

3. *Андрусевич, А. А.* Модели управления и контроля в ГАП приборов электронной техники [Текст] / А. А. Андрусевич, И. Ш. Невлюдов, Ю. М. Роздоловский // Авиационно-космическая техника и технология. Труды Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». - 2002. - № 33. - С. 225-228. 4. *Невлюдов, И. Ш.* Микроэлектромеханические системы и нанотехнологии [Текст] / И. Ш. Невлюдов, А. А. Андрусевич, В. А. Палагин. - Харьков: Коллегиум, 2007. - 324 с. 5. *Андрусевич, А. А.* Синтез тестопригодных схем путем устранения функционально-структурной избыточности [Текст] / А. А. Андрусевич, И. Ш. Невлюдов, М. А. Бережная, М. Г. Рыжикова, Я. Ю. Королева // Вестник Академии инженерных наук Украины. Труды Государственного аэрокосмического университета им. Жуковского «ХАИ». - 2006. - №3 (30). - С. 188-192. 6. *Андрусевич, А. А.* Синтез системы автоматизированной диагностики цифровых модулей технологического оборудования [Текст] / А. А. Андрусевич, И. Ш. Невлюдов, Б. А. Шостак // Вісті Академії Інженерних наук України. - 2004. - №4(24). - С. 125-132.

Поступила в редколлегию 15.02.2012

УДК 621.57.673:61

Е.В. ВЫСОЦКАЯ, канд.техн.наук, доц., ХНУРЭ, Харьков,
А.Н. СТРАШНЕНКО, асп., ХНУРЭ, Харьков,
С.А. СИНЕНКО, врач-офтальмолог, Городская клиническая больница
№ 14 им. Л. Л. Гиршмана, Харьков,
Ю.А. ДЕМИН, докт.мед.наук, проф., Медицинская академия
последипломного образования, Харьков

СИНТЕЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ

Дана стаття присвячена синтезу математичної моделі діагностики первинної відкритокутової глаукоми за допомогою дискримінантного аналізу, що дозволяє підвищити достовірність ранньої діагностики, тим самим сприяє своєчасному та якісному лікуванню

Ключові слова: математична модель, дискримінантний аналіз, первинна відкритокутова глаукома, діагностика

Данная статья посвящена синтезу математической модели диагностики первичной открытоугольной глаукомы с помощью дискриминантного анализа, позволяющей повысить достоверность ранней диагностики, что способствует своевременному и качественному лечению

Ключевые слова: математическая модель, дискриминантный анализ, первичная открытоугольная глаукома, диагностика

This article focuses on the synthesis of a mathematical model of diagnosis of primary open-angle glaucoma using discriminant analysis, which allows to increase the reliability of early diagnosis, which contributes to the timely and quality treatment

Keywords: mathematical model, discriminant analysis, primary open-angle glaucoma, diagnosis

1. Введение

Во всем мире одной из основных причин слепоты и слабовидения является глаукома. Чаще всего (около 80%) больные страдают первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ). При этом болезнь развивается незаметно для больного и обнаруживает себя только тогда, когда появляются грубые нарушения зрительных функций (развитая стадия). В этих стадиях добиться стабилизации процесса становится очень трудно, если вообще возможно [1].

Поэтому такая форма глаукомы является наиболее опасной, требующей эффективной ранней диагностики и своевременного лечения.

2. Анализ проблемы и постановка задачи исследования

Математические модели ранней диагностики первичной открытоугольной глаукомы отличаются большим разнообразием. Существует более ста различных моделей ранней диагностики глаукомы, но ни одна из них не может претендовать на абсолютную достоверность. Кроме того, несомненно, в течение глаукомы существует переходный период, когда можно только заподозрить глаукому и никакие самые изощренные методы исследования не позволяют поставить точный диагноз. Несмотря на обилие диагностических тестов, ранняя диагностика глаукомы трудна даже для опытного врача и без длительного, иногда в течение нескольких лет наблюдения, поставить диагноз удастся далеко не всегда. Поэтому ранняя диагностика является одним из самых приоритетных направлений в решении проблемы глаукомы, определяя во многом дальнейшую судьбу больного.

