

УДК 519.816



Е. В. Высоцкая, А. Н. Страшненко, Ю. А. Демин, И. В. Прасол

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, diagnost@kture.kharkov.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕСТИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМОЙ И ВЫБОР ЛЕЧЕНИЯ

Статья посвящена определению тяжести состояния пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и выбору ее лечения с учетом профессиональных и личностных качеств экспертов, а также психологической устойчивости при согласованности их мнений. Это позволило повысить качество жизни больных с ПОУГ, что будет способствовать снижению инвалидизации трудоспособного населения.

ВЫБОР ЛЕЧЕНИЯ, ПЕРВИЧНАЯ ОТКРЫТОУГОЛЬНАЯ ГЛАУКОМА, ДИАГНОСТИКА, МАТРИЦА ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕСТИ СОСТОЯНИЯ

Введение

Проблема глаукомы как заболевания, ведущего к снижению зрения, а порой к полной его утрате, в настоящее время остается одной из актуальных в современной офтальмологии. По данным ряда авторов распространенность глаукомы среди лиц старше сорока лет в индустриально развитых странах достигает 8% [1, 2]. Около 67 млн. человек болеют глаукомой, и по прогнозам, до 2030 года их число удвоится. Глаукома делит 2-3 место среди причин слепоты во всем мире, ослепших от глаукомы насчитывается уже более 5 млн. человек.

Первичная открытоугольная глаукома (ПОУГ) – наиболее часто встречающаяся форма глаукоматозного процесса, составляет от 70 до 90% от всех видов глауком. Согласно современным представлениям о патогенезе ПОУГ, главным симптомом считается наличие глаукомной оптической нейропатии, сопровождающейся развитием структурных изменений диска зрительного нерва (ДЗН) и патологическими изменениями поля зрения. Ранняя диагностика степени тяжести ПОУГ и своевременное лечение выявленной стадии – залог успешного приостановления дальнейшего развития глаукоматозных изменений.

1. Анализ методов диагностики первичной открытоугольной глаукомы и выбора ее лечения

Существует множество методов и методик диагностики ПОУГ и выбора ее лечения. Рассмотрим некоторые из них.

Известна методика для Гейдельбергского ретинального томографа (НРТ 3.0), которая базируется на сравнении данных обследуемого пациента с моделями нормального (здорового) ДЗН и ДЗН, характерного для начальной стадии глаукомы. Структурная оценка ДЗН основывается на таких параметрах, как ширина и глубина экскавации, угол наклона нейроретинального пояса, горизонтальная и вертикальная кривизна перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки. Результатом исследования является цифровой показатель, указывающий на вероятность, с которой обследуемый

может быть отнесен к популяции с начальной глаукомой [3].

Однако далеко не всегда на основании оценки только морфометрических показателей ДЗН и сетчатки удается установить диагноз ПОУГ. Исследование поля зрения у больных глаукомой в диагностике и лечении ПОУГ имеет также важное значение.

Автором работы [4] был предложен интегральный показатель эффективности лечения (ИПЭ) для учета исходного состояния центрального поля зрения при мониторинге больных глаукомой:

$$\text{ИПЭ} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N=11} k_i \left(\frac{t1_i - t2_i}{t1_i} \right),$$

где i – порядковый номер измерений ($N=11$); k_i – весовой коэффициент для соответствующей зоны; $t1_i$ – время сенсомоторной реакции i -го измерения при первичном исследовании (до); $t2_i$ – время сенсомоторной реакции i -го измерения при повторном исследовании (после).

Однако в данной работе не регистрируются и не учитываются изменения важных морфологических (состояние ДЗН) критериев динамики глаукомного процесса. Это не позволяет в полной мере судить о стабилизации заболевания и адекватности проводимой терапии.

В работе [10] авторами с помощью корреляционного анализа установлена взаимосвязь между толерантным давлением, возрастом пациента, диастолическим уровнем артериального давления, переднезадним размером глазного яблока и центральной толщиной роговицы у больных с начальной стадией первичной открытоугольной глаукомы, которая характеризовалась следующей формулой:

$$P_0tl = 19,6 + 0,056 \cdot \text{АД диаст.} - 0,015 \cdot \text{В} - 0,78 \cdot \text{ПЗР} + 0,021 \cdot \text{ЦТР},$$

где: P_0tl – толерантное истинное внутриглазное давление, мм. рт.ст.; АД диаст. – уровень диастолического артериального давления в плечевой артерии (мм.рт.ст); В – возраст пациента; ПЗР – переднезад-

ний размер глазного яблока (мм); ЦТР – центральная толщина роговицы (мкм).

