

УДК 616.61-002.3-053.2

## КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ СЦИНТИГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НИРОК

*Чижевський В. Б., Ніколов М. О., Коваленко М. М.**Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"  
м. Київ, Україна**Email: [ch.vova88@gmail.com](mailto:ch.vova88@gmail.com), [nikolka\\_@ukr.net](mailto:nikolka_@ukr.net), [KovalenkoMykolaM@gmail.com](mailto:KovalenkoMykolaM@gmail.com)*

*Метою цієї роботи є оцінка інформативності методів сегментації нефросцинтиграфічних зображень при розгляданні вогнищевих змін в паренхімі нирок як нечіткої множини. Об'єкт дослідження – морфофункціональний стан паренхіми нирок, предмет дослідження – методи сегментації сцинтиграфічних зображень нирок.*

*З кожним роком роль медичних зображень у медицині зростає, внаслідок впровадження новітньої медичної техніки. Складність аналізу та обсяги даних бувають дуже великими. Тому проблема автоматизації цього процесу є актуальною. Наразі існує велика кількість стандартних методів сегментації, але через погану чіткість медичних зображень результати їх роботи містять велику похибку.*

*У роботі порівняно інформативність трьох методів. У результаті з'ясовано, що вони доповнюють один одного, оскільки аналізують зображення використовуючи різний підхід, що дозволяє по новому розглянути дефекти накопичення радіофармпрепарату в проблемних місцях органу.*

**Ключові слова:** сцинтиграфія, гамма-камера, радіофармпрепарат, функції нирок, сегментація.

### **Вступ. Постановка проблеми**

Одним з інформативних і перспективних методів дослідження морфо-функціонального стану нирок у дітей та дорослих є нефросцинтиграфія з  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО (димеркаптосукцинатоцет) [1].  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО має високий рівень кортикальної фіксації в нирках внаслідок роботи системи активних сульфгідрильних ферментів епітеліальних клітин проксимальних каналців і низької екскреції радіофармпрепарату (РФП) з сечею, що дозволяє чітко візуалізувати межу коркового шару нирок. Функціональний стан паренхіми нирок оцінюється на основі відсотка включення  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО в нирки [2], морфологічні зміни – аналізом просторового розподілу препарату і визначення ділянок гіпофіксації РФП. Особливого значення сцинтиграфії з  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО набуває при моніторингових дослідженнях. Водночас, звертають увагу на появу нових вогнищ гіпофіксації РФП, які трактуються як ділянки склерозу ниркової паренхіми. Вважається, що такі зміни незворотні. На практиці нерідко відзначається зміна просторового розподілу препарату та розташування вогнищевих змін. Тобто, кількість вогнищ запалення та їх розміри можуть не тільки збільшуватись, але й зменшуватись, а деякі вогнища можуть зовсім зникати, що може трактуватися як локальні зміни функціонального стану паренхіми [3]. Для об'єктивної оцінки таких процесів потрібно провести розрахунок відсотка включення РФП в патологічні ділянки, оцінку форми вогнищ та їх кількість. Однак, програмне забезпечення, реалізоване на гамма-камерах, дозволяє лише візуально оцінити розподіл РФП в нирках, тобто виконати якісну оцінку. Крім того, існуюча класифікація ступеню ураження нирок [4],

яка заснована на бальній оцінці, є досить груба й не завжди дозволяє відслідковувати динаміку структурно-функціональних змін.

Основна технічна проблема вирішення даних завдань – розроблення алгоритмів сегментації зображення. Незважаючи на велику кількість алгоритмів сегментації зображень, описаних в літературі, проблема залишається актуальною. У першу чергу відсутність позитивних результатів роботи алгоритмів сегментації пов'язана з великою шумовою складовою сцинтиграфічних зображень, яка порівняно з корисним сигналом. Застосування ж методів попередньої фільтрації зображень призводить нерідко до того, що дефекти накопичення РФП зникають [5]. Інша причина некоректності існуючих алгоритмів сегментації полягає в тому, що межа склеротичних вогнищ в паренхімі нирок є нечіткою, розмитою, дифузною. Особливо це спостерігається у пацієнтів із значним зниженням інтегральної функціональної активності нирок. Це обумовлює необхідність відмовлятися від чіткого визначення кількості змін вогнищ запалення в паренхімі нирок, і переходити до нечіткої логіки [6], тобто визначати верхню, нижню межу ураження паренхіми нирок та найбільш вірогідне значення відповідних кількісних критеріїв. На вирішення проблеми загальних алгоритмів обробки зображень і присвячена ця робота.