Для синтеза математической модели, характеризующей тот или иной диагностический процесс на основе законов распределения и значений вероятностей присутствия, могут использоваться методы регрессионного, кластерного, дискриминантного анализов [2].

Используя методы регрессионного анализа, можно достаточно точно выявить факторы, оказывающие существенное влияние на результирующий показатель, а также определить силу и направление этого влияния. Однако синтезированные модели могут оказаться неточными или, в случае сложных моделей, переобученными, что снижает эффективность их использования [3,4].

Применение методов кластерного анализа позволяет сопоставить объекты моделирования по их качественным характеристикам, агрегировать экспертные оценки текущего и прогнозируемого уровней развития объектов и т.д. Несмотря на свои широкие возможности, использование данного метода анализа требует значительной затраты времени и сил для проведения соответствующих расчетов, а полученные результаты группирования не всегда адекватно интерпретируются, особенно если информативные признаки, характеризующие объекты исследования, были достаточно разнородны [5].

Указанные выше недостатки позволяет учесть дискриминантный анализ, дающий возможность быстро и качественно классифицировать исследуемые объекты и синтезировать адекватную линейную математическую модель. Данный метод математического анализа имеет ряд преимуществ: учитывается вариабельность параметра, рассматривается совокупность всех клинических и параклинических показателей, взятых со своими коэффициентами, которые отражают удельный вес влияния каждого показателя на постановку диагноза [6,7].

Дискриминантный анализ имеет определенное сходство с кластерным анализом. Сходство заключается в том, что исследователь в обоих случаях ставит перед собой цель разделить совокупность объектов (а не переменных) на несколько более мелких групп. Тем не менее процесс классификации в двух видах анализа принципиально различен. В кластерном анализе объекты

классифицируются на основе их различия без какой-либо предварительной информации о количестве и составе классов. В дискриминантном анализе количество и состав классов изначально задан, и основная задача заключается в определении того, насколько точно можно предсказать принадлежность объектов к классам при помощи данного набора дискриминантных переменных (предикторов) [8].

Дискриминантный анализ представляет собой альтернативу множественного регрессионного анализа для случая, когда зависимая переменная представляет собой не количественную (номинативную) переменную. При этом дискриминантный анализ решает, по сути, те же задачи, что и множественный регрессионный анализ: предсказание значений «зависимой» переменной (в данном случае категорий номинативного признака) и определение того, какие «независимые» переменные лучше всего подходят для такого предсказания. Дискриминантный анализ основан на составлении уравнения регрессии, использующего номинативную зависимую переменную, но она не является количественной, как в случае регрессионного анализа. Уравнение регрессии составляется на основе тех объектов, о которых известна групповая принадлежность, что позволяет максимально точно подобрать его коэффициенты. После того как уравнение регрессии получено, его можно использовать для группировки интересующих объектов в целях прогнозирования.

В связи с вышесказанным, синтез математической модели диагностики первичной открытоугольной глаукомы на ранних стадиях с помощью дискриминантного анализа является актуальной научной и практической задачей.

3. Цель работы

Целью данной работы является синтез математической модели диагностики ПОУГ, позволяющей повысить достоверность ранней диагностики, что способствует своевременному и качественному лечению.

4. Сущность работы

При проведении дискриминантного анализа нами были проанализированы данные пациентов с ПОУГ. Все пациенты были разделены на 3 группы:

- 1-я группа – 33 пациента без каких-либо признаков на глаукому;
- 2-я группа – 33 пациента с I стадией глаукомы;
- 3-я группа – 30 пациентов со II стадией глаукомы.

С математической точки зрения все пациенты рассматривались как совокупность объектов с варьирующимися количественными и качественными характеристиками. На основании этих характеристик определялась группа, к которой относится объект. Это позволило нам спрогнозировать группы (наличие ПОУГ) для новых объектов из той же совокупности.

Для выявления информативных признаков при формировании диагноза ПОУГ на ранних стадиях развития были проанализированы офтальмологические показатели, полученные в результате визометрии, тонометрии, кинетической периметрии, биомикроскопии, гониоскопии, офтальмоскопии, конфокальной сканирующей лазерной офтальмоскопии (HRT-II).