К недостаткам можно отнести отсутствие возможности классификации пациентов с ПОУГ по степени тяжести заболевания и выбора соответствующего лечения.

Также в настоящее время известно, что с помощью самообучающихся искусственных нейронных сетей (ИНС) проводится ранняя диагностика ПОУГ, прогнозируется развитие цилиохориоидальной отслойки при антиглаукомных операциях, осуществляется прогноз ранних послеоперационных осложнений в хирургии ПОУГ [5-8].

В работе [9] обучение ИНС осуществлялось автоматически на основе созданных 10 баз данных. Каждая из них соответствовала определенному году десятилетнего периода наблюдения за пациентами. Созданные таким образом базы включали 250 входных параметров (с учетом длительности наблюдения в течение 5-10 лет). Выходной параметр – принадлежность к классу – это прогноз заболевания. Благоприятное течение ПОУГ – 1, неблагоприятное – 2. Предложенный метод позволил выявить значимость следующих входных параметров: окраска ДЗН, стадия глаукомы, наличие атеросклероза, наличие сахарного диабета, сужение полей зрения с периферии, размер экскавации ДЗН.

Однако основными недостатками нейросетей являются высокие требования к непротиворечивости обучающей выборки и ресурсоемкость процесса обучения.

Также известен метод уточнения стадии ПОУГ [11], который на основании формализации экспертных оценок и учета обратных связей между показателями позволяет определить степень тяжести заболевания при наблюдаемых признаках у конкретного пациента и назначить соответствующее лечение [11]. Данный метод заключается в том, что на основании сформулированных альтернатив, критериев и подкритериев строится сетевая модель для определения стадии и выбора метода лечения ПОУГ. Далее формируется суперматрица сети для задачи уточнения стадии ПОУГ и выбора ее лечения, состоящая из матриц-блоков:

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{Стадия} & \text{Признаки} & \text{Лечение} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{Стадия} \\ \text{Признаки} \\ \text{Лечение} \end{matrix} & \left\| \begin{matrix} 0 & W_{12} & 0 \\ W_{21} & W_{22} & 0 \\ W_{31} & 0 & I \end{matrix} \right\| \end{matrix}$$

Данные матрицы заполняются экспертами (врачами-офтальмологами) на основании их опыта и знаний с использованием шкалы Саати. После этого происходит определение векторов локальных приоритетов для данных матриц и проверка согласованности мнений экспертов. Приоритеты, записанные в матрице W_{12} , указывают на наиболее

вероятный диагноз, которому соответствуют наблюдаемые признаки. На уровне признаков в матрице W_{21} записаны приоритеты, показывающие, какой признак является более характерным для данной стадии ПОУГ. Матрица W_{22} показывает взаимные связи между признаками, которые представляются экспертными суждениями. Приоритеты, записанные в матрице W_{31} , показывают какой из альтернативных методов является более подходящим для лечения данной стадии ПОУГ. Затем суперматрица приводится к стохастическому виду и возводится в предельные степени. Предельные приоритеты, полученные из предельной суперматрицы, можно использовать для выбора метода лечения наиболее вероятной стадии ПОУГ с наблюдаемыми признаками.

Недостатком данного метода является то, что не учитываются профессиональные и личностные качества экспертов, а также психологическая устойчивость их мнений, что оказывает влияние на получение качественного результата экспертизы, а также недостаточная уверенность в принятии правильного решения врачом-офтальмологом при выборе метода лечения ПОУГ.

Целью работы является определение тяжести состояния пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и выбор ее лечения с учетом профессиональных и личностных качеств экспертов, а также психологической устойчивости при согласованности их мнений.

2. Определение тяжести состояния пациентов с первичной открытоугольной глаукомой и выбор лечения

Для определения тяжести состояния пациентов с ПОУГ и выбора ее лечения были обследованы 550 больных, находившихся на лечении с 2006 по 2010 г в Харьковской городской больнице №14 им. Л.Л. Гиршмана. Все пациенты были разделены на следующие группы:

- 1-я группа – 124 пациента с ПОУГ I-й стадии;
- 2-я группа – 132 пациента с ПОУГ II-й стадии;
- 3-я группа – 143 пациента с ПОУГ III-й стадии;
- 4-я группа – 151 пациент с ПОУГ IV-й стадии.