### **Мета роботи**

Метою цієї роботи є оцінка інформативності методів сегментації нефросцинтиграфічних зображень при розгляданні вогнищевих змін в паренхімі нирок як нечіткої множини.

Задача робота полягала в оцінюванні інформативності методів сегментації нефросцинтиграфічних зображень при дослідженні вогнищевих змін в паренхімі нирок.

#### Методика дослідження

Було проаналізовано результати нефросцинтиграфії з  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО 15 пацієнтів. До групи спостереження потрапило 13 дітей віком 5-12 років, які спостерігались протягом 1-8 років, та 2 пацієнта – 47 і 49 років, яким проводилось моніторингове сцинтиграфічне дослідження через 2-3 місяця. Нозологічними формами захворювання пацієнтів були: хронічний та гострий пієлонефрит, міхурово-сечовий рефлюкс, дисплазія нирок, гіпоплазія нирки, артеріальна гіпертензія. Пацієнти дитячого віку лікувались в Інституті нефрології АМН України. Дослідження проводились на гамма-камері ОФЕКТ-1 (Україна) через 2 години після введення  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО. Матриця збору даних  $512 \times 512$  пікселів.

#### Результати досліджень

Для оцінки верхньої і нижньої межі та найбільш ймовірного значення параметрів, що характеризують

ють вогнищеві зміни в паренхімі нирок, було розроблено три відповідних окремих алгоритми. Результатом роботи цих алгоритмів було два кількісних критерії вогнищевих змін нирок:

1) Площа ділянок вогнищевих змін на планарному зображенні нирок ( $S$ )

$$S = \frac{S_1}{S_2} \cdot 100\%,$$

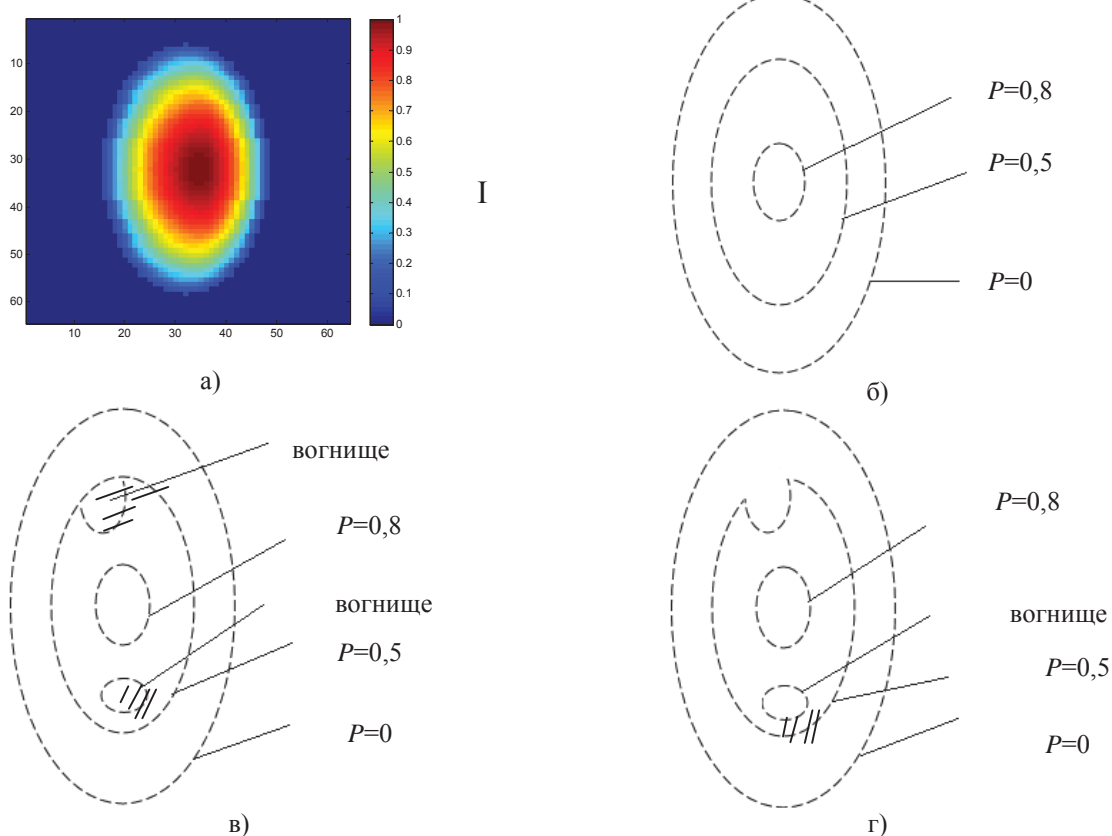
де  $S_1$  – площа вогнищевих змін в паренхімі нирок,  $S_2$  – площа зони аналізу всієї нирки;

