

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

СТРАШНЕНКО ГАННА МИКОЛАЇВНА

УДК 004.91:617.7-007.681-07

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ І ПРОГНОЗУВАННЯ
ПЕРВИННОЇ ВІДКРИТОКУТОВОЇ ГЛАУКОМИ**

Спеціальність 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Висоцька Олена Володимирівна,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, професор кафедри біомедичної
інженерії.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Злепко Сергій Макарович,
Вінницький національний технічний університет,
завідувач кафедри проектування медико-біологічної
апаратури;

доктор технічних наук, професор
Поворознюк Анатолій Іванович,
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут», професор кафедри
обчислювальної техніки та програмування.

Захист відбудеться «28» січня 2014 р. о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К64.052.05 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розіслано «24» грудня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



І.В. Лисицька

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У всьому світі однією з актуальних проблем в сучасній офтальмології є глаукома, яка займає одне з провідних місць серед причин сліпоти та слабкозорості. Найбільш часто (близько 80%) хворі страждають відкритокутовою формою захворювання. При цьому хвороба розвивається непомітно та виявляє себе тільки тоді, коли з'являються грубі порушення зорових функцій (розвинена стадія), домогтися стабілізації процесу в цих стадіях стає дуже важко, якщо взагалі можливо.

Оскільки прогресуючі порушення зорових функцій часто розвиваються непомітно для пацієнта, а в підсумку саме вони призводять до обмеження працездатності, погіршення якості життя, дуже важливий адекватний контроль за перебігом захворювання. Тому пошук більш чутливих методів, що дозволяють знайти самі ранні, доклінічні порушення у хворих глаукомою, а також розробка нових методів прогнозування характеру перебігу захворювання, що сприяють своєчасному якісному лікуванню пацієнтів та запобіганню їх інвалідизації, представляються актуальним завданням в офтальмології.

В офтальмології складні сучасні дослідження неможливі без застосування обчислювальної техніки. До таких досліджень можна віднести комп'ютерну колориметрію, ультразвукову доплерографію, ретинальну та оптичну когерентну томографію та ін. Кількість інформації, яка отримується в результаті таких досліджень, настільки велика, що без спеціальних засобів лікар-офтальмолог нездатний її в повному обсязі сприйняти та обробити. Існуючі інформаційні системи діагностики глаукоми не повною мірою задовольняють вимогам офтальмологічної практики та дозволяють лише поліпшити ведення медичної документації та аналізу деякої медичної інформації. В даний час, розробка та застосування сучасних інформаційних технологій в медичній практиці для отримання за досить короткий час точних кількісних оцінок, які необхідні фахівцеві при постановці правильного діагнозу та виборі адекватної лікувальної тактики, виключно важливі.

Тому тема дисертаційної роботи, що спрямована на розробку нових методів та засобів діагностики і прогнозування ПВКГ, є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основу роботи складають результати теоретичних та практичних досліджень, що виконані автором у рамках науково-дослідної роботи по держбюджетній темі ХНУРЕ «Дослідження теоретичних та технічних принципів діагностики, оцінки та корекції медико-соціального стану людини» (№ д/р 0110U002532), а також планових робіт за договором «Про науково-технічне співробітництво між Харківським національним університетом радіоелектроніки та Харківською медичною академією післядипломної освіти» (№ 116). У зазначених темах здобувач був виконавцем окремих розділів.

Мета й завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості раннього виявлення первинної відкритокутової глаукоми (ПВКГ) та прогнозу характеру її перебігу шляхом розробки нових методів та засобів діагностики і прогнозування ПВКГ.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз існуючих математичних моделей, методів та засобів ранньої діагностики та прогнозування глаукоми;
- формалізувати задачу діагностики ПВКГ, що складається з двох етапів: попередньої та уточнюючої, для вибору методу лікування;
- розробити метод попередньої діагностики ПВКГ;
- розробити метод уточнюючої діагностики ПВКГ;
- розробити метод прогнозування характеру перебігу ПВКГ;
- запропонувати та реалізувати інформаційну технологію діагностики і прогнозування ПВКГ, а також забезпечити автоматизацію процесу постановки діагнозу за допомогою створеного автоматизованого робочого місця (АРМ) лікаря-офтальмолога;
- провести експериментальну перевірку розроблених методів та інформаційної технології з використанням АРМ лікаря-офтальмолога.

Об'єктом дослідження є процес виявлення ПВКГ на ранніх стадіях розвитку та прогнозування характеру її перебігу.

Предметом дослідження є математичні моделі, методи та засоби діагностики і прогнозування ПВКГ.

Методи дослідження. У роботі використані методи багатовимірного статистичного аналізу (дискримінантний аналіз) – для визначення наявності ПВКГ з урахуванням інформативних ознак, які відіграють важливу роль на ранніх стадіях розвитку ПВКГ; метод аналізу мереж – при побудові мережної моделі для уточнення стадії ПВКГ та вибору тактики лікування; формалізовані методи прогнозування (ланцюги Маркова) – для побудови математичної моделі прогнозування характеру перебігу ПВКГ; критерії оптимальності в умовах невизначеності – для оцінки ефективності АРМ лікаря-офтальмолога.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше розроблено метод попередньої діагностики ПВКГ, який враховує при постановці діагнозу інформативні показники як ретинотомографії, так і кінетичної периметрії, що сприяє своєчасному якісному лікуванню та запобіганню інвалідизації пацієнтів;

- вперше розроблено метод уточнюючої діагностики ПВКГ, який заснований на формалізації експертних оцінок та враховує зворотні зв'язки між показниками, що робить можливим уточнення ступеня тяжкості захворювання при спостережуваних ознаках у конкретного пацієнта та призначення відповідного лікування;

- вперше розроблено метод прогнозування характеру перебігу ПВКГ, який базується на використанні математичного апарату марковських процесів для опису перебігу глаукоми, що дозволяє підвищити якість лікувально-діагностичних заходів.

Практична цінність отриманих результатів:

- запропонована інформаційна технологія, яка використовує розроблені методи діагностики і прогнозування ПВКГ, що дозволяє визначати ПВКГ на початкових стадіях розвитку, призначати відповідне лікування та прогнозувати характер її перебігу;

– розроблено АРМ лікаря-офтальмолога, в основу якого покладена інформаційна технологія діагностики і прогнозування ПВКГ, що дозволяє підняти на новий рівень якість обслуговування хворих глаукомою та скоротити час дослідження. Результати дисертаційної роботи були клінічно апробовані в Харківській міській клінічній лікарні № 14 ім. Л.Л. Гіршмана та впроваджені в роботу (акти клінічної апробації та впровадження результатів дисертаційної роботи);

– результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес на кафедрі біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки при викладанні дисциплін «Медичні інформаційні системи», «Вступ до спеціальності», в курсовому та дипломному проектуванні (акт впровадження результатів дисертаційної роботи).