Все больные 4-х групп были разделены на подгруппы. В первую подгруппу группы 1 (102 пациента) были включены больные, получившие медикаментозное лечение. Вторую и третью подгруппы группы 1 составили 11 пациентов, которым потребовалось проводить лазерное и хирургическое лечение соответственно. Группу 2 составили следующие 3 подгруппы: 1-я – 78 пациентов, которым была назначена медикаментозная терапия; 2-я – 21 пациент, получивший лазерное лечение, и 3-я – 33 пациента, нуждающиеся в хирургическом вмешательстве. В первую подгруппу группы 3 (34 пациента) вошли больные, получившие медикаментозное

лечение. Вторую подгруппу группы 3 составили 7 пациентов, которым проводилось лазерное лечение. Третью подгруппу группы 3 составили 102 пациента, которым было назначено хирургическое лечение. В группу 4 входили следующие 3 подгруппы: 1-я – 29 пациентов, которым проводилась медикаментозная терапия; 2-я – 5 пациентов, получивших лазерное лечение и 3-я – 117 пациентов, которым проводилось хирургическое вмешательство. Правильность правильно подобранного направления лечения была подтверждена врачами-офтальмологами при повторном посещении пациентов, отмечалась стабилизация глаукомного процесса.

Определение тяжести состояния пациента и выбор лечения иллюстрируется следующим клиническим примером.

На первом этапе была сформирована экспертная группа. Далее экспертами формируются альтернативы, критерии и подкритерии.

Для задачи определения тяжести течения ПОУГ в качестве альтернатив, составляющих набор C_o , выступают 4 степени тяжести заболевания, а именно: S_1' – I стадия (начальная); S_2' – II стадия (развитая); S_3' – III стадия (далеко-зашедшая); S_4' – IV стадия (терминальная). В качестве критериев используются показатели e_{ki} , наиболее выражено характеризующие течение ПОУГ: 14 морфометрических показателей ДЗН, полученных в результате конфокальной сканирующей лазерной офтальмоскопии (НРТ-II): e_{k1} – площадь ДЗН (мм²); e_{k2} – площадь нейроретинального пояска (мм²); e_{k3} – объем нейроретинального пояска (мм³); e_{k4} – площадь экскавации ДЗН (мм²); e_{k5} – объем экскавации ДЗН (мм³); e_{k6} – отношение площади экскавации к площади ДЗН; e_{k7} – отношение диаметра экскавации к диаметру ДЗН; e_{k8} – средняя глубина экскавации (мм); e_{k9} – максимальная глубина экскавации (мм); e_{k10} – полная трехмерная форма экскавации; e_{k11} – высота вариации поверхности сетчатки вдоль контурной линии (мм); e_{k12} – средняя толщина слоя нервных волокон по краю ДЗН (мм); e_{k13} – площадь поперечного сечения нервных волокон по краю ДЗН (мм²); e_{k14} – референтная высота, и 8 показателей поля зрения: e_{k15} – верхний радиус (град.); e_{k16} – верхненосовой радиус (град.); e_{k17} – носовой радиус (град.); e_{k18} – нижненосовой радиус (град.); e_{k19} – нижний радиус (град.); e_{k20} – нижневисочный радиус (град.); e_{k21} – височный радиус (град.); e_{k22} – верхневисочный радиус (град.). Подкритериями выступают градации каждого диагностического показателя, которые были определены экспертным путем для соответствующих стадий ПОУГ. Для задачи выбора направления лечения ПОУГ в качестве альтернатив выступают три направления лечения ПОУГ: медикаментозное (консервативное)

P_i , лазерное Z_i и хирургическое N_i . В качестве критериев выступают стадии заболевания. Для оценки различных направлений лечения в качестве альтернатив, составляющих набор C_3 , выступают различные группы лекарственных препаратов P_i , виды лазерных Z_i и хирургических вмешательств N_i . Подкритериями, составляющими набор C_{ii} , являются характеристики e_{ii} , по которым сравниваются различные виды лечения.

