може використовуватись при визначенні розмірів об'єктів, зафіксованих на рентгенівському зображенні. При скануванні масштаб рентгенівського зображення не змінюється.

Висновки

Аналіз комп'ютерного зображення тест-об'єкта з відомими значеннями оптичної щільності підтверджує, що при скануванні яскравість цього зображення змінюється. Отже, цей ефект присутній і при скануванні плівкових рентгенограм. Знаючи закономірність спотворення розподілу яскравості рентгенівського зображення конкретним сканером, можна проводити спеціальну програмну корекцію цього зображення, "дотягуючи" його яскравість до такої, яка зафіксована на плівковій рентгенограмі. Тільки у цьому випадку результат денситографічного аналізу комп'ютерної рентгенограми буде адекватним. Використання метрологічно атестованого фотоденситометричного тест-об'єкта дає можливість запропонувати методику тестування слайдових сканерів, які будуть застосовуватись для сканування плівкових рентгенограм. Методика тестування сканеру та корекції відсканованого рентгенівського зображення наступна:

1. Для тестування використовується метрологічно атестований тест-об'єкт "Зразки оптичної щільності", яким комплектуються фотоденситометричні пристрої, що вимірюють оптичну щільність рентгенівської плівки (наприклад, денситометри ДП-1, ДФЭ-10 тощо).

2. Вибирається програмний засіб, за допомогою якого буде проводитись денситометричний аналіз комп'ютерного рентгенівського зображення.

3. Встановлюється відповідність між діапазоном значень оптичної щільності тест-об'єкта та діапазоном яскравості у градаціях сірого вибраного програмного засобу.

4. Визначається теоретична відповідність між значеннями оптичної щільності еталонних фрагментів тест-об'єкта та значеннями яскравості у градаціях сірого, які надає програмний засіб.

5. Тест-об'єкт сканується на просвічування з розрізненням не нижче 600 дрі.

6. Проводиться денситометричний аналіз зображення, отриманого за п.5.

7. Визначається різниця (у градаціях сірого) між значеннями яскравості зображення кожного еталонного фрагмента, отриманими за п.4 та п.6.

8. Для обраного типу сканера встановлюється функція коригування яскравості зображення за даними п.7; проміжні значення функції розраховуються шляхом інтерполяції.

9. На основі даних п.8 створюється програмний засіб для даного типу сканера, який має входити до складу програмно-апаратного комплексу для денситографічного аналізу комп'ютерних рентгенівських зображень.

Методика дозволить мінімізувати вплив процесу сканування на діагностичний зміст плівкової рентгенограми. Вона дасть можливість застосовувати для сканування рентгенограм різноманітні сканери, для яких встановлена функція коригування яскравості зображення. Методика може бути використана і при корекції зображень, отриманих при скануванні фотоплівки.

Список літератури: 1. *Остеопороз на Украине* / В.В.Поворознюк, Е.П.Подрушняк, Е.В.Орлова, И.Д.Коштура, Е.И.Баяндина. К.:1995. 48 с. 2. *Л.О.Авер'янова, С.А.Шармазанов.* Спеціалізовані програмні засоби для моніторингового дослідження стану кісткової системи населення // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2001. Вип.120. С.206-209. 3. *В.М.Головенко, Л.А.Авер'янова, О.И.Скляр.* Трехслойная гетерогенная структура как модель фрагмента кисти человека в рентгеновской морфометрии // Український журнал медичної техніки і технології . 2001. №1. С. 63-65.