Особистий внесок здобувача. Всі положення дисертації, які виносяться на захист, основні результати теоретичних та експериментальних досліджень отримані автором самостійно. У роботах, що опубліковані в співавторстві, автору належить: синтез матриці ймовірностей переходів, яка отримана на основі експертного оцінювання [1]; розробка фізичної моделі бази даних [2]; розробка схеми інформаційної технології ранньої діагностики та прогнозування ПВКГ [3]; побудова територіальної карти розподілу здорових та хворих глаукомою в залежності від стадії захворювання [4]; опис принципу роботи інформаційної системи ранньої діагностики глаукоми [5]; синтез суперматриці мережної моделі для визначення стадії ПВКГ [6]; отримання канонічних коефіцієнтів дискримінантних функцій для істотних при визначенні початкових стадій глаукоми [7]; оцінка ступеня вдалого розподілу на групи, корисність дискримінантних функцій та кількість функцій, що мають реальний зміст при визначенні відмінностей між групами [8]; розробка марковського ланцюга, що складається з 18 дискретних станів [9]; оцінка якості розробленого автоматизованого місця в порівнянні з відомими засобами діагностики і прогнозування ПВКГ [10]; порівняльний аналіз методів прогнозування характеру перебігу ПВКГ [11]; визначення 8 параметрів, що дозволяють на початковій стадії глаукоми визначати зміни просторових параметрів диска зорового нерва [12]; побудова орієнтованого графа станів для математичної моделі послідовностей лікувально-діагностичних заходів при ПВКГ [13]; опис етапів, які включає інформаційна технологія ранньої діагностики ПВКГ [14]; побудова структурної схеми біотехнічної системи визначення ранніх стадій ПВКГ [15]; проведення порівняльної характеристики відомих серверних систем управління базою даних [16]; доповнення інформаційної технології підетапами перевірки узгодженості оцінок в матриці парних порівнянь та визначення узагальненого показника випадкової узгодженості [17]; визначення функціональних обов'язків біомедичного інженера при вирішенні медичних задач в офтальмології [18]; розробка мережної моделі для визначення стадії ПВКГ [19]; розробка мережної моделі для вибору методу лікування ПВКГ [20]; розробка автоматизованого робочого місця лікаря-офтальмолога [21]; синтез двох дискримінантних функцій, що описують розвиток початкових стадій ПВКГ [22]; синтез матриці тривалостей перебування пацієнта в різних станах [23]; отримання векторів пріоритетів альтернативних методів лікування для кожної стадії ПВКГ [24]; розробка основного програмного модуля «Діагностика» АРМ лікаря-офтальмолога [25].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати та положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на різних міжнародних та національних науково-технічних конференціях, зокрема, на: Міжнародних молодіжних форумах «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», Харків, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Міжнародних міждисциплінарних науково-практичних школах-конференціях «Сучасні проблеми науки та освіти», Севастополь, Ялта, 2010, 2011; Всеросійських науково-технічних конференціях студентів, молодих вчених і фахівців «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы «Биомедсистемы»», Рязань, 2008, 2010, 2011; XI конференції з біоніки, біокібернетики та прикладної фізики, Київ, 2010; XV Всеросійській науково-технічній конференції студентів, молодих вчених і фахівців «Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании «НИТ-2010»», Рязань, 2010; 4-му Міжнародному радіоелектронному форумі «Прикладна радиоэлектроника. Стан та перспективи розвитку», Харків, 2011; III Міжнародній конференції «Біомедична інженерія і технологія», Київ, 2011; XX Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (МісгоCAD-2012), Харків, 2012; Міжнародній молодіжній школі проектного управління «Пегас-2012», Білгород, 2012; Всеукраїнському конкурсі «Інноваційний прорив 2012», Київ, 2012; Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Сучасні тенденції розвитку приладобудування», Луганськ, 2012; IV Міжнародному економічному форумі «Інновації. Інвестиції. Харківські ініціативи », Харків, 2013; IX Міжнародному салоні винаходів та нових технологій «Новий час», Севастополь, 2013; Міжнародному форумі «Khar'kov-IT», Харків, 2013.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 34 наукові праці, в тому числі: 7 статей у наукових виданнях, що входять до переліку ДАК МОН України для публікації результатів дисертаційних робіт з технічних наук [1-6, 26]; 3 статті у наукових виданнях, фахових з інших наук [7-9]; 3 статті у міжнародних фахових виданнях [10, 11, 27]; 17 публікацій за матеріалами доповідей на міжнародних конференціях [12-21, 28-34]; 3 патенти України на корисну модель [22-24]; 1 державне свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір [25].

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, у яких викладено основні результати, висновків, списку використаних джерел, який нараховує 126 найменувань, 4 додатків. Повний обсяг дисертації складає 201 сторінка, з них 149 сторінок основного змісту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано її актуальність, сформульовано мету та основні завдання дослідження, визначені об'єкт, предмет і методи дослідження, наукова новизна та практична значущість отриманих результатів, наведено дані про публікації та особистий внесок автора в роботах, що виконані у співавторстві, відомості про апробацію результатів дисертації.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан питання раннього виявлення ПВКГ та прогнозування характеру її перебігу, охарактеризовано питання, які підлягають першочерговому розв'язанню. Виконано аналіз математичних моделей, методів та засобів, що використовуються в діагностиці глаукоми та її прогнозуванні.

Методи ранньої діагностики та прогнозування ПВКГ відрізняються великою різноманітністю. Однією з найбільш відомих є комплексна методика діагностики ПВКГ, яка затверджена МОЗ України та заснована на виявленні вже наявної клінічно значущої симптоматики, що унеможлиблює її використання при виявленні ПВКГ на ранніх стадіях розвитку. Останнім часом для прогнозування клінічного перебігу ПВКГ з'явилася можливість залучати мережний метод, основними недоліками якого є високі вимоги до несуперечності навчальної вибірки, ресурсоемність процесу навчання. Загалом можна сказати, що діагностика початкових стадій ПВКГ та її прогнозування є важкими процедурами навіть для досвідченого лікаря.

Оптимальна діагностика повинна проводитися в два етапи: попередня, що направлена на встановлення наявності ПВКГ на ранній стадії розвитку, та уточнююча, яка дозволяє уточнити ступінь тяжкості глаукоматозного процесу [6]. При розробці попереднього методу діагностики ПВКГ одним з ключових питань є отримання мінімального набору інформативних ознак, що достатні для повного опису захворювання. Для визначення інформативних ознак, які характеризують початок перебігу ПВКГ, пропонується при розробці попереднього методу діагностики ПВКГ використовувати дискримінантний аналіз, який дозволяє наступне: враховує варіабельність параметра, розглядає сукупність всіх клінічних та параклінічних показників, взятих зі своїми коефіцієнтами, що відображають питому вагу впливу кожного показника на постановку діагнозу.

При постановці уточнюючого діагнозу лікар-офтальмолог стикається з ознаками (наслідками) та ймовірними стадіями ПВКГ (причинами), які далеко не завжди є незалежними. Коли існують взаємозалежні ознаки, задача визначення діагнозу, якому вони відповідають, ускладнюється. Лікування засноване на діагнозі, правильність якого, в свою чергу, залежить від того, наскільки вірно лікарі можуть встановити відносини між ознаками та стадіями. При цьому різні діагнози призводять до різних стратегій лікування. Тому, для розробки методу уточнюючої діагностики ПВКГ було прийнято рішення використовувати метод аналізу мереж (МAM), який дає логічну основу для зв'язку ознак з іншими знаннями про хворобу. Один з головних аспектів МAM пов'язаний з представленням експертних суджень за допомогою надійного математичного апарату.

Для розробки методу прогнозування характеру перебігу ПВКГ пропонується використовувати математичний апарат марковських процесів, що обумовлено такими обставинами: для марковських процесів добре розроблений математичний апарат, що дозволяє вирішувати багато практичних завдань; за допомогою марковських процесів можна описати поведінку досить складних систем.

В даний час для діагностики глаукоми відомі наступні автоматизовані системи: «Изохрома», «Кампиметрия», «GlaukStad», які не повною мірою

задовольняють вимогам офтальмологічної практики, тому можна зробити висновок про необхідність розробки нового АРМ лікаря-офтальмолога, що дозволить автоматизувати процес постановки діагнозу та покращити роботу лікаря-офтальмолога при прийнятті рішення.

У другому розділі проведена формалізація задачі інформаційної підтримки прийняття рішення на різних етапах діагностики і прогнозування ПВКГ, розроблені методи попередньої та уточнюючої діагностики ПВКГ.

Інформаційна підтримка лікаря-офтальмолога при прийнятті рішення на різних етапах діагностики, лікування пацієнтів з ПВКГ полягає в реалізації наступних перетворень:

$$F1: X_i \rightarrow S_i, F1': (X_i', S_i) \rightarrow S_i', F2: S_i' \rightarrow L_i.$$

Процес діагностики ПВКГ виконується в два етапи $F1$ і $F1'$.

На першому етапі відбувається попередня діагностика ПВКГ. У результаті перетворення $F1$ на підставі аналізу вектора вхідних діагностичних ознак X_i , визначається наявність у m -го пацієнта ПВКГ на ранніх стадіях розвитку з використанням методу дискримінантних функцій.

На другому етапі здійснюється уточнююча діагностика ПВКГ з урахуванням взаємозалежних та взаємопов'язаних ознак, що характеризують процес прогресування захворювання. У результаті перетворення $F1'$ визначається стадія ПВКГ m -го пацієнта S_i' на підставі аналізу вектора інформативних діагностичних ознак X_i .

Перетворення $F2$ вирішує задачу вибору методу лікування ПВКГ L_i з урахуванням встановленої стадії S_i' та індивідуальних особливостей m -го пацієнта.

Після кожного з розглянутих вище етапів діагностики та лікування ПВКГ проводиться процес верифікації, при якому особа, яка приймає рішення, або підтверджує дане рішення, або коригує його.