Для определения стадии ПОУГ вначале производилось ранжирование критериев по важности. Эксперты врачи-офтальмологи считают, что при выявлении ПОУГ на ранней стадии развития наиболее вероятными являются изменения диска зрительного нерва (ДЗН), чем изменения поля зрения (ПЗ):

$$e_{k1-14} > e_{k15-22}.$$

На следующем этапе на основе выбранных альтернатив, критериев и подкритериев происходит формирование матриц парных сравнений следующего вида:

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

$$B = [b_{11} \ b_{12} \dots b_{1n}; b_{21} \ b_{22} \dots b_{2n}; \dots; b_{m1} \ b_{m2} \dots b_{mm}],$$

$$L = [l_{11} \ l_{12} \dots l_{1l}; l_{21} \ l_{22} \dots l_{2l}; \dots; l_{l1} \ l_{l2} \dots l_{ll}],$$

где матрица $A (n \times n)$ – показатели относительно стадии, $B (m \times m)$ – стадии относительно конкретного признака, $L (l \times l)$ – виды лечения относительно степени тяжести заболевания.

В качестве примера приведем матрицу парных сравнений B стадий относительно изменения ДЗН:

Изменения ДЗН	S_1'	S_2'	S_3'	S_4'
S_1'	1	8	9	9
S_2'	1/8	1	2	3
S_3'	1/9	1/2	1	1
S_4'	1/9	1/3	1	1

Элемент данной матрицы b_{ij} – это численное выражение отношения веса i -го элемента к весу j -го элемента.

При заполнении матрицы врач-эксперт отвечал на вопрос: какая из двух стадий ПОУГ с большей вероятностью вызывает появление изменений ДЗН и с насколько большей вероятностью?

Аналогичным образом были получены матрицы парных сравнений показателей относительно стадий заболевания. Одна из матриц парных сравнений A представлена ниже.

При заполнении матрицы A эксперт отвечал на вопрос: какой из двух признаков является более характерным для данной стадии ПОУГ и насколько более характерным?

Матрица парных сравнений показателей ДЗН относительно I стадии ПОУГ:

I стадия	e_{k1}	e_{k2}	e_{k3}	e_{k4}	e_{k5}	e_{k6}	e_{k7}	e_{k8}	e_{k9}	e_{k10}	e_{k11}	e_{k12}	e_{k13}	e_{k14}
e_{k1}	1	1/2	1/3	1/2	1/3	1/2	0	0	0	0	0	1/4	1/4	0
e_{k2}	2	1	1	1	1	1	0	3	3	3	3	1/3	1/3	0
e_{k3}	3	1	1	2	1	2	0	0	0	0	0	1/2	1/2	0
e_{k4}	2	1	1	1	1/2	2	3	3	3	3	3	1/3	1/3	2
e_{k5}	3	1	1/2	2	1	2	0	0	0	0	0	1/2	1/2	0
e_{k6}	2	1	1	1/2	1/2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
e_{k7}	0	1	1/2	1/3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
e_{k8}	0	0	0	1/3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
e_{k9}	0	1/3	0	1/3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
e_{k10}	0	1/3	0	1/3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
e_{k11}	0	1/3	0	1/3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
e_{k12}	4	1/3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	1	1	4
e_{k13}	4	1/3	2	3	2	0	0	0	0	0	0	1	1	4
e_{k14}	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	1/4	1/4	1

Для задачи выбора лечения после уточнения экспертных оценок с учетом комплексной оценки значимости их мнения были сформированы матрицы парных сравнений вида L .

Матрица парных сравнений методов лечения ПОУГ для диагноза I стадия глаукомы (средняя) имеет вид:

S_1'	L_1	L_2	L_3
L_1	1	8	7
L_2	1/8	1	1/2
L_3	1/7	2	1

При заполнении матрицы вида L врач-эксперт отвечал на вопрос: какое из двух направлений лечения ПОУГ является более предпочтительным для лечения данной стадии ПОУГ?

При заполнении матриц эксперты использовали ранговые оценки: одинаково, умеренно, сильно, очень сильно и чрезвычайно сильно. Этим оценками соответствовали конкретные числа: 1, 3, 5, 7, 9. Промежуточные значения 2, 4, 6, 8 использовались как компромисс между соседними вербальными оценками. Для представления «обратных» предпочтений применялись обратные величины, т. е. 1/2, 1/3, ..., 1/9. Такая шкала пригодна для сравнения однородных элементов любой природы.

