

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ТОМОГРАМ ОКА ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИЧНОЇ КОГЕРЕНТНОЇ ТОМОГРАФІЇ

¹Вінницький національний технічний університет,

²Кафедра очних хвороб, Вінницький національний технічний університет ім. М.І.Пирогова,

Анотація: В даній роботі запропоновано використання блоків нечіткої логіки при вирішенні постановки діагнозу щодо стадії прогресування ІМР. Зокрема, було взято до уваги, процес отримання томограм макулярної області сітківки ока, за допомогою сучасного діагностичного методу ОКТ.

Ключові слова: нечіткі множини, оптична когерентна томографія, ідіопатичний макулярний розрив

І. Вступ

Сучасний розвиток технологій діагностики ока сягнув високих можливостей. Поряд з цим існує ряд проблем, з якими повсякденно зустрічаються лікарі під час практики особливо при дослідженні дна ока. Для цих цілей в клінічній практиці використовують сучасні діагностичні методи: оптичну когерентну томографію (ОКТ), гейдельбергську ретинальну томографію, лазерну ретинальну поляриметрію, скандувальний аналізатор товщини сітківки. Вони можуть дати суттєву інформацію про структуру та склад дна ока, які дослідити неозброєним оком лікаря неможливо [1,2].

При проведенні аналізу існуючих патологій дна ока, було виділено основні проблемні напрямки, які вирішуються до цього часу провідними спеціалістами та фахівцями. Одним з таких порушень, що призводять до необоротного погіршення зору, є сенильні, або ідіопатичні макулярні розриви, які найдоцільніше діагностувати за допомогою ОКТ [3].

ІІ. Основна частина

Інформація про стан тканини, що отримується за допомогою ОСТ, відображає не тільки структуру, але і її функціональні особливості. На рисунку 1 видно, що високий ступінь світлового відбиття характерний для шару нервових волокон, пігментного епітелію сітківки, хоріокапілярів, низький – для склоподібного тіла і фоторецепторів. Зовнішній край сітківки при ОСТ обмежений високофоторефлектуючим яскраво-зеленим шаром, який являє собою єдиний комплекс пігментного епітелію сітківки і шару хоріокапілярів, однак під фовеа, де пігментація найбільш насичена, відзначається дисоціація цих шарів [3,4]. Треба відзначити, що *in vivo* товщина шару хоріокапілярів більша, ніж це визначається при гістологічних дослідженнях, так як припинення кровотоку в судинах після смерті і порушення обмінних процесів в тканинах призводить до їх витончення. Більш темна смуга, яка визначається на томограмі безпосередньо перед комплексом пігментного епітелію сітківки – хоріокапілярів, представлена фоторецепторами. Різкий контраст між ними дозволяє проводити вимірювання товщини ретинальної тканини. У центрі жовтої плями вона складає в середньому 150 мкм, біля краю макули - близько 250 мкм. Яскраво зелена лінія на внутрішній поверхні сітківки відповідає шару нервових волокон. Склоподібне тіло в нормі оптично прозоре тому на томограмі має чорний колір.

Виділяють наступну класифікацію ІМР [4]:

1) Передрозрив – клінічно проявляється рідко, в основному у пацієнтів з повним макулярним розривом на іншому оці. Характеризується появою жовтої плями в зоні фовеоли (рис. 2 а).

2) Ламілярний розрив – дефект сітківки в центрі фовеа, коли ще зберігається шар фоторецепторів (рис. 2 б). Інкولی виглядає як перед розрив, тому подекуди вчасно не діагностується. Скловидне тіло може при цьому повністю відшаруватись в зоні дефекту.

3) Наскрізний розрив – має округлий дефект сітківки діаметром більше 400 мкм, в якого задня гіалоїдна мембрана з псевдокришечкою або без неї, при цьому задня частина склоподібного тіла відшаровується (рис. 2 в). Гострота зору знижується до позначки 0,1 та менше, за рахунок втрати фоторецепторів.

Зміни сітківки навколо розриву відображається також наявністю набряку, розрізняють такі його види: дифузний набряк; дрібнококістозний набряк; великококістозний набряк.

Логічні рівняння для визначення наявного патологічного стану, виходячи з бази даних, будуть мати такий вигляд:

$$\mu^{y_1} = \mu^H(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^C(x_3) \cdot \mu^C(x_4) \cdot \mu^B(x_5) \cdot \mu^H(x_6)$$

$$\begin{aligned} \mu^{y_2} &= \mu^H(x_1) \cdot \mu^H(x_2) \cdot \mu^B(x_3) \cdot \mu^H(x_4) \cdot \mu^C(x_5) \cdot \mu^H(x_6) \\ \mu^{y_3} &= \mu^{HC}(x_1) \cdot \mu^{HC}(x_2) \cdot \mu^{BC}(x_3) \cdot \mu^{BC}(x_4) \cdot \mu^{BC}(x_5) \cdot \mu^{HC}(x_6) \\ \mu^{y_4} &= \mu^C(x_1) \cdot \mu^C(x_2) \cdot \mu^{HC}(x_3) \cdot \mu^{HC}(x_4) \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^C(x_6) \\ \mu^{y_5} &= \mu^B(x_1) \cdot \mu^{BC}(x_2) \cdot \mu^{HC}(x_3) \cdot \mu^{BC}(x_4) \cdot \mu^{HC}(x_5) \cdot \mu^B(x_6) \\ \mu^{y_6} &= \mu^B(x_1) \cdot \mu^B(x_2) \cdot \mu^H(x_3) \cdot \mu^B(x_4) \cdot \mu^H(x_5) \cdot \mu^B(x_6) \end{aligned}$$