Все признаки были закодированы и поставлены в соответствии 30-мерному вектору, который учитывает отсутствие, наличие, направленность и величину

каждого признака. В 30-мерном пространстве при диагностике 3-х клинических состояний пациентов получили 4 области: точки, присущие только пациентам без каких-либо признаков на глаукому, только для пациентов с I стадией глаукомы, только для пациентов со II стадией глаукомы и промежуточная область.

Математическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере с использованием пакета прикладных программ SPSS 17.0.

Расчет методом дискриминантных функций значений диагностических коэффициентов позволил обнаружить 10 существенных для определения начала ПОУГ признаков из 30-ти рассматриваемых (табл. 1).

Таблица 1. Канонические коэффициенты дискриминантных функций для существенных признаков при определении начальных стадий глаукомы

Признаки глаукомы	Единицы измерения	Канонические коэффициенты	
		1 функция	2 функция
Cup/Disc Area Ratio	Ед.	-2,259	3,059
Cup Shape Measure	Ед.	-4,271	3,784
Cup Volume	мм ³	-2,903	0,460
Rim Area	мм ²	-0,227	1,047
Linear Cup/Disc Ratio	Ед.	0,237	-5,781
Mean Cup Depth	мм	8,655	-2,275
Mean RNFL Thickness	мм	9,496	-23,701
Поле зору 1	град.	0,168	0,140
Поле зору 2	град.	0,049	0,018
Reference Height	мм	-4,051	3,609
Constant		-11,715	-2,239

В табл. 1 приведены следующие информативные показатели:

- 1) Cup/Disc Area Ratio – отношение площади экскавации к площади диска зрительного нерва;
- 2) Cup Shape Measure – полная трехмерная форма экскавации;
- 3) Cup Volume – объем экскавации (мм³);
- 4) Rim Area – площадь нейроретинального пояска (мм²);
- 5) Linear Cup/Disc Ratio – отношение диаметра экскавации к диаметру диска зрительного нерва;
- 6) Mean Cup Depth – средняя глубина экскавации (мм);
- 7) Mean RNFL Thickness – средняя толщина слоя нервных волокон по краю диска зрительного нерва (мм);
- 8) Поле зору 1 – поле зрения по верхнему носовому радиусу (град);
- 9) Поле зору 2 – поле зрения по горизонтальному носовому радиусу (град);
- 10) Reference Height – референтная высота.

В случае дифференциации 3-х степеней тяжести заболевания необходимы 2 дискриминантные функции.

Таким образом, развитие начальных стадий ПОУГ может быть описано дискриминантными функциями вида:

$$DF1 = - 2.259 * \text{Cup/Disc Area Ratio} - 4.271 * \text{Cup Shape Measure} - 2.903 * \text{Cup Volume} - 0.227 * \text{Rim Area} + 0.237 * \text{Linear Cup/Disc Ratio} + 8.655 * \text{Mean Cup Depth}$$

+ 9.496*Mean RNFL Thickness + 0.168*Поле зору 1 + 0.049*Поле зору 2 – 4.051*Reference Height – 11.715.

DF2 = 3.059* Cup/Disc Area Ratio + 3.784*Cup Shape Measure + 0.460*Cup Volume + 1.047*Rim Area – 5.781*Linear Cup/Disc Ratio – 2.275*Mean Cup Depth – 23.701*Mean RNFL Thickness + 0.140*Поле зору 1 + 0.018*Поле зору 2 + 3.609*Reference Height – 2.239,

Оценка меры удачного разделения на группы, полезность дискриминантных функций и количество функций, которые имеют реальное содержание при определении отличий между группами, были оценены с помощью коэффициентов канонической корреляции (табл. 2).

Величина собственного значения связана с дискриминирующими возможностями функции: чем больше собственное значение, тем лучше различие.

Таблица 2. Характеристика дискриминантных возможностей функций

Функция	Собственные значения	% дисперсии	Общий %	Каноническая корреляция
1	4,884	86,8	86,8	0,911
2	0,746	13,2	100,0	0,654

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что первая функция имеет наибольшие дискриминирующие возможности, вторая – обеспечивает максимальное расхождение в сравнении с первой. Фактические значения функций (4,884 и 0,746) указывают на то, что дискриминантные возможности первой функции в 13,2 раз больше, чем второй.