Далее происходит уточнение мнения экспертов с учетом комплексной оценки значимости их мнения. Для этого каждый элемент матрицы умножается на соответствующий коэффициент значимости мнения каждого эксперта:

$$a'_{ij} = k_i^o \cdot a_{ij}. \quad (5)$$

В результате чего получают матрицы A' , B' , L' .

После уточнения мнений экспертов матрица парных сравнений B' относительно изменения ДЗН (табл. 1) примет вид:

Изменения ДЗН	S_1'	S_2'	S_3'	S_4'
S_1'	1	7	8	8
S_2'	1/7	1	2	2
S_3'	1/8	1/2	1	1
S_4'	1/8	1/2	1	1

Полученные оценки корректируются таким образом, чтобы они не противоречили вычисленным с помощью диагностического индикатора.

Диагностические индикаторы η_{ik} признаков относительно стадий заболевания можно оценить через экспертную оценку ($k=0$) и через взвешенную сумму показателей, характеризующих стадии заболевания ($k=1$). При оценке стадий относительно признаков вместо $k=1$ используется $k=2$, а при выборе лечения — $k=3$. При этом $\eta_{i1} = A \cdot \varpi_{io}$, $\eta_{i2} = B \cdot \varpi_{io}$, а $\eta_{i3} = L \cdot \varpi_{io}$, где ϖ_{io} — веса важности показателей.

Диагностический индикатор η_{i0} определяется по формуле:

$$\eta_{i0}^{\cdot} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a'_{ij}} / \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n a'_{ih}}, \quad \eta_{i0}^{\circ} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m b'_{ij}} / \sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{k=1}^m b'_{ih}},$$

$$\eta_{i0}^{\circ\circ} = \sqrt[l]{\prod_{j=1}^l l'_{ij}} / \sum_{i=1}^l \sqrt[l]{\prod_{k=1}^l l'_{ih}},$$

где η_{i0}^{\cdot} — диагностические индикаторы признаков относительно стадий; η_{i0}° — диагностические ин-

дикаторы стадий ПОУГ относительно признаков; η_{i0}'' – диагностические индикаторы направлений лечения; a_{ij}' , b_{ij}' , l_{ij}' – численные выражения отношения веса i -го элемента к весу j -го элемента; a_{ih}' , b_{ih}' , l_{ih}' – численные выражения отношения веса i -го элемента к весу h -го элемента.

Были рассчитаны диагностические индикаторы η_{i0}'' стадий заболевания относительно изменений ДЗН:

$$\begin{aligned} \eta_{10}'' &= 0,7110 \\ \eta_{20}'' &= 0,1344 \\ \eta_{30}'' &= 0,0773 \\ \eta_{40}'' &= 0,0773 \end{aligned}$$

Диагностические индикаторы η_{i0}' признаков относительно I стадий ПОУГ приведены ниже:

$$\begin{aligned} \eta_{10}' &= 0,0380; \eta_{60}' = 0,0573; \eta_{110}' = 0,0233; \\ \eta_{20}' &= 0,0745; \eta_{70}' = 0,0220; \eta_{120}' = 0,1946; \\ \eta_{30}' &= 0,1053; \eta_{80}' = 0,0233; \eta_{130}' = 0,1946; \\ \eta_{40}' &= 0,0713; \eta_{90}' = 0,0233; \eta_{140}' = 0,0431. \\ \eta_{50}' &= 0,1053; \eta_{100}' = 0,0233. \end{aligned}$$

Полученные диагностические индикаторы η_{i0}''' направлений лечения относительно I-й стадии ПОУГ представлены ниже:

$$\begin{aligned} \eta_{10}''' &= 0,7838 \\ \eta_{20}''' &= 0,0813 \\ \eta_{30}''' &= 0,1349 \end{aligned}$$

Для получения вектора весов важности показателей $\varpi_{i0}' = \langle \varpi_{i0}', \dots, \varpi_{n0}' \rangle^T$ использовался метод главных компонентов.

Аналогичным образом были получены веса важности показателей ϖ_{i0}'' и ϖ_{i0}''' .

Были рассчитаны диагностические индикаторы η_{i2}'' стадий заболевания относительно изменений ДЗН:

$$\begin{aligned} \eta_{12}'' &= 0,7249 \\ \eta_{22}'' &= 0,1642 \\ \eta_{32}'' &= 0,0629 \\ \eta_{42}'' &= 0,0629 \end{aligned}$$

Аналогичным образом были получены диагностические индикаторы η_{i1}'' и η_{i3}'' .

