

Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»
(ДВНЗ «ПДТУ»)

НАУКА ТА ВИРОБНИЦТВО

Міжвузівський тематичний збірник наукових праць

Маріуполь – Краматорськ – Харків – Запоріжжя –
Київ – Дніпро

Випуск 19

Маріуполь

2018

УДК 001:65

Наука та виробництво: міжвуз. темат. зб. наук. пр. Вип. 19 / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, ПДТУ, 2018. – 340 с.

У цьому випуску збірника вміщено статті, присвячені теоретичним і експериментальним дослідженням проблем міцності металургійних та будівельних машин, виконаним науковими працівниками й аспірантами провідних технічних вузів і НДІ СНД. Збірник буде корисним для студентів і аспірантів металургійних і машинобудівних вишів, співробітників науково-дослідних інститутів і металургійних заводів. Статті друкуються мовою оригіналу.

Редакційна колегія

Іноземні члени редколегії

Fathy Osman Toughan – professor of steelmaking, Tabbin Institute for Metallurgical Studies, Cairo, Egypt

Patkó Gyula – professor, PhD, habilitált doktor, Hungary

Члени редколегії з інших міст

Шайко-Шайковський Олександр Геннадійович – професор, доктор технічних наук, кафедра професійної та технологічної освіти і загальної фізики, Інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук, м. Чернівці

Засельський Володимир Йосипович – професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри металургійного обладнання, КМІ НМетАУ, м. Кривий Ріг

Білодіденко Сергій Валентинович – професор, доктор технічних наук, завідувач кафедрою машин і агрегатів металургійного виробництва, НМетАУ, м. Дніпро

Члени редколегії з ДВНЗ «ПДТУ»

Волошин В'ячеслав Степанович – професор, доктор технічних наук

Анділахай Олександр Олександрович – професор, доктор технічних наук

Єфременко Василь Георгійович – професор, доктор технічних наук

Жежеленко Ігор Володимирович – професор, доктор технічних наук

Іщенко Анатолій Олексійович – професор, доктор технічних наук

Кухар Володимир Валентинович – професор, доктор технічних наук

Роянов В'ячеслав Олександрович – професор, доктор технічних наук

Чигарьов Валерій Васильович – професор, доктор технічних наук

Суглобов Володимир Васильович – професор, доктор технічних наук

Чейлях Олександр Петрович – професор, доктор технічних наук

Губенко Володимир Костянтинівич – професор, доктор технічних наук

Головний редактор: **Волошин В. С.**

Заступник головного редактора: **Анділахай О. О.**

Відповідальний секретар редакції: **Рассохін Д. О.**

Коректор: **Сорочан О. М.**

Адреса редакції збірника: 87500, Україна, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7, ДВНЗ «ПДТУ», каф. «Будівництва, технічної експлуатації і реконструкції». Тел. (0629) 44-66-23, 44-66-73. E-mail: Radullik@gmail.com. +38(096)122-22-74.

Перереєстрований Державною реєстраційною службою України 26.12.2016. Свідоцтво про державну реєстрацію – серія КВ № 22493-12393ПР. Збірник входить до Переліку наукових фахових видань України, в якому можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт (Наказ 04.04.2018 № 326). Друкується згідно рішення Ученої Ради ДВНЗ «ПДТУ» (**протокол № 11 від 26.04.2018 р.**). Видається 2 рази на рік.

© Приазовський державний технічний університет (ПДТУ), 2018

Пропонований пристрій може виявитися корисним для будь-якого споживача. Використання його в офтальмологічних лікувальних закладах як профілактичний засіб дуже бажано, а при проведенні комплексного лікування його слід рекомендувати на додаток до проведеної терапії. При виробництві можна буде виконати його повністю на мікроконтролерній базі, що додасть гнучкість реалізованим тренінговим алгоритмам.

Ключові слова: око, мускули, світлодіод, цятка рухома

Skliar O. I., Sorochan E. N.

DEVICE FOR EYE'S MUSCLE TRAINING

Abstract. A device has been developed that allows to train various muscle groups of the eyes. The device is based on the use of unconditioned reflex of the eye to track a light object on a dark background. The widespread use in everyday life of a huge number of various electronic devices with built-in displays leads to significant eye fatigue .. This leads to various visual impairments and provokes the development of various ophthalmologic diseases. Therefore, the aim of the work is to develop a device for training the eye muscles rather simple, but allowing to implement the majority of oculomotor exercises. The essence of the development is the need to make the movement of the eyes in different directions.

