

С.В. ПАВЛОВ, Д.В. ВОВКОТРУБ, С.О. РОМАНЮК

Вінницький національний технічний університет

Й.Р. САЛДАН

Вінницький національний медичний університет

АНДРЕС УТРЕРАС

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Еквадор

## СИСТЕМА АНАЛІЗУ СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПРИ ДІАГНОСТИЦІ ТА ОЦІНЦІ СТАНУ ПРОГРЕСУВАННЯ ПАТОЛОГІЙ СІТКІВКИ ОКА

*За результатами теоретичних та практичних досліджень, розроблено систему та методіку аналізу стану макулярної області сітківки ока, застосування якої на основі апарату нечіткої логіки підвищує ефективність комплексного діагностування сітківки ока.*

*Ключові слова: система, нечітка логіка, патології сітківки ока, ідіопатичні макулярні розриви.*

S.V. PAVLOV, D.V. VOVKOTRUB, S.O. ROMANYUK

Vinnytsia National Technical University

I.R. SALDAN

Vinnytsia National Medical University

ANDRES J. UTRERAS

Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

## SYSTEM ANALYSIS OF STRUCTURAL CHANGES IN DIAGNOSIS AND ASSESSMENT OF PROGRESSION RETINAL PATHOLOGIES

*As a result of theoretical and practical research, developed system and method of analysis of the macular area of the retina of the eye, which shall be based on fuzzy logic increases the efficiency of complex retinal diagnosis.*

*Keywords: system, fuzzy logic, retinal pathology, idiopathic macular breaks.*

### Вступ

Ідіопатичний макулярний розрив (ІМР) є одним з найбільш поширених уражень центральної області сітківки, який припускає дефект сітківки в області жовтої плями, що виникає у пацієнтів похилого віку. Незважаючи на ряд досліджень, етіологія і патогенез ІМР представлені недостатньо. Основним приладом, що реєструє та проводить аналіз даних патологій є оптичний когерентний томограф (ОКТ). Для детальної оцінки стану ока, було запропоновано оцінити ряд показників під час діагностики. Основними критеріями відмінності однієї стадії патології від іншої, які дають змогу детально дослідити томограму макулярної області сітківки ока, були наступними: наявність набряку в макулярній зоні, діаметр утвореного дефекту, в результаті прогресування ІМР, товщина сітківки з зони фовеола, товщина сітківки в зоні фовеа, стан центрального зору, наявність відшарування скловидного тіла.

Для того щоб прийняти рішення в умовах неповної інформації про стан сітківки ока, було створено модель, яка «описує» хід думок лікаря при постановці діагнозу. Для цього було запропоновано розробити та реалізувати блок настроювання функцій належності, з використанням нечіткої логіки, зокрема нечітких множин.

### Основна частина

Відомо, що при встановленні діагнозу та проведенні лікування сітківки ока, лікарі все частіше опираються на біомедичні зображення, які отримані за допомогою оптичного когерентного томографа. Це призводить до додаткових труднощів з їх обробленням за універсальними критеріями, що знижують достовірність, надійність діагностичного процесу в офтальмології в цілому. Тому все частіше виникає потреба у використанні алгоритмів аналізу та обробки біомедичних зображень, що дають можливість допомогти медичному персоналу впоратись із великим об'ємом даних, забезпечивши їм надійну підтримку діагностування та лікування. При цьому було встановлено, що наявність в ході неоднозначності інтерпретації даних стосовно стану ока пацієнта, викликає у дослідника суперечності, які необхідно вирішувати шляхом підвищення достовірності оцінювання стану сітківки очного дна, створивши для цього систему, що буде проводити оброблення та оцінювання отриманих зображень.

Була розроблена системи аналізу структурних змін при діагностиці ІМР та було отримано патент на корисну модель № 72141 [1]. Корисна модель належить до області інформаційно-вимірювальної та біомедичної діагностичної техніки і може бути використана для створення ефективних систем діагностики з можливістю постійного контролю і, в разі необхідності, доповнення, а також представлення біомедичної інформації у графічній формі, яка буде зрозумілою користувачеві.

В основу корисної моделі поставлена задача створення системи аналізу, в якій за рахунок введення блоку нечіткого оброблення та виведення, блоку зберігання функцій належності, блоку введення інформації та її попередньої обробки, блоку формування баз знань, блоку поповнення баз знань, блоку користувача та блоку настроювання функцій належності, та їхнього розташування, досягається можливість внесення та поповнення бази знань, налагоджування функцій належності, оброблення складної ієрархічної структури

вхідних змінних, що призводить до опрацювання більшої кількості даних, покращення обробки біомедичних зображень, оброблення вхідних даних, які мають описовий характер, доповнення бази знань та контролю достовірності системи, що в свою чергу дає можливість детальніше проводити діагностику хворого [2-3].