Був розроблений метод попередньої діагностики ПВКГ за допомогою дискримінантного аналізу з метою встановлення наявності глаукоми на ранній стадії розвитку. Для коректного застосування дискримінантних функцій при вирішенні задачі попередньої діагностики ПВКГ використовувалися дві вибірки пацієнтів: одна для обчислення дискримінантних функцій (навчальна), друга – перевірна (для перевірки результатів розрахунку на підставі першої вибірки). Розроблений метод полягає в наступному.

На першому етапі відбувається відбір даних, що необхідні для проведення дослідження глаукоми на ранніх стадіях розвитку. Усі якісні та кількісні показники подаються кодуванню. Далі відбувається описовий аналіз даних.

Потім визначається необхідний обсяг вибірки за наступною формулою:

$$n_{\omega} = \frac{z^2 \cdot \omega \cdot (1 - \omega)}{\Delta_{\omega}^2},$$

де z – стандартизоване значення коефіцієнта довіри Стюдента при заданому рівні надійності $\gamma = 0,95$; ω – хворі, що страждають на ПВКГ, %; Δ_{ω} – гранична помилка вибірки (5÷6%).

Після цього здійснюється відбір найбільш інформативних ознак та розрахунок канонічних коефіцієнтів для включення в модель дискримінантних функцій виду:

$$DF_{km} = b_1 \cdot x_{1km} + b_2 \cdot x_{2km} + \dots + b_p \cdot x_{pkm} + b_o,$$

де DF_{km} – значення канонічної дискримінантної функції для m -го пацієнта в k -й групі; x_{ikm} – значення дискримінантної змінної i для m -го пацієнта в k -й групі; p – число дискримінантних змінних; b_i та b_o – канонічні коефіцієнти.

У загальному випадку розраховується l лінійних дискримінантних функцій, що рівне кількості аналізованих груп мінус 1, після чого з використанням коефіцієнтів b_i та постійної b_o проводиться класифікація будь-якого довільного спостереження.

Для визначення розділової здатності та значущості кожної дискримінантної функції визначаються коефіцієнти канонічної кореляції та λ -статистика Уїлкса.

Далі на основі значень дискримінантних функцій відбувається побудова територіальної карти здорових та хворих на глаукому. На наступному етапі за допомогою квадрата відстані Махалобіса до середнього значення групи значень дискримінантної функції визначається група, до якої фактично належить пацієнт (норма або глаукома).

Потім здійснюється побудова графіка розподілу пацієнтів без будь-яких ознак на глаукому та з початковими стадіями глаукоми.

На заключному етапі формується діагностичний висновок. На підставі розрахованих значень дискримінантних функцій за територіальною картою визначається належність конкретного пацієнта до однієї з груп (норма або глаукома).

Після встановлення наявності ПВКГ в результаті використання розробленого методу попередньої діагностики далі необхідно уточнити ступінь тяжкості захворювання. Для цього був розроблений метод уточнюючої діагностики з використанням МАМ, який полягає в наступному.

Спочатку формулюються альтернативи, критерії, підкритерії. Для уточнення стадії ПВКГ як альтернативи виступають 4 ступеня тяжкості ПВКГ: S_1' – початкова (I стадія); S_2' – розвинена (II стадія); S_3' – за давнена (III стадія); S_4' – термінальна (IV стадія). Кожна зі стадій може бути діагностована за допомогою набору показників (критеріїв). Як критерії використовуються показники, що найбільш виражено характеризують перебіг ПВКГ: 14 морфометричних показників диска зорового нерва (ДЗН) X'_1, \dots, X'_{14} , які отримані в результаті конфокальної скануючої лазерної офтальмоскопії (HRT-II) та 8 показників поля зору X'_{15}, \dots, X'_{22} , що отримані в результаті кінетичної периметрії. Підкритеріями виступають градації кожного діагностичного показника, які були визначені експертним шляхом для відповідних стадій ПВКГ.

Для вибору методу лікування ПВКГ як альтернативи виступають три напрямки лікування ПВКГ: медикаментозне (P_1, \dots, P_6), лазерне (Z_1, \dots, Z_4) та хірургічне (N_1, \dots, N_4), які порівнюються за критеріями k_1, \dots, k_{10} ; d_1, \dots, d_8 и b_1, \dots, b_8 відповідно. При цьому залежно від стадії ПВКГ та рівня внутрішньоочного тиску як початковий метод лікування обирається тільки один. Кожен з наведених методів лікування ПВКГ спрямований на нормалізацію внутрішньоочного тиску та попередження зниження зорових функцій.

Далі на основі альтернатив, критеріїв, підкритеріїв, що формулюються, будується мережна модель для визначення стадії ПКВГ та вибору методу її лікування (рис. 1).

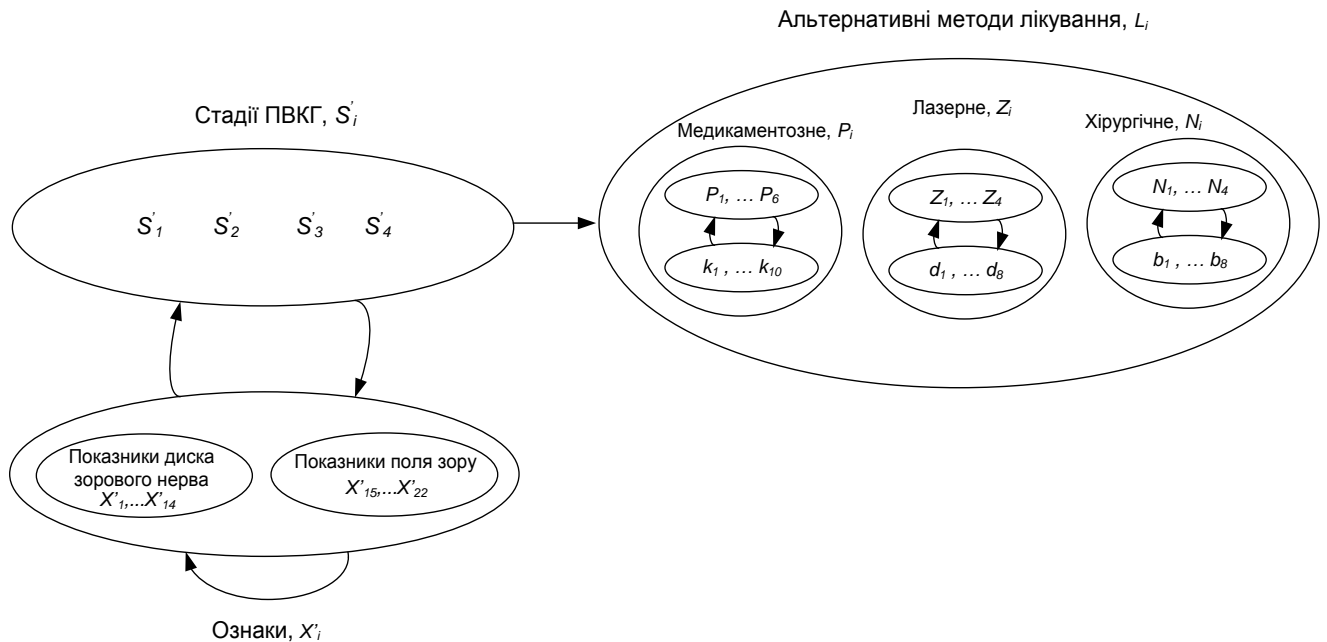


Рис. 1. Мережна модель для визначення стадії та вибору методу лікування ПКВГ

На наступному етапі на основі експертних суджень відбувається формування матриць парних порівнянь (МПП) виду:

$$A = [a_{11} \ a_{12} \ \dots \ a_{1n}; a_{21} \ a_{22} \ \dots \ a_{2n}; \dots; a_{n1} \ a_{n2} \ \dots \ a_{nn}],$$

де a_{ij} – чисельне вираження відносини ваги i -го елемента до ваги j -го елемента; n – кількість порівнюваних об'єктів. При цьому $a_{ji} = 1/a_{ij}$. Заповнюється лише верхня частина матриці, а діагональні елементи $a_{ii} = 1$.

При вирішенні задачі уточнення стадії ПКВГ розглядається 3-х рівнева ієрархія, для якої формується 214 МПП. Для вибору методу лікування конкретної стадії ПКВГ розглядається 2-х рівнева ієрархія, для якої формується 44 МПП.

Формування МПП є ітераційною процедурою та досить трудомістким процесом, який унеможливує виконувати формування МПП індивідуально для кожного пацієнта. Тому, для кожного діагностичного показника встановлені інтервали, які служать для визначення належності пацієнта до однорідної групи.