2) Кількість нефункціонуючої паренхіми за рахунок вогнищевих змін ( $E$ )

$$E = \frac{A_2 - A_1}{A_2} \cdot 100\%,$$

де  $A_2$  – ідеалізоване значення радіоактивності в нирці,  $A_1$  – значення радіоактивності в проекції вогнища за результатами сегментації.

Ідеалізоване значення  $A_{\text{ид}}$  розраховувалось на основі розрахунку фантомного зображення нирки, виходячи з уявлень про нормальний просторовий розподіл  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО (рис. 1). Дані про нормальний, ідеалізований розподіл РФП в нирках були отримані при аналізі зображень більш 100 пацієнтів.



$P$ -порог бінарзації зображення  $P \in [0, 1]$ ,  $I$ -інтенсивність  $\in [0, 1]$ .

Рис. 1. Схематична зміна площі нирки залежно від рівня бінарзації зображення для "середньої" та нижньої межі вогнищевих змін у паренхімі нирки: а) ідеалізоване віртуальне сцинтиграфічне зображення нирки; б) в нормі; в) при вогнищевих змінах для "середньої" оцінки; г) при вогнищевих змінах для нижньої межі

Оскільки нирка має бобовидну форму, оцінка її геометричних розмірів, є досить складним завданням, що призводить до значних помилок або дисперсії вимірюючих параметрів [7]. Тому для опису її форми, використовують еліптичну функцію, що значно зменшує діапазон даних і дає можливість більш коректно оцінювати зміни розміру нирок при моніторингових дослідженнях і порівнювати результати з іншими методами променевої діагностики. Похибка при використанні такого методу становить приблизно 5-10%, що є цілком прийнятною для реалізації віртуального фантому при оцінці площі сцинтиграфічного зображення нирок. Точки максимумів накопичення РФП в перпендикулярному напрямленні по відношенню до головної більшої осі органу розташовуються з зовнішньої медіальної сторони на відстані відповідно з параболічним законом. Розподіл радіоактивності вздовж «лінії профілю максимумів» також описується параболічною функцією. Зменшення радіоактивності від «лінії профілю максимумів» до найближчого краю нирки в перпендикулярному

напрямку по відношенню до головної осі описується опуклою параболою.

Оцінка верхньої межі ураження нирок проводилася шляхом розрахунку різниці реального зображення нирки та ідеалізованого.

Нижня межа ураження визначалась за рахунок пошуку на згладженому реальному зображенні нирки медіальним фільтром третього порядку ділянок локальних мінімумів (зон вгнутості) просторового розподілу РФП.

«Середнє» значення параметрів вогнищевих змін визначалось на основі зміни конура нирки при варіації процента відсічки тканинного фону.

На рис. 2 наведено приклад роботи розробленого програмного забезпечення сегментації зображення нирок з  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО.

Приклади результатів оцінки ураженості паренхіми нирок за рахунок вогнищевих змін у пацієнтів, що досліджувались, наведені в табл. 1, де Р – відсоток включення РФП в нирку на 150 хвилині після введення РФП.