The basis for using the effect of «running point», created using a line of LEDs that turn on and off in series. With the help of the reverse counter, the “movement” of the luminous point is easy to organize both in the forward and in the reverse direction. When a ruler with LEDs is added to the instrument's control, it is also easy to realize a linear “displacement” of a point in any direction and make a device that allows training the eye muscles in any direction, and most importantly, all muscle groups will be included in the training process. The device is implemented on a digital element base. It is assumed that the arc line of LEDs is located in a hemisphere that has a dark background, then when using the device, the effect of the movement of a bright point on a dark background will be fully realized.

The proposed device can be useful for any consumer. Its use in ophthalmologic medical institutions as a prophylactic is very desirable, and when carrying out complex treatment it should be recommended in addition to the therapy. During production, it will be possible to execute it completely on a microcontroller base, which will give flexibility to the implemented training algorithms.

Key words: eye, muscle, light diode, running point

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Аврунин О. Г.

Статья поступила 1.09.2018 р.

УДК 616.075.73:616:849-053.2

Уданович Д. Г., Авер'янова Л. О.

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ТРУБЧАСТИХ КІСТОК ЛЮДИНИ ЗА ЦИФРОВИМИ РЕНТГЕНОГРАМАМИ

Анотація. Наводиться опис функціональних можливостей програмного модулю для визначення щільності трубчастих кісток людини та аналіз його роботи в інтерактивному режимі. Розрахунок щільності кісткових структур здійснюється за результатом порівняльного аналізу рентгенівських зображень кістки та рентгенеквівалентного їй тест-

об'єкту з відомою щільністю.

Ключові слова: щільність кісткових структур, цифрова рентгенограма, аналіз програмний, денситограма, тест-об'єкт.

Вступ

За оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я проблема остеопорозу по соціально-економічній та медичній значущості займає 4 місце після серцево-судинних, онкологічних захворювань і цукрового діабету. Серед літніх людей в Україні остеопороз у трапляється у 22 % у чоловіків і 53 % у жінок. Зменшення мінеральної насиченості кісткової тканини має різні причини [1, 2], проте наслідки цього порушення призводять до інвалідизації значної частини літніх хворих, чверть з яких передчасно помирає внаслідок ускладнень при лікуванні патологічних переломів, найчастіше – шийки стегнової кістки. Найбільш розповсюдженим і доказовим методом виявлення остеопоротичних змін є класична рентгенографія [1, 3, 4]. Проте відсутність єдиних засобів та підходів до аналізу рентгенівських зображень значно зменшує можливості об'єктивної оцінки динаміки зниження мінеральної насиченості кісткової тканини, що не дозволяє вчасно застосувати медикаментозну корекцію та оцінити її ефективність.

Застосування сучасних комп'ютерних технологій аналізу рентгенівських зображень [3-7] відкрило можливість розробки ефективних методів кількісної оцінки мінеральної щільності кісток, проте стримуючим чинником довгий час залишалась незначна розповсюдженість систем цифрової рентгенографії. Нині в Україні ці системи є доступними, проте вони обладнані лише універсальними програмними засобами обробки рентгенограм. За наявності відповідної методологічної бази [8] спеціалізовані програми для розрахунку фізичних параметрів кісткових структур, зокрема щільності, у клінічних умовах практично відсутні.

Розрахункові співвідношення

Розрахунок щільності кісткових структур [8] виконується із урахуванням закону Бугера, який визначає ступінь ослаблення рентгенівського випромінювання речовиною:

$$I = I_0 e^{-\mu y}, \quad (1)$$

де I – інтенсивність випромінювання, яке пройшло крізь речовину;

I_0 – початкова інтенсивність випромінювання;

m – лінійний коефіцієнт ослаблення випромінювання;

y – товщина шару проміненої речовини.