На рисунку 1 подано структурну схему системи, яка містить ПЗЗ-матрицю 1, кварцовий генератор 2, підсилювач 3, блок керування 4, генератор управляючих та часових імпульсів 5, блок балансу каналів 6, блок балансу білого 7, аналого-цифровий перетворювач 8, буферний блок 9, блок керування регістрів 10, цифровий відеопорт 11, блок налаштування функцій належності 12, блок зберігання функцій належності 13, блок зберігання еталонів 14, блок введення інформації та її попередньої обробки 15, блок нечіткого оброблення та виведення 16, блок формування баз знань 17, блок поповнення баз знань 18, користувач 19, інтерфейс 20, дисплей 21, інформаційний вихід 22.

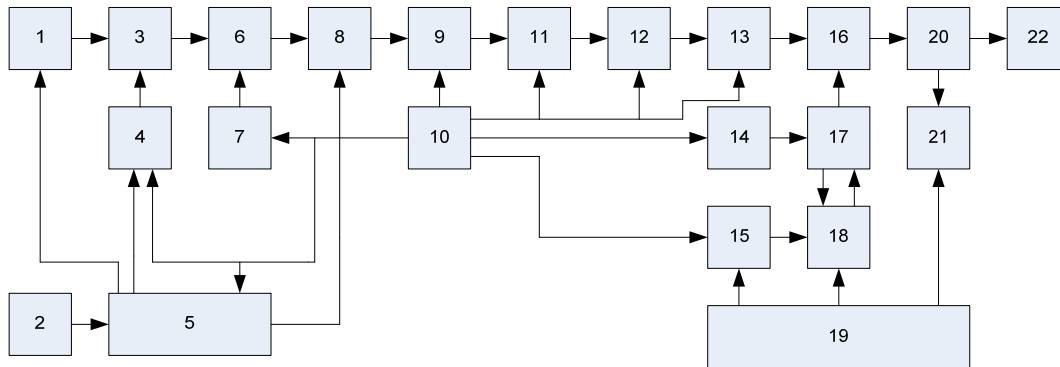


Рис. 1. Структурна модель системи

Розроблена система працює наступним чином. Біомедична інформація реєструється за допомогою ПЗЗ-матриці 1, де перетворюється в електричний сигнал, який реєструється блоком 3. Отриманий підсилений сигнал подається на аналого-цифровий перетворювач 8, під час передачі проводиться попередній аналіз сигналів за допомогою блоків балансу каналів 6 та балансу білого 7, після перетворення, оцифрований сигнал потрапляє до буферного блоку 9. Кварцовий генератор 2, генератор управляючих імпульсів 5 та блок керування регістрів 10, задають синхроімпульси, які подаються на блок керування 4, що проводить синхронізацію роботи блоків. Оцифрований сигнал з буферного блоку 9, через цифровий відеопорт 11 подається через блок налаштування функцій належності 12 та блок зберігання функцій належності 13 в блок нечіткого оброблення та виведення 16, який допускає оброблення складної ієрархічної структури вхідних змінних, які можуть бути подані у вигляді дерева.

Користувач 19 може вносити корективи та поповнювати базу знань 17, вводити інформацію в блок введення інформації та попередньої обробки 15, налагоджувати функції належності 12 та переглядати отриману інформацію на дисплеї 21. Також в базу знань 17 поповнюють інформацією із блоку поповнення баз знань 18 та блоку зберігання еталонів 14. Інформація передається через інтерфейс 20 на дисплей 21 що відображає результат роботи системи.

Для підвищення інформативності та достовірності оброблення біомедичних зображень, інформація через інтерфейс 20 і інформаційний вихід пристрою 22 подається на комп'ютер.

Технічний результат: підвищилась швидкодія системи, можна покращити обробку біомедичних зображень, доповнювати базу знань та контролю достовірності системи, що в свою чергу дає можливість детальніше проводити діагностику хворого.