Потім з МПП, що заповнені експертами, визначаються вектори пріоритетів альтернатив, критеріїв та підкритеріїв. Для цього спочатку обчислюються локальні пріоритети порівнюваних елементів:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} / \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a_{ik}}, \quad (1)$$

де a_{ij}, a_{ik} – ступені i -го пріоритету j -го порівнюваного об'єкту над k -м.

Далі визначається вектор глобальних пріоритетів стадій згідно з формулою:

$$w_i^g = w_k \times w_a. \quad (2)$$

де w_k – матриця локальних пріоритетів нижнього рівня (ознак) розмірністю елементів $m \times n$; w_a – вектор-стовпець верхнього рівня (стадій) розмірністю n елементів.

Остаточним рішенням є та альтернатива, для якої елемент вектора глобальних пріоритетів є максимальним:

$$w_i^g \rightarrow \max.$$

На наступному етапі відбувається визначення узгодженості оцінок та помилки узгодженості в МПП. Як міра неузгодженості застосовується індекс узгодженості, який розраховується згідно з виразом (3).

$$I_S = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * \left(\sum_{j=1}^n a_{ji} \right) - n}{n - 1}. \quad (3)$$

Помилка узгодженості Δ_S розраховується за формулою:

$$\Delta_S = \frac{I_S}{I_{SS}}. \quad (4)$$

I_{SS} – табличне значення індексу узгодженості для випадкової матриці.

Якщо величина $\Delta_S \leq 0,15$, то ступінь узгодженості слід вважати доброю. В іншому випадку (якщо $\Delta_S > 0,15$) експерту рекомендується переглянути свої судження.

На підставі отриманих векторів локальних пріоритетів формується суперматриця для задачі уточнення стадії ПБКГ.

Суперматриця мережі, яка наведена на рис. 1, має вигляд:

$$W = \begin{array}{l} \text{Стадія} \\ \text{Ознаки} \\ \text{Лікування} \end{array} \begin{array}{c} \text{Стадія} \quad \text{Ознаки} \quad \text{Лікування} \\ \left\| \begin{array}{ccc} 0 & W_{12} & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ W_{31} & 0 & I \end{array} \right\| \end{array}$$

Пріоритети, що записані в матриці-блоці W_{12} , вказують на найбільш ймовірний діагноз, якому відповідають ознаки, що спостерігаються. На рівні ознак в матриці W_{21} записані пріоритети, що показують, яка ознака є більш характерною для даної стадії ПБКГ. Іншими словами, W_{12} являє ймовірності стадій, що викликають дану ознаку, а W_{21} – матриця відносної важливості (характерності) ознак для розглянутих діагнозів (стадій). Матриця W_{22} показує взаємні зв'язки між ознаками, які представляються експертними судженнями. Пріоритети, що записані в матриці-блоці W_{31} , показують який з альтернативних методів є більш відповідним для лікування конкретної стадії ПБКГ.

Потім отримана суперматриця приводиться до стохастичного виду та зводиться в граничні k ступені за формулою:

$$W^* = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N W^k,$$

де N – кількість членів чезарівської послідовності.

З граничної суперматриці для задачі уточнення стадії ПВКГ визначаються граничні пріоритети згідно формул (1) та (2).

На заключному етапі визначаються результуючі пріоритети альтернативних методів лікування ПВКГ та формується лікувально-діагностичний висновок. Стадія ПВКГ уточнюється згідно з отриманими граничними пріоритетами щодо значень ознак для граничної суперматриці. Максимальне значення граничного пріоритету буде відповідати конкретній стадії ПВКГ з ознаками, що спостерігаються. При заданих судженнях, згідно з отриманими результуючими пріоритетами альтернативних методів лікування ПВКГ та залежно від встановленої стадії ПВКГ, визначається який з методів її лікування є найбільш відповідним.

У третьому розділі дисертаційної роботи було розроблено метод прогнозування, інформаційну технологію діагностики і прогнозування ПВКГ та АРМ лікаря-офтальмолога.

З урахуванням стадії ПВКГ та варіантом її лікування, які були визначені за допомогою методу уточнюючої діагностики ПВКГ в другому розділі, необхідно спрогнозувати подальший перебіг захворювання. Для цього в даному розділі був розроблений на основі навчальної вибірки метод прогнозування характеру перебігу ПВКГ, який використовує для опису перебігу глаукоми математичний апарат марковських процес та виконується в наступній послідовності.

На першому етапі на основі інформації, що необхідна для прогнозування характеру перебігу ПВКГ, відбувається побудова графа марковського ланцюга перебігу глаукоматозного процесу:

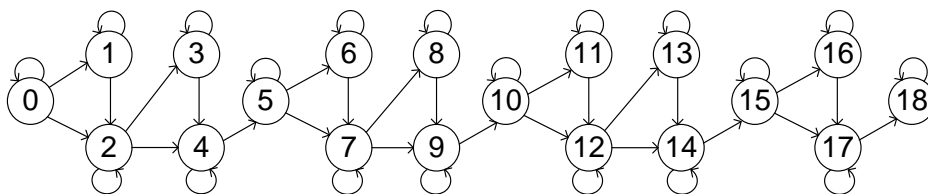


Рис. 2. Граф розробленого марковського ланцюга

де 0, 5, 10, 15 – стан «I, II, III, IV стадії ПВКГ, що вимагає медикаментозного лікування» (відповідно 0 – при I стадії, 5 – при II стадії, 10 – при III стадії, 15 – при IV стадії);

1, 6, 11 – стан «I, II, III стадії ПВКГ після лазерного лікування, який не потребує медикаментозного лікування»;

2, 7, 12 – стан «I, II, III стадії ПВКГ після лазерного лікування, що вимагає медикаментозного лікування»;

3, 8, 13, 16 – стан «I, II, III, IV стадії ПВКГ після хірургічного лікування, який не потребує медикаментозного лікування»;

4, 9, 14, 17 – стан «I, II, III, IV стадії ПВКГ після хірургічного лікування, що вимагає медикаментозного лікування»;

18 – стан «анофтальм» (відсутність ока).

Далі визначаються ймовірності переходів в можливі стани на основі експертного оцінювання. Матриця перехідних ймовірностей представляється у вигляді:

$$M = \begin{pmatrix} Q & R \\ O & E \end{pmatrix},$$

де Q – матриця, що описує поведінку процесу до виходу з безлічі безповоротних станів; R – матриця, що описує переходи з неповоротних в поглинаючий стан; O – нульова матриця; E – одинична матриця.

Після цього здійснюється визначення вектора ймовірностей знаходження пацієнта в тому чи іншому стані та відбувається розрахунок фундаментальної матриці ймовірностей переходів:

$$N = (E - Q)^{-1}.$$

На наступному кроці для прогнозування тривалості перебування пацієнта в різних станах визначається вектор дисперсій часу перебування в кожному стані:

$$D(t_i) = \frac{P_{ii}}{(1 - p_{ii})^2}, \quad (5)$$

де P_{ii} – ймовірність того, що система залишиться в стані i на наступному кроці ($i = j$).

Далі визначаються ймовірності того, що пацієнт буде перебувати в поглинаючому або будь-якому іншому стані та переліку лікувально-діагностичних заходів, що необхідні для стабілізації стану:

$$H = (N - E) \cdot N^{-1}_{dg}, \quad (6)$$

де N_{dg} – діагональна матриця, що складається з елементів матриці N , які розташовані на головній діагоналі останньої. Розраховані ймовірності будуть знаходитися в рядку з номером, який відповідний номеру стану на момент прогнозування.

На заключному етапі формується лікувально-діагностичний висновок. На підставі вектора ймовірностей знаходження пацієнта в конкретному стані згідно отриманих по формулах (5), (6) тривалостей та ймовірностей перебування пацієнта в різних станах здійснюють прогноз характеру перебігу ПВКГ.

Виходячи з основного визначення інформаційної технології та її базової схеми, інформаційна технологія діагностики і прогнозування ПВКГ може бути представлена наступним чином (рис. 3).

Етап 1. Процес діагностики і прогнозування ПВКГ починається зі збору інформації про загальний стан організму пацієнта, його скарги, анамнез життя та анамнез захворювання, а також про дані його діагностичного обстеження та результати їх обробки. Згідно наказу МОЗ України всім пацієнтам здійснюється загальноприйняте комплексне обстеження. Для реєстрації структурних змін ДЗН та

шару нервових волокон сітківки проводиться конфокальна скануюча лазерна офтальмоскопія з використанням ретинального томографа, за допомогою якого вдається виявити найменші зміни, що характеризують початок розвитку глаукоми. Вся отримана інформація заноситься в базу даних (БД). На етапі логічного проектування БД програмного засобу діагностики глаукоми була розроблена фізична модель схеми даних, яка заснована на реляційній системі управління БД SQLite, що не використовує парадигму клієнт-сервер та дозволяє як проток обміну використовувати виклики функцій (API) бібліотеки SQLite.