Якщо при ослабленні рентгенівського випромінювання різними речовинами 1 та 2 утворюється однакова решта інтенсивності I , то можна стверджувати, що

$$e^{-\mu_1 y_1} = e^{-\mu_2 y_2}; \quad \mu_1 y_1 = \mu_2 y_2; \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{y_1}{y_2}. \quad (2)$$

За (2) знаходяться співвідношення лінійних коефіцієнтів ослаблення за співвідношенням товщин двох речовин у напрямку дії випромінювання.

З іншого боку, масові коефіцієнти μ_m ослаблення двох речовин зі щільностями ρ_1 та ρ_2 співвідносяться як

$$\frac{\mu_1}{\rho_1} = k \frac{\mu_2}{\rho_2}, \quad \frac{\mu_1}{\mu_2} = k \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad k = \frac{\mu_{m1}}{\mu_{m2}}, \quad (3)$$

де k – константа відношення масових коефіцієнтів ослаблення двох речовин у заданому діапазоні енергій.

З (3) отримаємо зв'язок між величинами щільності та товщини відповідних речовин

$$\frac{y_2}{y_1} = k \frac{\rho_1}{\rho_2},$$

звідки знайдемо щільність невідомої речовини за відомою речовиною

$$\rho_2 = k \frac{\rho_1 y_1}{y_2}. \quad (4)$$

За виразом (4) визначенню підлягають величини товщин речовин та константи k для кожної конкретної структури та режиму рентгенографії. У [8] наведено співвідношення параметрів (2, 3) кортикальної кісткової тканини та алюмінію та розраховано k для значень енергії рентгенівського випромінювання 10 кеВ, 15 кеВ та 20 кеВ, що відповідає різним за жорсткістю режимам рентгенографії кісток людини. При цьому визначена константа k (3) для пари речовин «кортикальна кістка - алюміній» $k_{Al-кк} \approx 0,88$, для речовин «м'які тканини-алюміній» $k_{Al-м.тк} \approx 5,6$. Надалі залишається програмно визначити товщину кортикального шару кістки $y_{кк}$ (за математичною моделлю) та співвіднести з товщиною ступінчастого алюмінієвого тест-об'єкту y_{Al} (Рис. 1), що і дасть змогу розрахувати щільність кортикальної кісткової тканини.

$$\rho_{кк} = \frac{0,88 \rho_{Al} y_{Al}}{y_{кк}} \quad (5)$$

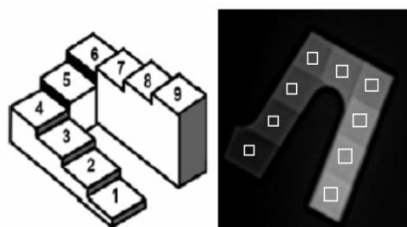


Рисунок 1 – Ступінчастий алюмінієвий тест-об'єкт [5]

Отже, завданням даної роботи було створення програмного модулю та інструментів для визначення невідомих у (5) величин за рентгенограмою трубчастої кістки людини. Крім того, для порівняння товщин кістки та тест-об'єкту, які дають однакову яскравість на рентгенограмі, необхідно програмно побудувати профілі яскравості (денсітограми) кістки та тест-об'єкту та визначити відповідні товщини.

Результати роботи

Розроблено методику та алгоритм програмного розрахунку щільності кісткової тканини (Рис. 2). Програмний модуль реалізовано у середовищі Delphi.

Розрахунок абсолютних значень товщини кістки та тест-об'єкту відбувається з урахуванням розрізнення цифрового рентгенівського зображення, яке має бути не нижчим за 300 dpi. Розрізнення вказується у вікні біля напису «Dpi» і далі розрахунок розміру пікселя в мм проводиться при натисканні кнопки «Calculate» (Рис. 3).

Цифрова рентгенограма спочатку аналізується у місці розташування тест-об'єкту (Рис. 1). На кожній сходинці виділяється прямокутна зона для визначення усередненої яскравості зображення сходинки (Рис. 1), надалі за цими значеннями із застосуванням лінійної інтерполяції будується денсітограма тест-об'єкту. Всі ці дії проводяться у режимі

«D» (денситограма). Саме цей етап аналізу зображення і є оригінальним, він дозволяє надалі визначити товщину алюмінієвого тест-об'єкту уAl, яка за яскравістю на зображенні буде еквівалентна певній товщині кортикальної кістки u_{kk} (5).