Закладена в основу модель системи (рис. 1), із врахуванням того, що в ролі оптико-електронного апарату виступає SOCT Sorenius набула вигляду, що зображено на рисунку 2. Для передачі створених томограм було створено блок введення інформації та її попереднього оброблення, який має обробляти зображення та точно ідентифікувати межу розділення між скловидним тілом та сітківкою ока, за допомогою розробленого методу. Надалі отримане оброблене зображення має бути записаним в блок поповнення баз знань, задля коректної інтерпретації при проведенні динаміки прогресу або регресу тієї чи іншої патології. Блок формування баз знань відповідає за збереження усіх даних, що були отримані раніше та еталонів, що існують з приводу норм та патологій макулярної зони сітківки ока. Надалі, отримані дані опрацьовуються блоками нечіткої логіки, що дадуть змогу, маючи в своєму ресурсі дані бази знань та отриманого зображення конкретного пацієнта, проводити аналіз та давати результат з приводу того чи іншого захворювання. Це дасть можливість лікарю під час діагностики, таких серйозних захворювань сітківки ока як ІМР отримати більше даних та зробити коректний висновок, щодо стану пацієнта.

Було реалізовано блоки нечіткої логіки наступним чином. Спочатку було отримано функції перетворення для оцінки стану прогресування ідіопатичних макулярних розривів (ІМР) [4]. Щоб розробити та реалізувати блок налаштування функцій належності, блок налаштування, блок зберігання функцій належності та нечіткого оброблення та виведення було використано основи нечіткої логіки [5]. Для реалізації роботи даних блоків системи аналізу в основу були покладені принципи отримання достовірного діагнозу на основі нечітких множин [4].

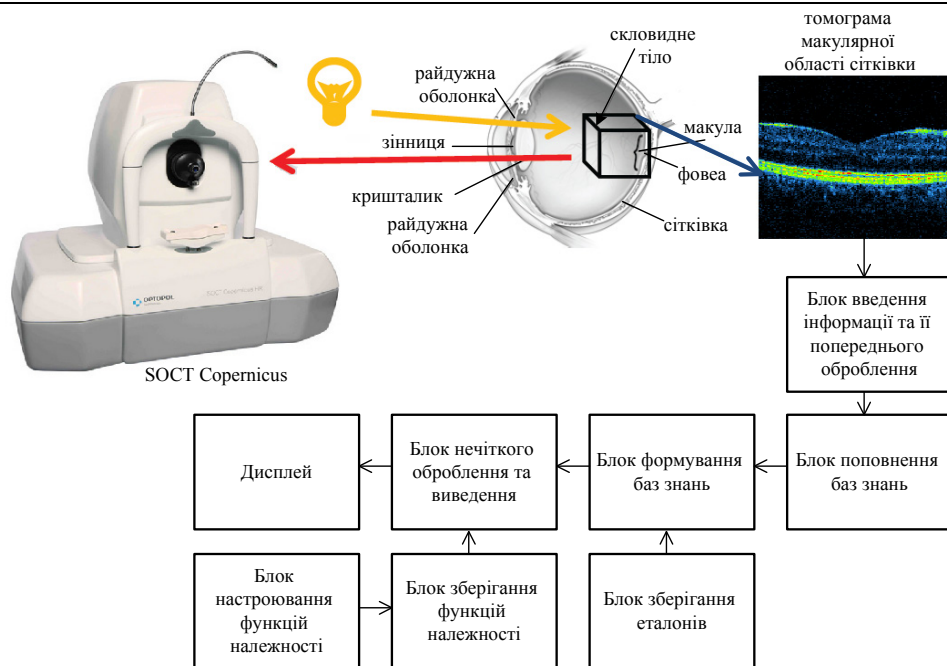


Рис. 2. Біомедична система аналізу структурних змін при діагностиці ІМР

Результатом реалізації була програмна оболонка, що працює наступним чином.

1. Користувачу пропонується після запуску програми ввести значення верхньої та нижньої шкали значень, що є в базі даних по певній патології, в нашому випадку ми вводимо значення, які є основними при визначенні стадії прогресування ІМР (рис.3). А саме  $x_1$  – наявність набряку, в залежності від ступеня та стадії розвитку набряку відзначається проміжок від 1-5 балів;  $x_2$  – величина середньої ширини ямки сітківки, в мкм;  $x_3$  – розмір товщини сітківки в фовеолярній зоні макули, мкм;  $x_4$  – розмір товщини сітківки в зоні фовеа макули, мкм;  $x_5$  – величина центрального зору, що відмічається в проміжку від 0-1;  $x_6$  – наявність відшарування скловидного тіла, що відмічається в проміжку 1-5 балів, в залежності від масштабності даного процесу в результаті прогресування ІМР [4].