Рис. 3. Схема інформаційної технології діагностики та прогнозування ПВКГ

Етап 2. Визначення наявності ПВКГ на ранніх стадіях розвитку проводиться в наступній послідовності. Обирається набір інформативних діагностичних ознак, що найбільш виражено характеризують перебіг глаукоми та які були отримані в четвертому розділі в результаті застосування методу дискримінантних функцій. Інформативність ознак оцінювалася за F-критерієм Фішера, як відношення міжгрупової дисперсії Q ознаки до внутрішньогрупової E . Чим більше Q та менше E , тим більше діагностична інформативність ознаки. У дискримінантну модель включалися ознаки, для яких рівень значущості за F-критерієм $p < 0,05$. Далі за формулами (7) та (8), що отримані в четвертому розділі, розраховуються значення двох дискримінантних функцій. Потім згідно розрахованим значенням дискримінантних функцій по територіальній карті визначається приналежність пацієнта до однієї з груп (здоровий або глаукома).

Етап 3. Уточнення стадії ПВКГ для вибору тактики лікування. Визначення найбільш ймовірної стадії ПВКГ проводиться в наступній послідовності. Спочатку лікар-офтальмолог (експерт) у відповідності з отриманими діагностичними даними та на підставі власних умовиводів заповнює МПП стадій ПВКГ щодо ознак, які спостерігаються, з урахуванням індивідуальних особливостей пацієнта. А саме 2 матриці: МПП стадій ПВКГ щодо змін ДЗН та МПП стадій ПВКГ щодо змін поля зору.

Далі розраховуються пріоритети стадій ПВКГ щодо ознак. Для цього за отриманими на основі експертних оцінок МПП обчислюються локальні пріоритети порівнюваних елементів згідно виразу (1). Після цього визначається вектор глобальних пріоритетів альтернатив за формулою (2).

Потім перевіряється узгодженість оцінок в МПП, яка полягає у визначенні індексу узгодженості згідно з формулою (3) та помилки узгодження по формулі (4). Якщо помилка узгодження матриці буде перевищувати 0,15, то необхідно переглянути експертні судження, на основі яких була складена дана матриця.

Далі відбувається формування суперматриці для задачі визначення стадії ПВКГ на основі отриманих пріоритетів та приведення даної суперматриці до стохастичного виду. Після цього отримана суперматриця зводиться в граничні ступені.

Потім, згідно формулі (1), визначаються граничні пріоритети стадій ПВКГ та проводиться їх нормування. Максимальне значення у векторі отриманих пріоритетів буде відповідати найбільш ймовірній стадії ПВКГ з ознаками, що спостерігаються.

Вибір тактики лікування конкретного ступеня тяжкості ПВКГ відбувається в наступній послідовності. Спочатку лікар-офтальмолог (експерт) у відповідності з виявленою стадією ПВКГ та на підставі загального стану хворого заповнює одну МПП методів лікування ПВКГ для конкретної стадії.

Далі, відповідно до формул (1) та (2), обчислюються пріоритети альтернативних методів лікування з МПП, що заповнена експертом. Після цього визначається індекс узгодженості за формулою (3) та помилка узгодження згідно виразу (4). У разі перевищення помилки узгодження 0,15, експерту рекомендується переглянути свої судження.

На заключному етапі розраховуються результуючі пріоритети альтернативних методів лікування ПВКГ шляхом множення нормованих граничних пріоритетів стадій ПВКГ на вектор пріоритетів альтернативних методів лікування ПВКГ. Максимальне значення у векторі отриманих пріоритетів буде відповідати найкращому методу лікування конкретного ступеня тяжкості ПВКГ з ознаками, що спостерігаються.

Етап 4. Прогнозування характеру перебігу ПВКГ. Для вирішення цього завдання пропонується застосувати математичний апарат теорії марковських процесів. Метод полягає на першому етапі у визначенні вектора ймовірностей знаходження пацієнта в конкретному стані. Далі, згідно конкретного вектору ймовірностей, за отриманими в четвертому розділі матрицями за допомогою формул (5) та (6) визначають тривалості та ймовірності знаходження даного пацієнта в різних станах та, на підставі цього, роблять прогнозування характеру перебігу ПВКГ та визначення переліку лікувально-діагностичних заходів, що необхідні для стабілізації стану.

Етап 5. Формування лікувально-діагностичного висновку. На підставі інформації, що була отримана на етапах 2, 3, 4, лікар-офтальмолог робить висновок про діагноз, лікування та прогноз захворювання.

АРМ лікаря-офтальмолога – це його робоче місце, що оснащене персональним комп'ютером та являє собою самостійний програмно-технічний комплекс, який дозволяє в діалозі чи пакетному режимі вести обробку інформації та отримувати усі необхідні вихідні дані у вигляді екранних або друкованих форм.

Структурна схема розробленого АРМ лікаря-офтальмолога показана на рис. 4 та являє собою логічно ув'язану взаємодію біологічної та технічної підсистем.

На основі результатів, що отримані у другому та третьому розділах дисертації, розроблено програмне забезпечення «Glaucoma v 1.0» для АРМ лікаря-офтальмолога.

Система написана на мові програмування C/C++ з використанням бібліотек WTL, STL, Boost. Середовище розробки – Microsoft Visual Studio 2008. Для забезпечення усунення можливих помилок введена система валідації. Дана система відповідає всім сучасним вимогам забезпечення захисту персональних даних. Програма має зручний та простий у використанні інтерфейс, що важливо в роботі медичного персоналу. Діалогове вікно системи «Glaucoma v 1.0» представлено на рис. 5.

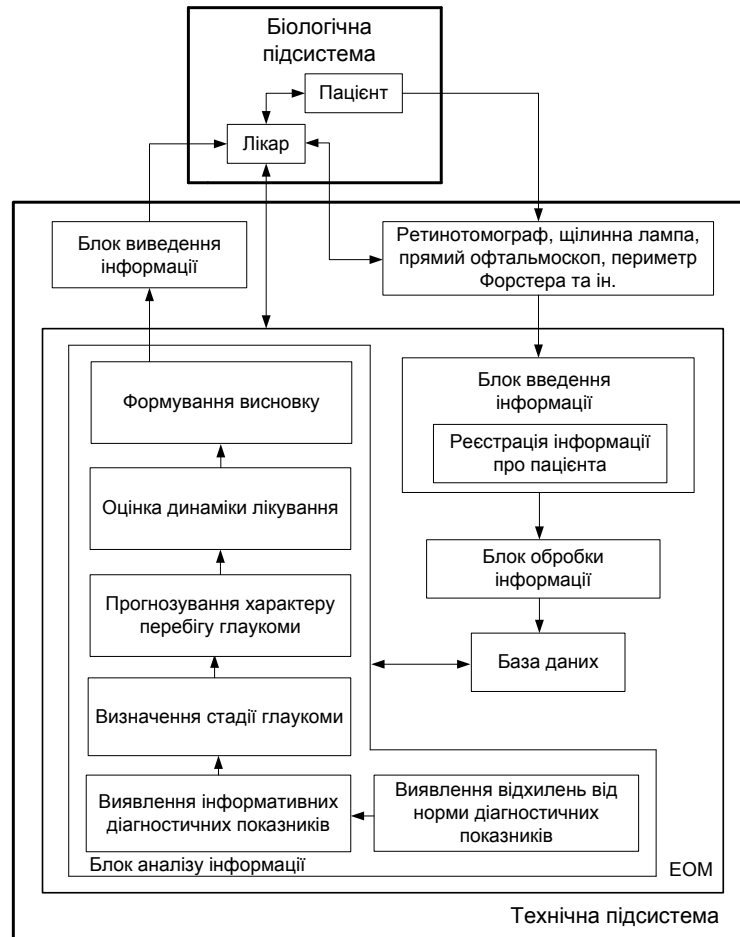


Рисунок 4 – Структурна схема АРМ лікаря-офтальмолога



Рис. 5. Діалогове вікно системи «Glaucoma v 1.0»

У четвертому розділі була виконана експериментальна перевірка розроблених методів та інформаційної технології діагностики і прогнозування ПВКГ на реальних

медичних даних, які були люб'язно надані доктором медичних наук Харківської медичної академії післядипломної освіти, проф. Дьоміним Ю.А. та лікарем-офтальмологом Харківської міської клінічної лікарні ім. проф. Л.Л. Гіршмана, Синенко С.А.