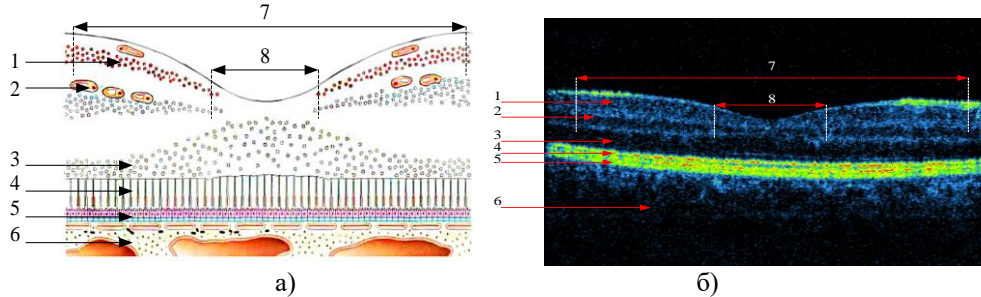


Рис. 1. а) Поперечний переріз фовеа; б) нормальна томограма сітківки макулярної зони; де 1 – внутрішній ядерний шар сітківки, 2 – внутрішня примежева мембрана з шаром нервових волокон, 3 – шар фоторецепторів, 4 – пігментний епітелій з прилягаючими до нього хоріокапілярами, 5 – біполярні клітини, 6 – хоріоїдеа, 7 – фовеа, 8 – фовеола

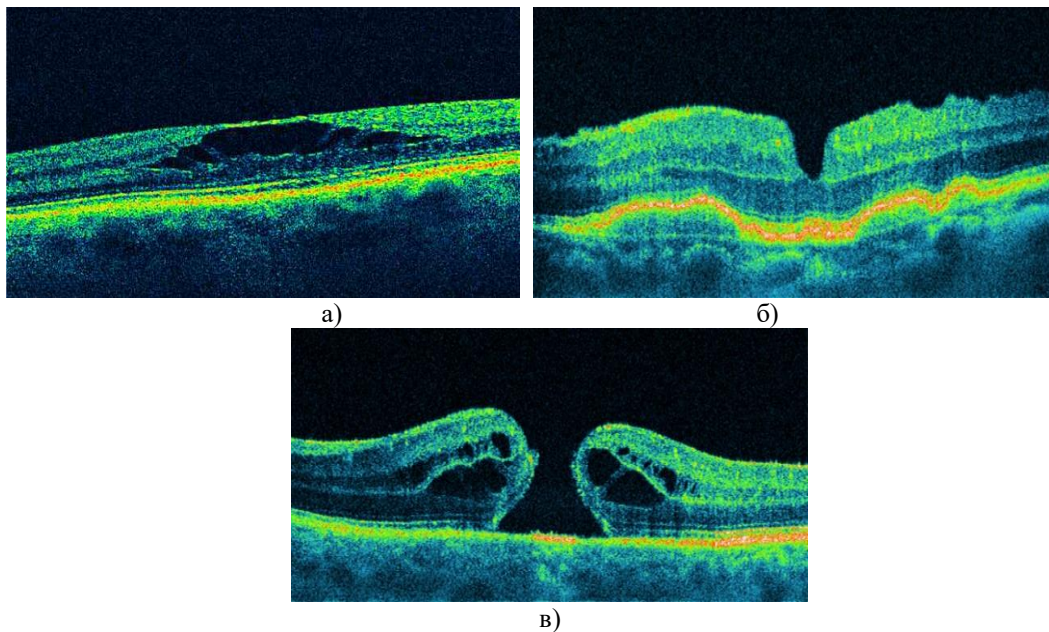


Рис. 2. Томограма макулярної області, що отримана за допомогою ОКТ а) передрозрив, б) ламінарний розрив, в) наскрізний розрив

Для розв'язання цих логічних рівнянь, необхідно визначити функції належності $\mu^y(x_n)$ нечітких термів у (H, B) для усіх факторів x_n , де у – значення стадій розвитку ІМР, n – кількість факторів, $n = 1 \dots 6$ [5, 6].

Для реалізації роботи блоків настроювання, зберігання функцій належності та нечіткого оброблення та виведення експертної системи в основу були покладені принципи отримання достовірного діагнозу на основі нечітких множин [5, 6, 7, 8]. Основна ідеологія роботи блоків нечіткої логіки відображена на рис. 3.