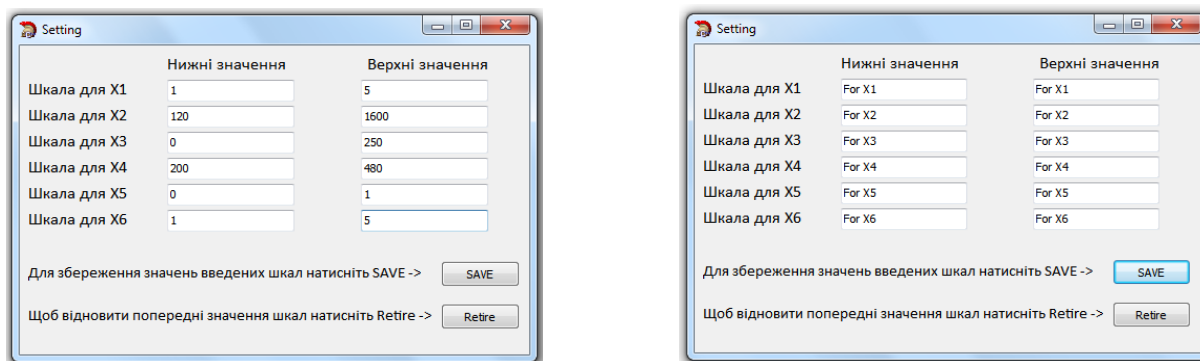


Рис. 3 Заповнення полів максимальними та мінімальними значеннями характеристик стадій прогресування ІМР

2. Для продовження роботи з програмою, після заповнення всіх полів потрібно натиснути «save», для відновлення попередніх даних, що були введені раніше, користувачу потрібно натиснути «retire».

3. Після проведених маніпуляцій, заповнюються поля із  $x_1$ - $x_6$  для конкретного випадку, що розглядається, для розрахунку відповідних  $y_1$ -  $y_6$  (рис. 4). Де  $y_1$  – макула в нормі,  $y_2$  – стадія 1а прогресування ІМР (передрозрив),  $y_3$  – стадія 1б прогресування ІМР(прихований розрив),  $y_4$  – стадія 2 прогресування ІМР(ранній повний макулярний розрив),  $y_5$  – стадія 3 прогресування ІМР, (встановлений повний макулярний розрив)  $y_6$  – стадія 4 прогресування ІМР. Стадія 1а– початкова форма ІМР, яку клінічно виявляють рідко, як правило її спостерігають у пацієнтів, що мали макулярний розрив на іншому оці.

4. Для виконання обрахунків потрібно натиснути, після заповнення полів кнопку «обрахувати».

Коли програма проведе обрахунки, буде висвітлено саме той діагноз, що відповідає введеним даним –  $\max M(y)$  (рис. 4). Тобто результатом обчислень із використанням основ нечіткої логіки є саме та стадія прогресування ІМР, яка найближче відображає патологію за вказаними показниками. В нашому випадку це стадія 1б прогресування ІМР. Відображене програмно-алгоритмічне забезпечення реалізоване в середовищі – Microsoft Visual Studio, за допомогою Visual C#, воно сумісне із наступними операційними системами: Windows 2000, Windows XP, Vista, Windows 7 та Windows 8.

В результаті було отримано принцип роботи блоків нечіткої логіки біомедичної системи для аналізу

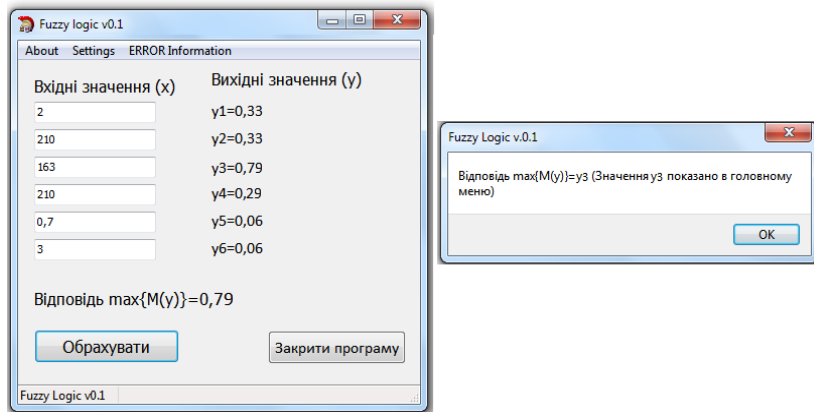


Рис. 4 Діалогове вікно програми із розрахованими значеннями  $\max M(y)$ , для визначення наявної стадії прогресування ІМР

### Висновки

Отримана система відноситься до біомедичної діагностичної техніки і може бути використана для створення ефективних систем діагностики з можливістю постійного контролю і, в разі необхідності, доповнення, а також представлення біомедичної інформації у графічній формі, яка буде зрозумілою користувачеві. За результатами теоретичних та практичних досліджень, сформовано методику аналізу стану макулярної області сітківки ока з використанням апарату нечіткої логіки дає можливість підвищити ефективність комплексного діагностування патологій очного дна.