Для обчислення дискримінантних функцій використовувалася навчальна вибірка з 96 пацієнтів, що здорові та хворі на ПВКГ. Для визначення істотних для розвитку глаукоми властивостей було проаналізовано 30 ознак. Розрахунок методом дискримінантних функцій дозволив виявити 10 істотних для визначення початку глаукоми ознак. Розвиток початкових стадій ПВКГ може бути описаний наступними дискримінантними функціями:

$$DF1 = -2.259 \cdot X_1 - 4.271 \cdot X_2 - 2.903 \cdot X_3 - 0.227 \cdot X_4 + 0.237 \cdot X_5 + 8.655 \cdot X_6 + 9.496 \cdot X_7 + 0.168 \cdot X_8 + 0.049 \cdot X_9 - 4.051 \cdot X_{10} - 11.715; \quad (7)$$

$$DF2 = 3.059 \cdot X_1 + 3.784 \cdot X_2 + 0.460 \cdot X_3 + 1.047 \cdot X_4 - 5.781 \cdot X_5 - 2.275 \cdot X_6 - 23.701 \cdot X_7 + 0.140 \cdot X_8 + 0.018 \cdot X_9 + 3.609 \cdot X_{10} - 2.239. \quad (8)$$

де X_1 – відношення площі екскавації до площі ДЗН; X_2 – повна тривимірна форма екскавації; X_3 – об'єм екскавації; X_4 – площа нейроретинального пояса; X_5 – відношення діаметра екскавації до діаметру ДЗН; X_6 – середня глибина екскавації; X_7 – середня товщина шару нервових волокон по краю ДЗН; X_8 – поле зору по верхньому носовому радіусу; X_9 – поле зору по горизонтальному носовому радіусу; X_{10} – референтна висота.

В експериментальній перевірці розробленого методу попередньої діагностики брали участь 109 пацієнтів, що здорові та хворі на ПВКГ. Всім пацієнтам проводилася попередня діагностика за загальноприйнятою (комплексною) методикою та запропонованим методом. Результати попередньої діагностики приведені в табл. 1. Згідно отриманим результатам попередня діагностика пацієнтів, що виконана з використанням розробленого методу, у порівнянні з комплексною методикою, покращилася на 13,7%.

Таблиця 1. Результати попередньої діагностики ПВКГ, що виконана за комплексною методикою та запропонованим методом

Діагноз	n	Комплексна методика				Запропонований метод			
		n_1	% вірно визначених діагнозів	n_2	% помилково визначених діагнозів	n_1	% вірно визначених діагнозів	n_2	% помилково визначених діагнозів
Норма	50	46	92	4	8	50	100,0	0	0
Глаукома	59	45	76,3	14	23,7	56	94,9	3	5,1

де n – кількість обстежуваних пацієнтів; n_1 – кількість вірно визначених діагнозів; n_2 – кількість помилково визначених діагнозів.

Для уточнення стадії ПВКГ та вибору методу лікування було обстежено 550 хворих ПВКГ. Всім пацієнтам проводилася уточнююча діагностика за загальноприйнятою методикою та запропонованим методом. Результати

уточнюючої діагностики приведені в табл. 2. Згідно отриманим результатам можна зробити висновок, що кількість помилково визначених стадій ПВКГ із застосуванням розробленого методу, у порівнянні з комплексної методикою, зменшилася на 12,5%.

Таблиця 2. Результати уточнюючої діагностики ПВКГ, що виконана за комплексною методикою та запропонованим методом

Стадія	n'	Комплексна методика		Запропонований метод	
		n_2	% помилково визначених стадій	n_2	% помилково визначених стадій
I	124	43	34,7	6	4,8
II	132	28	21,2	4	3
III	143	8	5,6	2	1,4
IV	151	2	0,7	0	0
Всього	550	-	-	-	-

де n' – кількість обстежуваних пацієнтів з фактичною стадією ПВКГ; n_2 – кількість помилково визначених стадій.

В експериментальній перевірці розробленого методу прогнозування характеру перебігу ПВКГ брали участь 20 пацієнтів з різним ступенем тяжкості глаукоми. Всім пацієнтам проводилося комплексне обстеження за запропонованим методом та мережним методом прогнозування ПВКГ. Результати прогнозування ПВКГ приведені в табл. 3. Згідно отриманим результатам розроблений метод у порівнянні з аналогом дозволив підвищити якість прогнозування характеру перебігу ПВКГ на 15%.

Таблиця 3. Результати прогнозування характеру перебігу ПВКГ за методом мережного прогнозування та запропонованим методом

Кількість пацієнтів	n	n_1	% помилково встановлених прогнозів	n_2	% помилково встановлених прогнозів
Мережний метод прогнозування	20	14	70	6	30
Запропонований метод	20	17	85	3	15

де n – кількість обстежуваних пацієнтів; n_1 – кількість вірно встановлених прогнозів; n_2 – кількість помилково встановлених прогнозів.

Для порівняльної оцінки ефективності чотирьох програмних засобів a_1 – «Изохрома», a_2 – «Кампиметрия», a_3 – «GlaukStad», a_4 – «Glaucoma v 1.0» використовувались критерії у невизначених ситуаціях. Результати оцінки ефективності розробленого АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» в порівнянні з існуючими аналогами представлені в табл. 4.

Для забезпечення коректності та надійності роботи АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» були проведені верифікація та валідація програмного забезпечення з метою відповідності поведінки програмного забезпечення очікуванням та

потребам користувачів. Функціональне тестування показало повну відповідність розробленої системи основному її функціональному призначенню. Для захисту медичної інформації в АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» реалізовані 3-и рівні доступу та шифрування інформації, що зберігається в БД.

Таблиця 4. Значення оптимальних коефіцієнтів ефективності

a_i	k_{opt} згідно критерію Вальда	k_{opt} згідно критерію «максімакса»	k_{opt} згідно критерію Севіджа	k_{opt} згідно критерію Гурвіца	k_{opt} згідно критерію Лапласа
a_1	0,1	0,6	0,8	0,35	0,4
a_2	0,3	0,7	0,6	0,5	0,525
a_3	0,6	0,8	0,3	0,7	0,675
a_4	0,7	0,9	0,1	0,8	0,775

У висновках викладено основні результати дисертаційної роботи, розкрито їх наукову та практичну цінність.

У додатках наведено інтервали, що встановлені для кожного діагностичного показника, фрагменти алгоритму та тексту програми, а також акти клінічної апробації та впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – підвищенню якості раннього виявлення ПВКГ та прогнозу характеру її перебігу. Ця задача вирішується за допомогою досліджених та розроблених в дисертаційній роботі методів та засобів діагностики ПВКГ на ранніх стадіях розвитку і прогнозування даного захворювання. Вказані розробки враховують самі ранні, доклінічні порушення у хворих глаукомою з метою підвищення якості лікувально-діагностичних заходів. Найважливіші наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1) в результаті проведеного аналізу існуючих методів та засобів діагностики і прогнозування глаукоми, встановлено, що лікар-офтальмолог стикається з низкою труднощів, що пов'язані з безсимптомним перебігом глаукоматозного процесу на ранніх стадіях, відсутністю відповідної методологічної бази для раннього виявлення, уточнення стадії даного захворювання та прогнозування його перебігу, і необхідністю аналізу великої кількості показників, які отримані в результаті клініко-діагностичних досліджень. Тому була виявлена необхідність розробки нових методів та засобів діагностики і прогнозування ПВКГ, щоб підвищити якість лікувально-діагностичного процесу та запобігти подальший розвиток ПВКГ;

2) формалізовано задачу діагностики ПВКГ для вибору методу лікування з урахуванням стадії розвитку захворювання та індивідуальних особливостей пацієнта у вигляді ряду математичних перетворень, що дозволило формалізувати етапи інформаційної підтримки осіб, які приймають рішення, в лікувально-діагностичному процесі реабілітації пацієнта;

3) розроблено метод попередньої діагностики ПВКГ, який враховує при постановці діагнозу інформативні показники як ретинотомографії, так і кінетичної периметрії, та дозволяє виявити ПВКГ на ранній стадії розвитку, що сприяє своєчасному якісному лікуванню та запобіганню інвалідизації пацієнтів. Попередня діагностика пацієнтів, що виконана з використанням розробленого методу, у порівнянні з комплексною методикою, покращилася на 13,7%;