Полученные веса важности показателей ϖ_{i2}' :

$$\begin{aligned} \varpi_{12}'' &= 0,6751; \\ \varpi_{22}'' &= 0,1840; \\ \varpi_{32}'' &= 0,0704; \\ \varpi_{42}'' &= 0,0704 \end{aligned}$$

были вычислены по формуле:

$$\varpi_{i2}'' = (B^T B + \gamma^2 I)^{-1} (B^T \eta_{i0}'' + \gamma^2 \varpi_{i0}''),$$

где B^T – транспонированная матрица; I – единичная матрица, размерность которой равна размерности $B^T B$; весовой множитель $\gamma^2 \in (0, \infty)$ определяет степень компромисса между оценкой стадий и показателей. При малых значениях γ^2 в большей степени учитывается экспертная оценка стадий, а при больших значениях γ^2 – экспертная оценка показателей. γ^2 принят равным единице. ϖ_{i1}'' и ϖ_{i3}'' вычисляются аналогичным образом.

Любая матрица экспертных суждений в общем случае не согласована, так как суждения отражают субъективные мнения. Для того чтобы полученные результаты были адекватны ситуации, в которой принимается решение, необходимо, чтобы в матрицах парных сравнений достигались требуемые уровни согласованности данных.

Отношение согласованности \varnothing_{Sk} получается путем сравнения индекса согласованности I_{Sk} с соответствующим числом I_{SSk} из множества, где каждое число является математическим ожиданием случайного индекса согласованности, вычисленное на большой выборке случайно сгенерированных обратно симметричных матриц, элементами которых являются числа со шкалы 1/9, 1/8 ... 1/2, 1, 2, ..., 8, 9:

$$\Delta_{Sk} = \frac{I_{Sk}}{I_{SSk}},$$

где I_{Sk} определяется как $I_{Sk}' = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_{ik}' * \left(\sum_{j=1}^n a_{ji}' \right) - n}{n-1}$,

$$I_{Sk}'' = \frac{\sum_{i=1}^m \eta_{ik}'' * \left(\sum_{j=1}^m b_{ji}'' \right) - m}{m-1}, I_{Sk}''' = \frac{\sum_{i=1}^l \eta_{ik}''' * \left(\sum_{j=1}^l l_{ji}''' \right) - l}{l-1}.$$

Для оценки того, что полученное согласование приемлемо, величина ошибки согласованности, полученной на основании исходных оценок, сравнивается с ошибкой, полученной в результате вычисленных оценок.

Величина ошибки согласованности \varnothing_{Sk} не должна превышать порогового значения 0,1. В противном случае эксперту рекомендуется пересмотреть свои суждения.

Например, для матрицы парных сравнений B' стадий относительно изменения ДЗН были получены следующие результаты. Ошибка согласованности \varnothing_{S0}'' , полученная на основании исходных оценок η_{i0}' , составила 0,0206, а на основании вычисленных оценок η_{i2}'' ошибка согласованности $\varnothing_{S2}'' = 0,0158$. При этом обе согласованности приемлемы, поскольку $\varnothing_{Sk} < 0,10$. Однако в качестве локальных приоритетов будут выступать диагностические индикаторы η_{i2}'' , для которых ошибка согласованности оказалась наименьшей. Аналогичным образом были рассчитаны ошибки согласованности \varnothing_{S1}'' и \varnothing_{S3}'' , которые сравнивались с ошибками \varnothing_{S0}'' и \varnothing_{S0}''' .

Затем на основании полученных локальных приоритетов η_{i1} η_{i2} происходит формирование суперматрицы для задачи определения степени тяжести ПОУГ. Суперматрица для задачи уточнения стадии ПОУГ представлена на рис. 1.

Далее происходит приведение полученной суперматрицы к стохастическому виду (рис. 2) и возведение ее в предельные степени (рис. 3).

Предельные приоритеты стадий ПОУГ относительно признаков для предельной суперматрицы представлены в табл. 1

Результат парных сравнений элементов можно представить в следующем виде:

$$S_1' > S_2' > S_3' > S_4'$$

Из таблицы видно, что максимальное значение обобщенного критерия соответствует I стадии ПОУГ (0,71069). Полученный результат соответствует клиническим данным.