Чтобы облегчить такое сравнение, собственным значениям приписывают процент дисперсии. Для этого сначала суммируют все собственные значения, затем делят каждое собственное значение на общую сумму. Так, в приведенной системе уравнений первая функция содержит 86,8 % общих дискриминантных возможностей.

Качественная оценка силы связи r_{xy} величин X и Y была проведена на основании шкалы Чеддока. Учитывая значение канонического коэффициента корреляции первой функции 0,911, можно сделать вывод о существовании весьма высокой связи между диагнозом и значениями первой дискриминантной функции. Также обнаружена заметная связь между диагнозом и значениями второй дискриминантной функции (0,654).

Оценка значимости дискриминантных функций была проверена λ -статистикой Уилкса (табл. 3).

Таблица 3. Определение значимости дискриминантных функций методом λ -статистики Уилкса

Номер функции	Лямбда Уилкса	χ^2	Степени свободы, df	Значимость
1	0,097	206,149	20	0,0001
2	0,573	49,302	9	0,0001

Рассчитали критериальное значение χ^2 , которое сравнивается с критическим с заданным числом степеней свободы. Если значение χ^2 больше критического,

то значимость подтверждается. В нашем случае $P < 0,0001$, то есть различие между группами значимо.

На основе значений обеих дискриминантных функций построена территориальная карта распределения здоровых и больных на глаукому в зависимости от стадии заболевания (рис.), где единицами ограничена группа лиц без каких-либо признаков на глаукому, двойками - группа лиц с I стадией глаукомы, тройками - II стадией глаукомы, * - центроид группы.

Анализ полученных данных показал, что все пациенты первой группы ($n = 33$, пациенты без каких-либо признаков на глаукому) были определены безошибочно, из пациентов второй группы ($n = 33$, пациенты с I стадией глаукомы) три больных были ошибочно отнесены к первой группе. Все пациенты третьей группы ($n = 30$, пациенты со II стадией глаукомы) также были определены верно.

Таким образом, разработанная математическая модель корректно классифицирует 96,9% всех больных с начальными стадиями глаукомы.

5. Выводы

Применение метода дискриминантных функций позволило вывить информативные признаки для ранней диагностики ПОУГ, что дает возможность сократить срок диагностического периода, повысить качество постановки дифференцированного диагноза и облегчить задачу врача-офтальмолога. Кроме того, помимо абсолютных величин (объем, площадь) анализируются относительные величины, что позволяет экстраполироваться от конкретных значений признака у пациента и получить информацию независимо от индивидуальных размеров диска зрительного нерва, которые могут значительно варьировать. Это дает возможность в некоторой степени объективизировать исследование. Таким образом, проведен синтез математической модели диагностики ПОУГ, позволяющей повысить достоверность ранней диагностики, что способствует своевременному и качественному лечению.

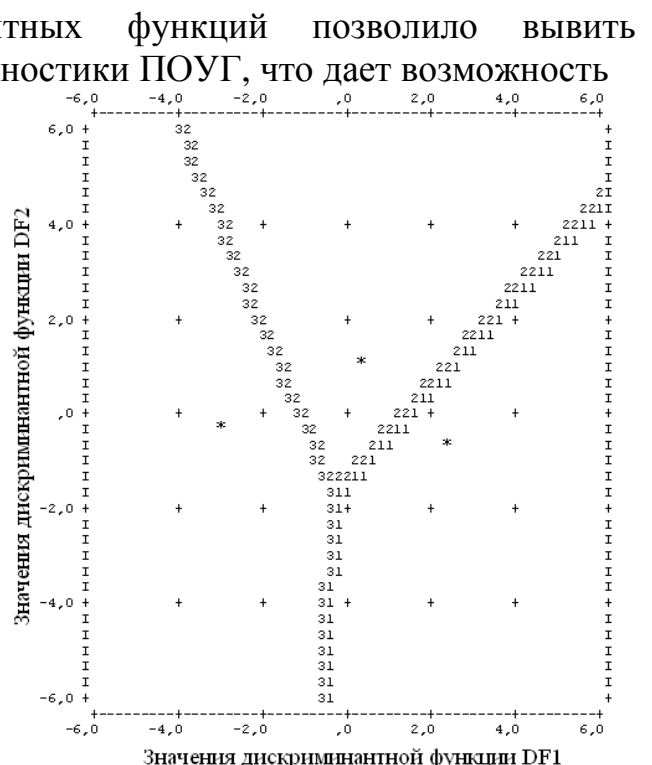


Рис. Территориальная карта распределения больных на глаукому в зависимости от стадии заболевания