4) розроблено метод уточнюючої діагностики ПВКГ, який заснований на формалізації експертних оцінок та враховує зворотні зв'язки між показниками, що робить можливим уточнення ступеня тяжкості захворювання при спостережуваних ознаках у конкретного пацієнта з метою своєчасного ефективного лікування. Кількість помилково визначених стадій ПВКГ із застосуванням розробленого методу, у порівнянні з комплексною методикою, зменшилася на 12,5%;

5) розроблено метод прогнозування характеру перебігу ПВКГ, який базується на використанні математичного апарату марковських процесів для опису перебігу глаукоми, що дозволяє підвищити якість лікувально-діагностичних заходів. Застосування розробленого методу в офтальмологічній практиці дозволило підвищити якість прогнозування ПВКГ на 15%;

6) запропонована інформаційна технологія діагностики та прогнозування ПВКГ, що використовує розроблені методи, яка забезпечує збір, зберігання, поширення, обробку та аналіз діагностичної інформації, що дозволяє покращити роботу лікаря-офтальмолога при прийнятті рішення;

7) розроблено АРМ лікаря-офтальмолога, в основу якого покладена інформаційна технологія діагностики і прогнозування ПВКГ, що дозволяє автоматизувати процес обробки діагностичної інформації, реалізувати процедуру діагностики ПВКГ та скоротити час на діагностичне дослідження до 20 хв;

8) Проведено експериментальну перевірку методів та інформаційної технології діагностики і прогнозування ПВКГ з використанням розробленого АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0». Оцінка ефективності роботи АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» показала, що розроблений програмний засіб, згідно розрахованим значенням усіх критеріїв, краще й ефективніше, ніж існуючі аналоги. Для забезпечення коректності роботи системи була проведена валідація розробленого програмного забезпечення. Також в розробленій системі «Glaucoma v 1.0» реалізований захист інформації у вигляді 3-х рівнів доступу та шифрування. Проведено впровадження результатів дисертаційної роботи в Харківській міській клінічній лікарні № 14 ім. проф. Л.Л. Гіршмана та у навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки (акти впровадження).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Высоцкая Е.В. Марковская модель лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме / Е.В. Высоцкая, О.А. Козина, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, С.Б. Соломко // Прикладная радиоэлектроника. – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – № 2. – С. 225-231.

2. Высоцкая Е.В. Разработка базы данных информационной системы диагностики глаукомы / Е.В. Высоцкая, И.Ю. Панферова, А.Н. Страшненко,

С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Системи обробки інформації. – Харьков: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2011. – Випуск 5(95). – С. 234-239.

3. Высоцкая Е.В. Разработка информационной технологии ранней диагностики и прогнозирования первичной открытоугольной глаукомы / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, А.П. Порван, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Проблемы інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ, 2011. – № 02(010). – С.83-90.

4. Высоцкая Е.В. Синтез математической модели диагностики первичной открытоугольной глаукомы / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – №9. – С. 52 – 58.

5. Высоцкая Е.В. Информационная система ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Науково-технічний журнал «Радіоелектронні і комп'ютерні системи» Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2012. – Випуск 1 (53). – С. 105 – 109.

6. Высоцкая Е.В. Уточняющая диагностика первичной открытоугольной глаукомы на основе метода анализа сетей / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко, Ю.А. Демин // Системи обробки інформації. – Харьков: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2012. – Випуск 3(101). – Т.2 – С. 226-229.

7. Дьомін Ю.А. Сучасні аспекти ранньої діагностики первинної глаукоми / Ю.А. Дьомін, А.В. Півненко, С.О. Синенко, О.В. Висоцька, Г.М. Страшненко // Актуальні питання медичної науки та практики: збірник наукових праць. – Запоріжжя, 2009. – Випуск 75. – С. 40-46.

8. Дьомін Ю.А. Нова технологія діагностики ранніх стадій первинної відкритокутової глаукоми / Ю.А. Дьомін, С.О. Синенко, А.В. Півненко, О.В. Висоцька, Г.М. Страшненко // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології: збірник наукових праць. – Київ; Луганськ, 2009. – Випуск 9 (96). – С. 434-443.

9. Демин Ю.А. Способ прогнозирования характера течения первичной открытоугольной глаукомы / Ю.А. Демин, С.О. Синенко, А.В. Пивненко, А.Н. Страшненко // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології: збірник наукових праць. – Київ; Луганськ, 2011. – Випуск 3 (105). – С. 202-208

10. Vysotskaya E.V. Diagnosis and prognosis of primary open-angle glaucoma with the help of ophthalmologist automated workstation / E.V. Vysotskaya, A.N. Strashnenko, S.A. Sinenko, Y.A. Demin // Nauka i studia. – Przemysl, 2013. – 7 (75). – С. 94-99.

11. Vysotskaya E.V. A Method for Prognosis of Primary Open-Angle Glaucoma / E.V. Vysotskaya, A.N. Strashnenko, Y.A. Demin, I.V. Prasol S.A. Sinenko // International Review on Computers and Software. – Naples, 2013. – Vol. 8, N. 8. – 1943-1949.

12. Страшненко А.Н. Исследование информативности параметров диска зрительного нерва при ранней диагностике глаукомы / А.Н. Страшненко, С.А. Синенко // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы «Биомедсистемы – 2008»: XXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов: материалы конференции. – Рязань: РГРУ, 2008. – С.165-166.

13. Страшненко А.Н. Математическая модель последовательностей лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании: XV всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов: сб. научных докладов. – Рязань: РГРУ, 2010. – С.250-252.

14. Высоцкая Е.В. Информационная технология ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, О.С. Мартыненко // Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы «Биомедсистемы – 2010»: XXIII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов: материалы конференции. – Рязань: РГРУ, 2010. – С.312-313.

15. Страшненко А.Н. Биотехническая система определения ранних стадий первичной открытоугольной глаукомы и стратегии ее лечения / А.Н. Страшненко, С.А. Синенко // XI конференція з біоніки, біокібернетики та прикладної фізики: Збірник тез наукової конференції. – Киев, 2010. – С. 84.

16. Высоцкая Е.В. База данных информационной системы диагностики глаукомы / Е.В. Высоцкая, А.Н. Страшненко, С.А. Синенко // Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития «МРФ-2011»: 4-й Международный радиоэлектронный форум, 18 – 21 октября 2011 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2011. – Том III – С 145-147.

17. Страшненко А.Н. Информационная технология поддержки принятия решения при определении стадии и выборе метода лечения первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Материалы XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы «Биомедсистемы – 2011». – Рязань: РГРУ, 2011. – С.153-154.

18. Страшненко А.Н. Роль и место биомединженера в современной офтальмологии / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая, А.П. Порван // Матеріали III Міжнародної конференції «Біомедична інженерія і технологія»: зб. наук. праць. – Київ: ММІФ НТУУ «КПІ», 2012. – С. 183 – 184.

19. Страшненко А.Н. Разработка математической модели уточняющей диагностики первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції, Ч.ІІІ (15-17 травня 2012р., Харків) / за ред. проф. Товажнянського Л.Л. – Харків, НТУ «ХПІ». – С. 104.

20. Страшненко А.Н. Разработка математической модели выбора метода лечения первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Материалы Первой Всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные тенденции развития приборостроения»: сборник тезисов докладов научно-технической конференции. – Луганск, кафедра «Приборы», ВНУ им. В.Даля. – 2012. – С. 283-284.

21. Страшненко А.Н. АРМ врача-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» / А.Н. Страшненко, Е.В. Высоцкая // Материалы XXV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов

«Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы «Биомедсистемы – 2012». – Рязань: РГРУ, 2012. – С. 179-180.

22. Спосіб ранньої діагностики глаукоми [Текст] : пат. 47283: МПК А61В 5/00 / О.В. Висоцька, Ю.А. Дьомін, С.О. Синенко, Г.М. Страшненко, А.І. Бих, А.В. Півненко, А.П. Порван ; власник Харківський національний університет радіоелектроніки ; заявл. 23.07.2009 ; опубл. 25.01.2010, Бюл. №2. – 22 с.

23. Спосіб прогнозування характеру перебігу первинної відкритокутової глаукоми пат. 65103: МПК А61В 3/00 / О.В. Висоцька, О.А. Козіна, А.І. Бих, Г.М. Страшненко, С.О. Синенко, Ю.А. Дьомін ; власник Харківський національний університет радіоелектроніки ; заявл. 10.05.2011 ; опубл. 25.11.2011, Бюл. №22. – 26 с.