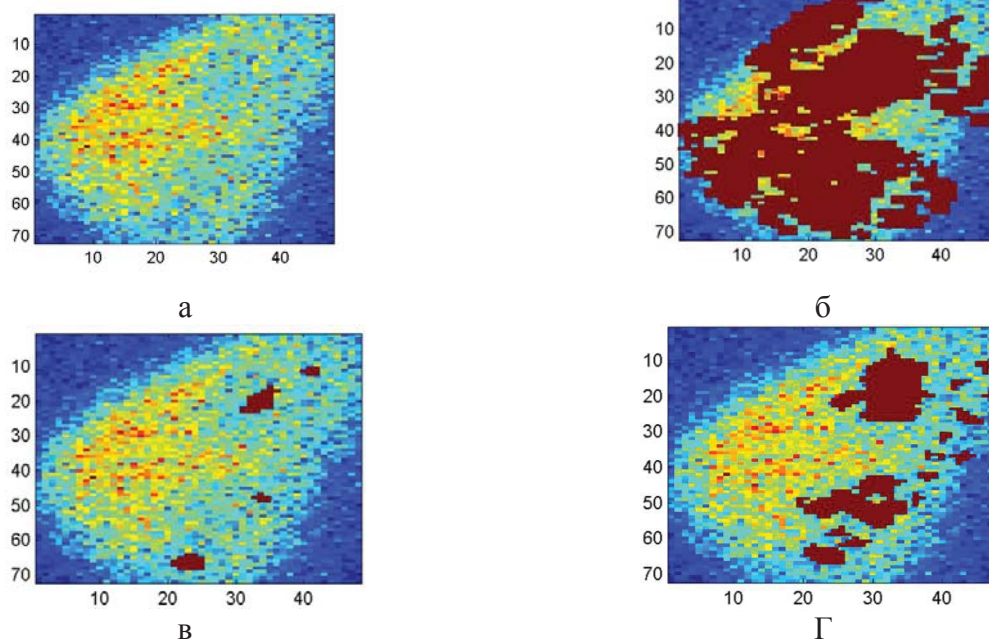


Рис. 2. Приклад результатів сегментації площі вогнищевих змін в паренхімі нирки: а – вихідне зображення; б – оцінка верхньої межі ураження; в – нижньої границі; г – «середня» оцінка

Аналіз наведених даних показує, в середньому в пацієнтів, що досліджувались, площа ураження збільшилась на 0,5%, 3,8 % і 6,3 % відповідно до нижньої, середньої та верхньої оцінки; кількість функціонуючої паренхіми змінилось у середньому не більше ніж на 0,5 %. Однак, індивідуальний аналіз свідчить, що площа ураження може зменшитись від 4 до 30 %, а кількість функціонуючої паренхіми збільшитись на 4,5 - 8,5 %. При цьому всі три оцінки ступеня ураження як правило дають однакову динаміку. За критерієм S (площа вогнищевих уражень по відношенню до всієї нирки) нижня межа та «середня» оцінка корелюють між собою зі значенням 0,7; верхня межа

корелює з середньою оцінкою за критерієм кількості ураженої паренхіми зі значення 0,5. Інші взаємні кореляції між критеріями S та E прямують до 0. Це свідчить, що різні показники оцінки є незалежними й доповнюють один одного за інформативністю.

Середнє значення S (площа ділянок вогнищевих змін на планарному зображенні нирок) та E (кількість нефункціонуючої паренхіми за рахунок вогнищевих змін) для нижньої границі, «середньої» оцінки та верхньої межі для первинного і вторинного дослідження у вигляді гістограм приведені на рис. 3 – 8.

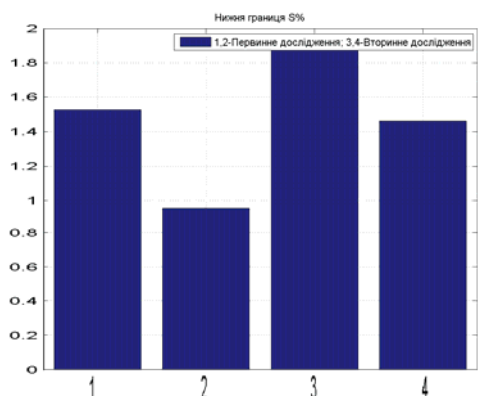


Рис. 3. Нижня межа площі вогнищевих змін паренхіми нирок ( $S, \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4- для правої нирки)