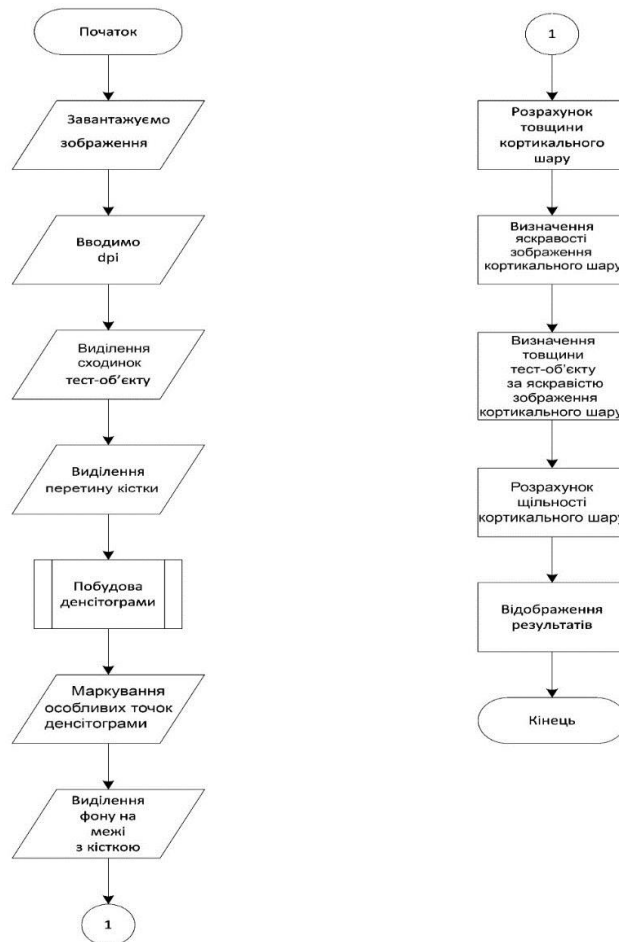


Рисунок 2 – Алгоритм розрахунку щільності кісткової тканини за аналізом рентгенограми

Наступним етапом є аналіз фрагменту рентгенограми трубчастої кістки у середній частині (діафізі). Виділяється прямокутна зона у перетині діафізу для автоматичної побудови усередненої денситограми кістки у перерізі. Надалі, відповідно до математичної моделі, наведеної у [8] визначаються і маркуються точки розмежування зображень м'яких тканин, кортикального шару кістки та її медулярної порожнини. Після цього можливо розрахувати внутрішній d_k та зовнішній D_k діаметр кортикального шару у діафізі, і, відповідно, товщину кільця кортикального шару. Розрахунок щільності кістки проводиться за значенням яскравості у середині денситограми, де товщина кортикального шару становить $(D_k - d_k)$.

У розробленій програмі було проаналізовано рентгенівські знімки кисті людини з прогресуючим остеопорозом та без нього на тій же ділянці діафізу. Значенням щільності кортикальної тканини у нормі вважається $1,2 \text{ г/см}^3$ [8]. Менші значення свідчатимуть про незавершену або порушену мінералізацію відповідних кісткових структур. Наведені робочі вікна програми з результатами роботи програми для рентгенограми кисті при нормальному кістковому здоров'ї (Рис. 3а) та з прогресуючим остеопорозом (Рис. 3 б).



Рисунок 3 – Робочі вікна програми з результатами розрахунків при аналізі рентгенограми кисті у нормі (а) та порушенні мінералізації кісток (б)

У першому випадку отримали результат, що дорівнює $1,42 \text{ г/см}^3$, що можна вважати нормальним. Результатом розрахунку у випадку зниженої мінералізації стало значення $0,077 \text{ г/см}^3$.

Отримані результати дозволяють отримати значення не так званої рентгенооптичної мінеральної щільності кістки у г/мм^2 , яка довгий час використовувалась у рентгенології, а значення фізичної щільності кістки у г/мм^3 .

ВИСНОВКИ

В роботі наведено методику розрахунку щільності кісткової структури за її рентгенограмою, описано алгоритм та результати роботи створеного для цього програмного модулю. Цей програмний модуль потребує подальшого тестування на більших масивах рентгенологічних даних. Також надалі слід провести перевірку відповідності між розрахованим за рентгенограмою значенням щільності кістки та її реальною фізичною щільністю. Розроблений програмний засіб можливо рекомендувати для проведення скринінгового денситометричного аналізу в клінічних закладах та діагностичних центрах.