После этого определялись результирующие приоритеты альтернатив путем умножения предельных приоритетов стадий ПОУГ на векторы приоритетов альтернативных методов лечения ПОУГ.

Полученные приоритеты показывают, какой из альтернативных методов является оптимальным для лечения I-й стадии ПОУГ. Анализируя

полученные результаты, врач-офтальмолог принимает решение, что для данного пациента целесообразно применить медикаментозное лечение (0,7037). При повторном посещении пациента была диагностирована стабилизация глаукомного процесса.

Таблица 1

Предельные приоритеты стадий ПОУГ

	Приоритеты из предельной матрицы	Приоритеты, нормированные по компонентам (кластерам)
S_1'	0,0554	0,7107
S_2'	0,2368	0,1662
S_3'	0,0214	0,0645
S_4'	0,0195	0,0586

Полученные результаты диагностики и лечения ПОУГ, выполненные по разработанному методу определения тяжести состояния пациентов с ПОУГ и выбора лечения и с помощью метода уточняющей диагностики ПОУГ (метода-прототипа) [11], представлены в табл. 2.

В результате исследований у 543 пациентов из 550 была правильно установлена степень развития ПОУГ и корректно подобрано лечение, которое

		Альтернативы				Критерии	
		I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия	Изменение ДЗН	Изменение ПЗ
Альтернативы	I стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7249	0.6812
	II стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1642	0.2071
	III стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0629	0.0590
	IV стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0629	0.0526
Критерии	Изменение ДЗН	0.7500	0.6666	0.5000	0.5000	0.0000	1.0000
	Изменение ПЗ	0.2500	0.3333	0.5000	0.5000	1.0000	0.0000

Рис. 1. Суперматрица для задачи уточнения стадии ПОУГ

		Альтернативы				Критерии	
		I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия	Изменение ДЗН	Изменение ПЗ
Альтернативы	I стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3665	0.3406
	II стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0676	0.1035
	III стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0343	0.0295
	IV стадия	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0315	0.0263
Критерии	Изменение ДЗН	0.7500	0.6666	0.5000	0.5000	0.0000	0.5000
	Изменение ПЗ	0.2500	0.3333	0.5000	0.5000	0.5000	0.0000

Рис. 2. Стохастическая суперматрица для задачи уточнения стадии ПОУГ

		Альтернативы				Критерии	
		I стадия	II стадия	III стадия	IV стадия	Изменение ДЗН	Изменение ПЗ
Альтернативы	I стадия	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554	0.0554
	II стадия	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368	0.2368
	III стадия	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214	0.0214
	IV стадия	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195	0.0195
Критерии	Изменение ДЗН	0.3789	0.3789	0.3789	0.3789	0.3789	0.3789
	Изменение ПЗ	0.2876	0.2876	0.2876	0.2876	0.2876	0.2876

Рис. 3. Предельная суперматрица для задачи уточнения стадии ПОУГ

было подтверждено в динамике при исследовании ДЗН и поля зрения. При этом по методу-прототипу адекватное лечение получили 538 пациентов в соответствии с верно установленными стадиями ПОУГ. При этом коэффициент медицинской результативности, который определялся как отношение числа пациентов с достигнутым медицинским результатом к общему их числу [12], с помощью разработанного метода составил 0,987, а по методу-прототипу – 0,978.

Таблица 2

Результаты диагностики и лечения ПОУГ

Стадия	n'	Метод-прототип		Разработанный метод	
		n ₂	%	n ₂	%
I	124	6	4,8	3	2,4
II	132	4	3	2	1,5
III	143	2	1,4	2	1,4
IV	151	0	0	0	0

где n' – количество обследуемых пациентов с фактической стадией ПОУГ; n₂ – количество ошибочно определенных стадий ПОУГ.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что количество верно определенных стадий ПОУГ и корректно подобранного ее лечения с применением разработанного метода, по сравнению с методом-прототипом увеличилось на 0,9%.

Выводы

Таким образом, при определении тяжести состояния пациентов с ПОУГ и выборе лечения с учетом профессиональных и личностных качеств экспертов, а также психологической устойчивости при согласованности их мнений появилась возможность повысить качество жизни больных с ПОУГ, что будет способствовать снижению инвалидизации трудоспособного населения. На практике это позволит поднять на новый уровень качество обслуживания больных, страдающих ПОУГ.