Список литературы: 1. Астахов, Ю.С. Глазные болезни: Для врачей общей практики: Справочное пособие [Текст] / Ю.С. Астахов, Г.В. Ангелопуло, О.А. Джалиашвили. - СПб.: СпецЛит, 2001.- 240 с: ил 2. Каримов, Р.Н. Обработка экспериментальной информации [Текст] : учеб. пособие Ч. 3. – Многомерный анализ / Р.Н. Каримов. - Саратов: СГТУ, 2000. - 108 с. 3. Андерсон, Т. Введение в многомерный статистический анализ [Текст] / Т. Андерсон. - М.: Феникс, 1963. - 516 с. 4. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Дрейпер, Г. Смит. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. - 118 с. 5. Ким, Дж. Факторный,

дискриминантный и кластерный анализ [Текст] / Дж. Ким, Ч. У. Мюллер, У. Р. Клекка. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с. **6. Дюк, В. А.** Компьютерная психодиагностика [Текст] / В.А. Дюк. - С-Пб.: Питер, 1994. - 318 с. **7.** Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т. 2 [Текст] / под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина. - М.: Финансы и статистика, 1990. - 526 с. **8.** Бююль, А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [Текст] / А. Бююль, П. Цефель. - СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2001. - 608 с.

Поступила в редколлегию 15.02.2012

УДК 004.738.019.3:621.395

Н.В. ЗАХАРЧЕНКО, докт. техн. наук, проф. ОНАС им. А.С. Попова, Одесса
Д.Ю. ИЛЬИН, канд. техн. наук, доц. ОНАС им. А.С. Попова, Одесса
С.В. ХОМИЧ, асп., ОНАС им. А.С. Попова, Одесса
Ж.А. ТОРК, асп., ОНАС им. А.С. Попова, Одесса

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СЕГМЕНТОВ СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Розглядаються питання оцінки напрацювання на відмову (T_R), імовірність безвідмовної роботи (P_R) і коефіцієнта готовності (K_R) багатоканальних сегментів, що з'єднують розподілені комп'ютерні мережі.

Рассматриваются вопросы оценки наработки на отказ (T_R), вероятности безотказной работы (P_R) и коэффициента готовности (K_R) многоканальных сегментов, соединяющих распределенные компьютерные сети.

The issues of determining the reliability characteristic of multi-channel gateways, connecting distributed computer network.

Надежность работы информационных систем определяется надежностью аппаратных средств и надежностью программного обеспечения [1 – 2]. Обычно в технических условиях на персональные компьютеры (ПК), сетевое, телекоммуникационное оборудование отсутствуют данные о надежности программного обеспечения. Это связано с тем, что невозможно предусмотреть и заранее проверить все сочетания исходных данных, возникающих при эксплуатации программ и данных, передаваемых с помощью сетевых протоколов.

В настоящее время, для организации компьютерных сетей с высокой надежностью широко используется профессиональное сетевое оборудование ведущих мировых производителей, которые применяют для тестирования оборудования при производстве современные методы испытаний, стандартизованные во многих странах. Эксплуатация оборудования может проходить как в герметичных серверных комнатах с контролем температуры и влажности, так и не в таких благоприятных условиях. Поэтому, производители при изготовлении и тестировании оборудования руководствуются стандартами, разработанными в США и Европе [3 – 5]. Существует комплекс государственных стандартов «Климат-7», разработанный в РФ, который используют для тестирования телекоммуникационного оборудования, эксплуатирующегося в тяжелых климатических условиях (структура стандартов освещена в [6]).