Список використаних джерел

1. Казимирко, В. К. Остеопороз: патогенез, клиника, профилактика и лечение / В. К. Казимирко, В. Н. Коваленко, В. И. Мальцев. – 3-е изд. – Киев : МОРИОН, 2007. – 160 с.
2. Минеральная плотность костной ткани у подростков с нарушением осанки / О. Ю. Бубнов [и др.] // Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии : материалы III конф. с междунар. участием (Москва, 14-15 февраля 2006 г.). – М., 2006. – С. 76.
3. Аврунин, О. Г. Принципы компьютерного планирования функциональных оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин // Технічна електродинаміка. – 2011. – Темат. вип. : Силова електроніка та енергоефективність, ч. 2. – С. 293–298.
4. Построение персонализированной анатомической модели диафрагмы человека / В. Г. Дуденко [и др.] // Экспериментальна і клінічна медицина. – 2014. – № 2 (63). – С. 68–70.
5. Программный модуль для автоматизированного определения морфометрических индексов остеопороза / С. А. Шармазанов [и др.] // Медицина и – 2001. – № 1 (7). – С. 59–61.
6. Аврунин, О. Г. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам / О. Г. Аврунин, Е. О. Шамраева // Системи обробки інформації : зб. наук. пр. – Харків, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137–140.

7. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – Харьков, 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

8. Шармазанова, О. П. Визначення показників мінеральної щільності стегнової кістки за даними рентгенівської денситометрії у дітей раннього віку / О. П. Шармазанова, Л. О. Авер'янова, Т. О. Арсенідзе // ScienceRise : Medical Science. – 2017. – № 8. – Р. 4–8.

Уданович Д. Г., Аверьянова Л. А.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ПО ЦИФРОВЫМ РЕНТГЕНОГРАММАМ

Приводится описание функциональных возможностей программного модуля для определения плотности трубчатых костей человека и анализ его работы в интерактивном режиме. Расчет плотности костных структур осуществляется по результатам сравнительного анализа рентгеновских изображений кости и рентгеноэквивалентного ей тест-объекта с известной плотностью.

Ключевые слова: плотность костных структур, цифровая рентгенограмма, анализ программный, денситограмма, тест-объект.

Udanovych D. G., Averianova L. O.

SOFTWARE MODULE FOR DETERMINING THE DENSITY OF HUMAN TUBULAR BONDS ON DIGITAL RADIOGRAMS

The analysis of the capabilities of existing methods for quantitative assessment of the density of cortical bone tissue of human tubular bones by X-ray image was carried out. The correspondence between the density of bone tissue and the aluminum step X-ray equivalent test object was determined in accordance with the Bouguer law from the condition of equality of brightness of their images. For the final density calculation, it is necessary to determine the thickness of the cortical layer and the test object in the analyzed fragment of the X-ray image. The exact determination of the thickness of the aluminum layer for a given brightness is made as a result of the construction and approximation of the densitogram of the stepped test object and taking into account its real physical dimensions. A description of the method for analyzing the image of a test object is given. The thickness of the cortical bone is determined on the basis of its mathematical model from the condition that in the diaphysis the cortical layer has a tubular shape that is close to cylindrical. When a computer analysis of a fragment of the x-ray of the bone in the diaphysis is used to build its densitogram, the extremums of the curve are analyzed, which determine the internal and external diameters of the bone. This allows you to calculate the thickness of the bone in the center of the diaphysis as the double thickness of the ring. The corresponding value of the brightness of the image of the bone at this point is compared with the brightness of the image of the test object. A software module for the automated construction of densitograms and the determination of the density of tubular bones has been developed, a description of its functionality and an algorithm for its work in an interactive mode are given. The calculation of the density of bone structures is carried out according to the results of a comparative analysis of the densitograms of x-ray images of the bone and the test object with a known density.

Keywords: density of bone structures, digital X-ray, software analysis, densitogram, test object.

Рецензент: д-р техн. наук, профессор Щетинина В. И.

Статья поступила 30.08.2018 г.