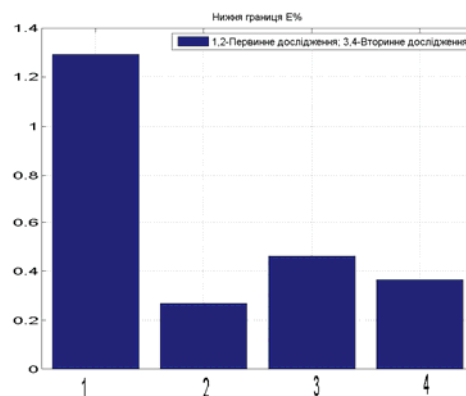


Рис. 4. Нижня межа зменшення функціональної активності паренхіми нирки за рахунок вогнищевих змін ( $E \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4- для правої нирки)

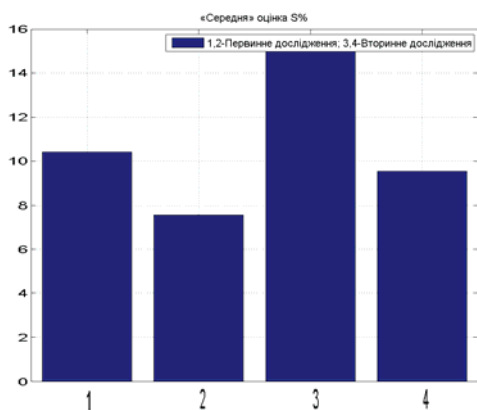


Рис. 5. «Середня оцінка» площі вогнищевих змін паренхіми нирок ( $S, \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4-для правої нирки)

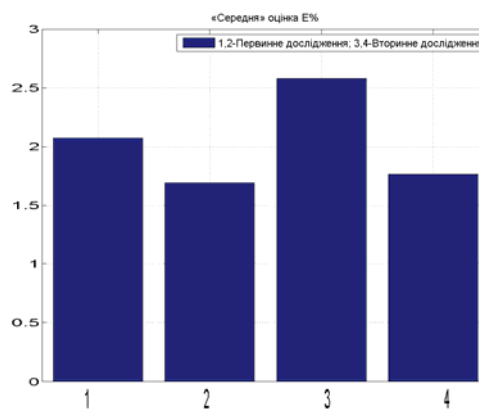


Рис. 6. «Середня оцінка» зменшення функціональної активності паренхіми нирки за рахунок вогнищевих змін ( $E \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4- для правої нирки)

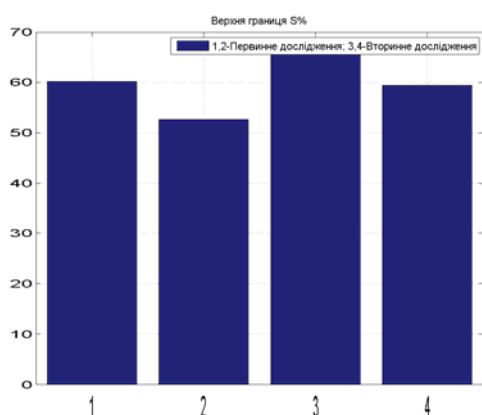


Рис. 7. Верхня межа площі вогнищевих змін паренхіми нирок ( $S, \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4- для правої нирки)

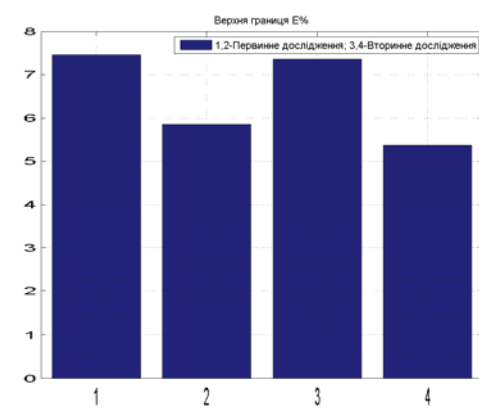


Рис. 8. Верхня межа зменшення функціональної активності паренхіми нирки за рахунок вогнищевих змін ( $E \%$ ): 1,2-первинне дослідження; 3,4-вторинне дослідження (1,3- для лівої нирки 2,4- для правої нирки)

Статистичний аналіз даних, наведених на рис. 3 – 8, свідчить, що імовірність появи вогни-

щевих змін паренхіми лівої нирки дещо більша ніж в правої. Можна припустити, що це пов'язано



з тим, права нирка за фізіологічними особливостями в нормі має менш функціональну здатність в порівнянні з лівою ниркою в межах 5-20%. Таким чином на основі дослідження ми одержали такі результати. Низькі значення взаємного коефіцієнту кореляції між різними алгоритмами оцінки ступеня ураження паренхіми свідчать про їх незалежність і необхідність застосування одразу трьох методів для розрахунку нижньої, верхньої межі та «середньої» оцінки.