24. Спосіб уточнюючої діагностики для вибору тактики лікування первинної відкритокутової глаукоми пат. № 75681: МПК А61В 5/00, А61В 3/10 / О.В. Висоцька, А.І. Бих, Г.М. Страшненко, С.О. Синенко, Ю.А. Дьомін ; власник Харківський національний університет радіоелектроніки; заявл. 25.05.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. №23. – 18 с.

25. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 38952. Комп'ютерна програма «Інформаційна система діагностики глаукоми» / О.С. Мартиненко, О.В. Висоцька, Г.М. Страшненко, С.О. Синенко; опубл. 04.07.2011.

26. Страшненко А.Н. Метод выбора оптимального лечения первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко // Бионика интеллекта. – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – Выпуск 2(79). – С. 68-71.

27. Страшненко А.Н. Формализация задачи диагностики и лечения первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко // Медицинские приборы и технологии: сборник научных статей. – Тула: Тульский государственный университет, 2013. – С. 181-183.

28. Страшненко А.Н. Использование дискриминантного анализа для определения глаукомы на ранних стадиях / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XIII Международный молодежный форум, 30 марта – 1 апреля 2009 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2009. – Ч.1 – С. 273.

29. Страшненко А.Н. Модель последовательностей лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XIV Международный молодежный форум, 18 – 20 марта 2010 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – Ч.1 – С. 392.

30. Страшненко А.Н. Методика ранней диагностики и лечения первичной открытоугольной глаукомы / А. Н. Страшненко // Сучасні проблеми науки та освіти: 10-а Міжнародна міждисциплінарна науково-практична школа-конференція, 30 квітня – 10 травня 2010 р. – Севастополь, 2010. – С. 138-139.

31. Страшненко А.Н. Разработка информационной системы диагностики глаукомы / А.Н. Страшненко // Сучасні проблеми науки та освіти: 11-а Міжнародна міждисциплінарна науково-практична школа-конференція, 29 квітня – 09 травня 2011 р. – Велика Ялта, 2011. – С 298.

32. Страшненко А.Н. Автоматизированная система диагностики глаукомы / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XV Международный

молодежный форум, 18 – 20 апреля 2011 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2011. – Ч.1 – С 200-201.

33. Страшненко А.Н. Применение метода анализа сетей при определении стадии и выборе метода лечения первичной открытоугольной глаукомы / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XVI Международный молодежный форум, 17 – 19 апреля 2012 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – Т. 1. – С. 258 – 259.

34. Страшненко А.Н. Оценка качества АРМ врача-офтальмолога «Glaucoma v 1.0» / А.Н. Страшненко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: XVII Международный молодежный форум, 22 – 24 апреля 2013 г.: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНУРЭ, 2013. – Т. 1. – С. 224-225.

АНОТАЦІЯ

Страшненко Г.М. Методи та засоби діагностики і прогнозування первинної відкритокутової глаукоми. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.17 – біологічні та медичні прилади і системи. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків – 2013.

Робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі – підвищенню якості раннього виявлення ПВКГ та прогнозу характеру її перебігу шляхом розробки нових методів та засобів діагностики і прогнозування ПВКГ. У роботі вперше розроблено методи попередньої та уточнюючої діагностики ПВКГ, які з урахуванням інформативних діагностичних ознак дозволяють виявити дане захворювання в ранні терміни та призначити своєчасне лікування. Також вперше розроблено метод прогнозування характеру перебігу ПВКГ, який на підставі отриманих тривалостей та ймовірностей перебування пацієнта в різних станах дозволяє прогнозувати подальший розвиток захворювання. Запропонована та реалізована в автоматизованому робочому місці лікаря-офтальмолога інформаційна технологія діагностики і прогнозування ПВКГ на базі розроблених методів, що дозволяє скоротити час дослідження та підвищити якість обслуговування пацієнтів, що страждають на ПВКГ. Розроблено фізичну модель бази даних, а також програмне забезпечення АРМ лікаря-офтальмолога «Glaucoma v 1.0», виконана оцінка його ефективності, а також експериментальна перевірка розроблених методів та інформаційної технології на реальних медичних даних. Результати дисертаційної роботи впроваджені в Харківській міській клінічній лікарні № 14 ім. проф. Л.Л. Гіршмана.

Ключові слова: первинна відкритокутова глаукома, ретинотомографія, дискримінантна функція, мережна модель, марковський ланцюг, АРМ лікаря-офтальмолога.

АННОТАЦИЯ

Страшненко А.Н. Методы и средства диагностики и прогнозирования первичной открытоугольной глаукомы. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.17 – биологические и медицинские приборы и системы. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков – 2013.

Работа посвящена решению актуальной научно-технической задачи – повышению качества раннего выявления первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) и прогноза характера ее течения. Эта задача решается посредством исследованных и разработанных в диссертационной работе методов и средств диагностики и прогнозирования ПОУГ. Указанные разработки учитывают набор информативных диагностических признаков, взаимозависимости между признаками и обратные связи, индивидуальные особенности организма пациента с целью повышения качества лечебно-диагностических мероприятий.

На основании проведенного анализа существующих подходов к поддержке принятия решения на основных этапах диагностики и прогнозирования ПОУГ была сформулирована цель работы и задачи исследования.

Формализована задача диагностики ПОУГ для выбора метода лечения с учетом стадии развития заболевания и индивидуальных особенностей пациента в виде ряда математических преобразований. Это позволило формализовать этапы информационной поддержки лиц, принимающих решение, в лечебно-диагностическом процессе пациента.

Впервые разработан метод предварительной диагностики ПОУГ, учитывающий при постановке диагноза информативные показатели как ретиноматографии, так и кинетической периметрии, что позволило выявить данное заболевание в ранние сроки и предотвратить инвалидизацию пациентов.

Для уточнения стадии ПОУГ впервые предложен метод, основанный на формализации экспертных оценок и учитывающий обратные связи между признаками с целью своевременного эффективного лечения.

Впервые разработан метод прогнозирования характера течения ПОУГ, основанный на использовании математического аппарата марковских процессов для описания течения глаукомы, который позволяет повысить качество лечебно-диагностических мероприятий.

Предложена и реализована в автоматизированном рабочем месте (АРМ) врача-офтальмолога информационная технология диагностики и прогнозирования ПОУГ на базе разработанных методов, которая позволяет сократить время на исследование и приостановить дальнейшее развитие глаукомного процесса.

Разработана физическая модель базы данных, а также программное обеспечение АРМ врача-офтальмолога «Glaucoma v 1.0», выполнена оценка его эффективности, а также экспериментальная проверка разработанных методов и информационной технологии на реальных медицинских данных. Результаты диссертационной работы внедрены в Харьковской городской клинической больнице № 14 им. проф. Л.Л. Гиршмана.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, ретиноматография, дискриминантная функция, сетевая модель, марковская цепь, АРМ врача-офтальмолога.

SUMMARY

Strashnenko H.M. Methods and tools for diagnosis and prognosis of primary open-angle glaucoma. – A manuscript.

The dissertation on competition for scientific degree of Candidate of Technical Sciences on specialty 05.11.17 – Biological and Medical Devices and Systems. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv. – 2013.

The dissertation is devoted to solving important scientific and technical task – improving the quality of early detection and prognosis of primary open-angle glaucoma (POAG) through the development of new methods and tools for diagnostics and prognosis of POAG. The methods for preliminary and exact diagnostics of POAG were developed in this work for the first time. This allows identification the disease in the early stages and assigns timely treatment. A method for prediction of the flow of POAG was developed for the first time too. This on the basis of the durations of stay and the likelihoods of a patient in a particular state allows predicting the further development of the disease. Information technology for diagnosis and prognosis of POAG was proposed and implemented in an ophthalmologist's automatized workplace. This was based on the developed methods, which reduces the time research to improve the quality of service patients with POAG. Database physical model was developed as well as software for ophthalmologist's automatized workplace «Glaucoma v 1.0», an evaluation of its effectiveness was performed and experimental verification of the developed methods and information technology based on real medical data was accomplished. Results of dissertations were introduced in the Kharkiv City Clinical Hospital № 14 named. prof. L.L. Hirschman.

Keywords: primary open-angle glaucoma, retinal tomography, discriminant function, network model, Markov chain, ophthalmologist's automated workplace.