Список литературы: 1. *Краснов М.М.* Микрохирургия глауком. – М.: Медицина, 1980. – 176 с. 2. *Мальцев В.В., Конаев С.Ю., Бочкарев М.В.* Коэффициент легкости оттока как показатель вязкости внутриглазной жидкости // Съезд офтальмологов России 7 тез. докл., М.: изд. «Федоров» VII., ч.2. 2000. – С. 167. 3. *Казарян Э.Э., Галоян Н.С.* Сравнительный анализ диагностических алгоритмов лазерного сканирующего ретинотомографа при открытоугольной глаукоме // *Глаукома.* – 2009. – № 1. – С. 32-35. 4. *Elena P. Kantarzhi* Mathematical modelling application in study of central visual field variation of the patients with glaucoma // *European researcher.* 2011. № 5-1 (7). – p. 769-772. 5. *Гарькавенко В.В.* Прогнозирование цилиохориоидальной отслойки при хирургическом лечении первичной открытоугольной глаукомы и ее профилактика: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Красноярск, 2002. – 27 с. 6. *Комаровских Е.Н., Лазаренко В.И., Ильенков С.С.* Ранняя

диагностика первичной открытоугольной глаукомы. – Красноярск, 2001. – 163 с. 7. *Комаровских Е.Н., Ланин С.Н., Белецкая Т.А.* и др. Клиническое обоснование новой технологии в диагностике первичной открытоугольной глаукомы // Вопросы офтальмологии: Межрегиональная научно-практ. конф. офтальмологов: Материалы. – Красноярск, 2001. – С. 77-80. 8. *Хомушку М.Д.* Прогнозирование ранних послеоперационных осложнений в хирургии первичной открытоугольной глаукомы: Дис. ... канд. мед. наук. – Красноярск, 2005. – 120 с. 9. *Ким Т. С.* Прогнозирование клинического течения первичной открытоугольной глаукомы с помощью самообучающихся искусственных нейронных сетей / Т. С. Ким // *Глаукома.* – 2007. – № 1. – С. 7-10. 10. *Балалин С.В.* Система диагностики и лечения первичной открытоугольной глаукомы с использованием гемодинамических критериев в оценке их эффективности: Дис. ... доктора мед. наук. – Москва, 2014. – 50 с. 11. *Е. В. Высоцкая, А. Н. Страшненко, С. А. Синенко, Ю. А. Демин* Уточняющая диагностика первичной открытоугольной глаукомы на основе метода анализа сетей // *Системи обробки інформації.* – Харків: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2012. – Випуск 3(101). – Т.2 – С. 226-229. 12. *О. И. Жидкова* Медицинская статистика. Конспект лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.rus.ec/b/165766/read>

Поступила в редколлегию 25.03.2014

УДК 519.816

Визначення тяжкості стану пацієнтів з первинною відкритокутовою глаукомою та вибір лікування / О.В. Ви-соцька, Г.М. Страшненко, Ю.А. Дьомін, І.В. Прасол // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2014. – № 1 (82). – С. 104–110.

В даній роботі визначено тяжкість захворювання пацієнтів з первинною відкритокутовою глаукомою та вибір її лікування на основі методу аналізу мереж з врахуванням ступеня компромісу між оцінкою стадій захворювання та інформативними показниками. Крім того під час вирішення конкретної медичної задачі була врахована психологічна стійкість експертів при узгодженості їх думок, що дозволило об'єктивізувати прийняття рішення лікаря-офтальмолога; тим самим це підвищило якість життя хворих з первинною відкритокутовою глаукомою.

Табл. 2. Іл. 3. Бібліогр.: 11 найм.

UDC 519.816

Determination the severity of the patients condition with primary open-angle glaucoma and treatment choice / E.V. Vysotskaya, A.N. Strashnenko, Y.A. Demin, I.V. Praso / Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2014. – № 1 (82). – P. 104–110.

In this article, determination the severity of the patients condition with primary open-angle glaucoma and treatment choice was performed with the help of method by network analysis and subject to degree of compromise between the assessment stages of the disease and informative indicators. In addition, expert's psychological stability at the consistency of their views was taken into account at the solving the specific medical problems. It is allows to objectify the doctor's decision and to improve the quality of patients life with primary open-angle glaucoma.

Tab. 2. Fig. 3. Ref.: 11 items.