#### **Висновки**

1) При оцінці ступеня ураження паренхіми нирок за даними сцинтиграфії  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСО чітке визначення кількості вогнищевих змін має дискусійний характер. Тому, таку оцінку доцільно визначати як нечітку множину окрім того було визначено нижню, верхню межі ураження та «середню» оцінку. /однакові/

2) Дослідження ефективності роботи цих алгоритмів сегментації сцинтиграфічних зображень нирок показують їх достатню інформативність. Для адекватної оцінки необхідно застосовувати одразу три незалежні методи: розрахунок нижньої, верхньої межі та «середньої» оцінки.

3) На основі кількісного аналізу функціонального стану нирок показано, що при вдалому лікуванні можна очікувати зменшення зони вогнищевих уражень до 6% за площею та до 30 – 50% за кількістю функціонуючої паренхіми. Також, в середньому у дослідженнях, площа ураження збільшилась на 0,5%, 3,8 % і 6,3 % відповідно до нижньої, середньої та верхньої оцінки; кількість функціонуючої паренхіми змінилось у середньому не більше ніж на 0,5 %. Індивідуальний аналіз свідчить, що площа ураження може зменшитись від 4 до 30 %, а кількість функціонуючої паренхіми збільшитись на 4,5 - 8,5 %.

Попередні клінічні випробування ефективності роботи представлених алгоритмів дозволяє говорити про їх діагностичну інформативність і доцільність їх застосування при проведенні досліджень структурно-функціонального стану паренхіми нирок.

#### **Література**

1. Нирки. Медична енциклопедія. – Режим доступу: <http://medical-enc.com.ua/kidney.htm>
2. Ніколов М.О. Комп'ютерний метод вимірювання розмірів нирок при аналізі сцинтиграфічних зображень / М. О. Ніколов, В. Ю. Кундін, Н. М. Степанова, С. П. Тихолоз // Променева діагностика, променева терапія. – 2006. – № 4. – С. 70 – 74.
3. Лишманов Ю. Б. Радионуклидная диагностика для практических врачей / Ю. Б. Лишманов, В. И. Чернова. – Томск: STT, 2004. – 394 с.
4. Основные сцинтиграфические параметры оценки структурно-функционального состояния почек / Кундин В. Ю.”– Режим доступу: <http://radiolog.kiev.ua/nauchnye-trudy>.
5. Система анализа и обработки медицинских изображений с малоконтрастными объектами. – Режим доступу: <http://www.dissercat.com/content/sistema-analiza-i-obrabotki-meditsinskikh-izobrazhenii-s-malokontrastrnymi-obektami#ixzz3z6SZ8Jf>
6. Nikolov N. A. Stochastic Properties of Nephrosцинтиграфические Images with  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA / N. A. Nikolov, D. A. Supruniuk., A. N. Smetaniuk / Proceedings of the IEEE XXXIII International Scientific Conference “Electronics and Nanotechnology” (ELNANO-2013). April 16-2, 2013, Kiev, Ukraine. – P. 246 – 250.
7. Сегментация изображений почек с  $^{99m}\text{Tc}$ -ДМСА” Режим доступу: <http://utfym.org.ua/index.php?newsid=86>

**В. Б. Чижевский, Н. А. Николов, Н. Н. Коваленко**

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

#### **КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ СЦИНТИГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЧЕК**

Объект исследования - морфофункциональное состояние паренхимы почек. Предмет исследования – методы сегментации сцинтиграфических изображений почек.

Целью работы является оценка информативности методов сегментации нефросцинтиграфических изображений при рассмотрении очаговых изменений в паренхиме почек как нечеткого множества.

С каждым годом роль медицинских изображений в медицине растет, в результате внедрения новой медицинской техники. Сложность анализа и объемы данных бывают очень большими. Поэтому проблема автоматизации этого процесса является актуальной. На данный момент существует большое количество стандартных методов сегментации, но из-за плохой четкости медицинских изображений результаты их работы содержат большую погрешность.