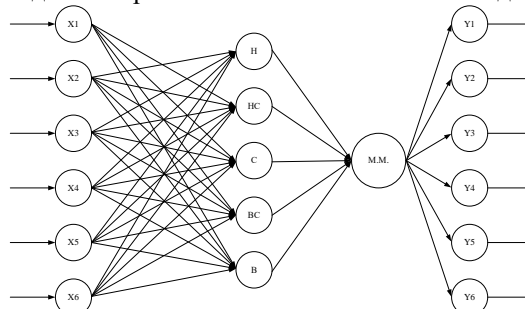


Рис. 3. – Принцип роботи блоків нечіткої логіки

III. Висновок

В даній роботі запропоновано використання блоків нечіткої логіки при вирішенні постановки діагнозу щодо стадії прогресування ІМР. Зокрема, було взято до уваги, процес отримання томограм макулярної області сітківки ока, за допомогою сучасного діагностичного методу ОКТ. Основними інформативними показниками прогресування патології були наступні: наявність набряку в макулярній зоні, діаметр утвореного дефекту, в результаті прогресування ІМР, товщина сітківки з зони фовеоли, товщина сітківки в зоні фовеа, стан центрального зору, наявність відшарування скловидного тіла. Для проведення розрахунків було створено базу даних на основі термів. В результаті було отримано принцип роботи блоків нечіткої логіки біомедичної системи для аналізу структурних змін при діагностиці сітківки ока.

IV. Література

- [1] Tadrous P. J. Methods for imaging the structure and function of living tissues and cells. I. Optical Coherence Tomography / P. J. Tadrous // J. Pathol. 2000.-Vol. 191.-P. 115-119.
- [2] Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
- [3] Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages
- [4] Проскуров С.Г. Визуализация кровеносных сосудов при помощи оптической когерентной томографии / С.Г. Проскуров, С.В. Фролов // Медицинская техника - М., 2012. - №3. - с.9-13
- [5] Takada, K. New measurement system for fault location in optical waveguide devices based on an interferometric technique / Takada, K., Yokohama, I., Chida, K., and Noda, J. // Appl. Opt. – vol. 26. – pp. 1603–1606, 1987.
- [6] Кански Д. Клиническая офтальмология: систематизированный подход. Пер. с англ. / Д. Кански. – М.: Логосфера, 2006. – 744 с.
- [7] Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In Fussy and Neuro-Fussy Systems in Medicine (Eds: N. Teodorescu, A. Kandel, I. Lain.). – USA. CRC-Press, 1998, pp. 235–295.
- [8] Оптико-електронні технології аналізу біомедичних зображень: монографія / [В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, І. І. Бурденюк, Рамі Ребхі Хамді] – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 155 с.
- [9] S. V. Pavlov; V. B. Vassilenko; I. R. Saldan; D. V. Vovkotrub; A. A. Poplavskaya, et al. Methods of processing biomedical image of retinal macular region of the eye, *Proc. SPIE* 9961, Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces V, 99610X (September 26, 2016); doi:10.1117/12.2237154.
- [10] Yosyp R. Saldan, Sergii V. Pavlov, Dina V. Vovkotrub, Yulia Y. Saldan, Valentina B. Vassilenko, and etc. Efficiency of optical-electronic systems: methods application for the analysis of structural changes in the process of eye grounds diagnosis", *Proc. SPIE* 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104450S (7 August 2017); doi: 10.1117/12.2280977.

Павлов Сергій Володимирович, професор, д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Салдан Йосип Романович, професор, д.м.н., професор кафедри очних хвороб та мікрохірургії ока, Вінницький національний медичний університет ім. М.Пирогова, e-mail: saldan@vnmu.edu.ua

Тимчик Сергій Васильович, доцент, к.т.н., декан факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tymchyksv@ukr.net

Бабюк Наталія Петрівна, доцент, к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, e-mail: babiuk@vntu.edu.ua

INFORMATION TECHNOLOGY FOR ANALYSIS OF STRUCTURAL CHANGES IN THE DIAGNOSIS OF EYE TOMOGRAMS USING OPTICAL COHERENT TOMOGRAPHY

Abstract: *The process of obtaining tomograms eye using optical coherence tomography. We consider the stage of formation of idiopathic macular breaks in the diagnosis of the bottom of the eye. The basic stages of progression of retinal pathology. A fuzzy logic blocks for reliable conclusions about the outcome of diagnosis.*

Keywords: *fuzzy logic, membership function, optical coherence tomography, idiopathic macular break*

Pavlov Serhii Volodymyrovych, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: psv@vntu.edu.ua.

Saldan Yosyp Romanovych, Professor, MD, Professor of the Department of Ophthalmology and Eye Microsurgery, Vinnytsia National Medical University. M. Pirogov, e-mail: saldan@vnmu.edu.ua.

Tymchyk Serhii Vasyliovych, Associate Professor, Ph.D., Dean of the Faculty of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tymchyksv@ukr.net.

Babyuk Natalia Petrovna, Associate Professor, Ph.D., Associate Professor of Software, Vinnytsia National Technical University, e-mail: babiuk@vntu.edu.ua.