### Література

1. Патент України на корисну модель № 72141, (51) МПК (2012) А61В 5/00 Оптико-електронна експертна система / С. В. Павлов, Д. В. Вовкотруб, А. Б. Огородніков; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № 201200576; заявл. 18.01.2012; опуб. 10.08.2012, Бюл. №15.
2. Оптико-електронна експертна система для обробки біомедичних зображень / С. В. Павлов, Д. В. Вовкотруб, В. Д. Мартинюк, А. Б. Огородніков // Одинадцята міжнародна науково-технічна конференція «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» 5-8 червня 2012 р.: тези доповідей. – Хмельницький: ХНУ, 2012. – С. 29.
3. Інформаційна оптико-електронна технологія аналізу реологічних властивостей крові / С. В. Павлов, А. М. Коробов, Д. В. Вовкотруб [та ін.] // V Міжнародна Антарктична конференція «Антарктика і глобальні системи Землі: нові виклики та перспективи», 17-19 травня, 2011 р.: тези доповідей. – К.:КІП, 2011. – С. 300-301.
4. Павлов С. В. Створення блоків нечіткої логіки біомедичної системи для аналізу структурних змін при діагностиці томограм ока ОКТ / С. В. Павлов, Д. В. Вовкотруб // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – №2.(43). – С. 146-152
5. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.
6. Оптико-електронні методи і засоби для обробки та аналізу біомедичних зображень: Монографія / В.П. Кожем'яко, С.В. Павлов, К.І. Станчук; Вінницький національний технічний університет. - Вінниця : УНИВЕРСУМ-Вінниця, 2006.- 203 с.

### References

1. Patent Ukrayiny na korysnu model' № 72141, (51) МПК (2012) А61В 5/00 Оптико-електронна експертна система/ S. V. Pavlov, D. V. Vovkotrub, A. B. Ohorodnikov; zayavnyk i patentovlasnyk Vynnyts'kyi natsional'nyy tekhnichnyy universytet. – № 201200576; zayavl. 18.01.2012; opub. 10.08.2012, Bjul. №15.
2. Optyko-elektronna ekspertna systema dlya obrobky biomedychnykh zobrazhen' / S. V. Pavlov, D. V. Vovkotrub, V. D. Martynyuk, A. B. Ohorodnikov // Odyndatsyata mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya «Vymiryuval'na ta obchyslyuval'na tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh» 5-8 chervnya 2012 r.: tezy dopovidey. – Khmel'nyts'kyi: KhNU, 2012. – S. 29.
3. Informatsiyana optyko-elektronna tekhnolohiya analizu reolohichnykh vlastyvostey krovi / S. V. Pavlov, A. M. Korobov, D. V. Vovkotrub [ta in.] // V Mizhnarodna Antarktychna konferentsiya «Antarktyka i hlobal'ni systemy Zemli: novi vyklyky ta perspektyvy», 17-19 travnya, 2011 r.: tezy dopovidey. – K.:KPI, 2011. – S. 300-301.
4. Pavlov S. V. Stvorennia blokv nechetkoi lohiky biomedychnoi systemy dlia analizu strukturykh zmin pry diahnostytsi tomogram oka OKT / S. V. Pavlov, D. V. Vovkotrub // Vymiryuvalna ta obchyslyuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – 2013. – №2.(43). – S. 146-152
5. Rotshtein A.P. Intel'ektualnie tehnologii identyfikatsii, nechetkaya logika, geneticheskie algoritmi, neironnie seti / A.P. Rotshtein. – Vinnica: UNIVERSUM-Vinnica, 1999. – 320 s.
6. Optoelectronic methods and tools for processing and analysis of biomedical images: Monography / V.P. Kozhemiako, S.V. Pavlov, K.I. Stanchuk; Vynnytsia National Technical University - Vinnitsa: Universum -Vynnytsia, 2006. – 203 P.