В работе сопоставлена информативность трех методов. В результате было выявлено, что они дополняют друг друга, так как анализируют изображения, используя различный подход. Что позволяет по новому взглянуть на дефекты накопления радиофармпрепарата в проблемных местах органа.

**Ключевые слова:** сцинтиграфия, гамма-камера, радиофармпрепарат, функции почек, сегментация.

**V. B. Chyzhevskiy, M. O. Nikolov, M. M. Kovalenko**

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine*

### COMPUTER ANALYSIS OF SCINTIGRAPHIC IMAGES OF KIDNEY

The object of study - the morphofunctional state of renal parenchyma. Subject of research - methods of segmentation scintigraphic imaging of the kidneys.

The objective of this work is to assess the information content of the image segmentation methods nephrostintigrafichnih when considering the focal changes in the renal parenchyma as an indistinct set.

Every year, the role of medical imaging in medicine is increasing as a result of the introduction of new medical technology. The complexity of the analysis and data volumes are very large. Therefore the problem of automation of this process is important. At the moment, there are a large number of standard segmentation methods, but because of a bad clarity of medical images of their works contain a large error. The work is comparable to the information content of the three methods. As a result, it was found that they complement each other so the image is analyzed using a different approach. That allows for a fresh look at the accumulation of defects in the radiopharmaceutical in problem areas of organ.

**Keywords:** scintigraphy, gamma camera, radiopharmaceutical renal function, segmentation.

*Надійшла до редакції 17 квітня 2016 року*

*Рецензовано 20 травня 2016 року*

© Чижевський В. Б., Ніколов М. О., Коваленко М. М., 2016

УДК 615.831.7

## ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ ТЕРАПЕВТИЧНИХ ІНТЕНСИВНОСТЕЙ НА КЛАСТЕРНУ СТРУКТУРУ ДИСТИЛЬОВАНОЇ ВОДИ

<sup>1)</sup>Терещенко М. Ф., <sup>1)</sup>Кравченко А. Ю., <sup>2)</sup>Чухрасєв М. В., <sup>3)</sup>Курлянцева А. Ю.

<sup>1)</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>Науково-методичний центр «Медичні інноваційні технології», м. Київ, Україна; <sup>3)</sup>Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського, м. Київ, Україна

E-mail: [agfarkpi@i.ua](mailto:agfarkpi@i.ua), [tol890@ukr.net](mailto:tol890@ukr.net)

У даній роботі приведено результати досліджень зміни розмірного спектру і концентрації оптичних неоднорідностей дистильованої води під впливом ультразвуку терапевтичних інтенсивностей, джерелом яких виступав фізіотерапевтичний апарат «МІТ-11», залежно від тривалості самого впливу. Вимірювання проводились за допомогою приладу «Кластер-1», принцип роботи якого полягає у проходженні зондуючого випромінювання із довжиною хвилі 633 нм і щільністю потоку потужності до 1 мВт/см<sup>2</sup> через досліджуване середовище із наступною програмною обробкою дифракційної картини.

**Ключові слова:** ультразвукова терапія, оптичні неоднорідності, кластерна структура, дистильована вода.

### Вступ

Ультразвукові коливання на сьогодні набули широкого поширення у медичних системах, що можна побачити у представленому сьогодні на ринку асортименті ультразвукових приладів та апаратів [1]. У роботі досліджено вплив ультразвуку, що генерується комбінованим фізіотерапевтичним апаратом «МІТ-11» [2] на структуру дистильованої води. Фіксація ефекту змін від дії ультразвуку в характеристиках води реєструється за допомогою приладу «Кластер-1» [3].

Досліджено також дистильовану воду, оскільки вона має важливу роль у життєдіяльності жи-

вої клітини і організму загалом. Через те, що вода виконує в організмі суттєві різноманітні функції: разом із іншими органічними та неорганічними з'єднаннями, вона бере участь у якості основного компонента у формуванні єдиної внутрішньоклітинної структури, завдяки якій досягається характерна для живої тканини тонка впорядкованість. У різних організмів і особливо у різних біологічних тканинах тварин і людини вміст води коливається у значних межах: в біологічних рідинах (кров, лімфа) вміст води складає від 88 до 99%; в кістковій тканині її кількість зменшується до 20-24% [4].