

УДК 617.7-007.681-07

МАРКОВСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЕ

Е.В. ВЫСОЦКАЯ, О.А. КОЗИНА, А.Н. СТРАШНЕНКО, С.А. СИНЕНКО, С.Б. СОЛОМКО

Предложена Марковская модель, позволяющая прогнозировать эффективность лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме. Использование разработанной модели способствует своевременному качественному лечению пациентов и предотвращению их инвалидизации.

Ключевые слова: первичная открытоугольная глаукома, Марковская модель, матрица вероятностей.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время глаукома является одной из основных причин слепоты и слабовидения. Проблема глаукомы традиционно привлекает пристальное внимание офтальмологов. Это обусловлено многообразием ее клинических форм, сложностью патогенеза, включающего механические, сосудистые и метаболические факторы, трудностью ранней диагностики и лечения, а также медико-социальной значимостью заболевания. Причины возникновения и механизмы развития этой болезни до конца не изучены и до сих пор остро обсуждаются специалистами. Обнаружить глаукому в самом начале, пока ситуация еще вполне поправима, крайне сложно. Прежде всего потому, что на первых стадиях и даже в выраженных формах она в ряде случаев протекает практически бессимптомно.

Как известно [1], термин глаукомы объединяет большую группу заболеваний глаза, характеризующуюся постоянным или периодическим повышением внутриглазного давления (ВГД). Из-за нарушения оттока водянистой влаги развиваются характерные для глаукомы нарушения зрительных функций и атрофия зрительного нерва. Слепота, порожденная глаукомой, носит необратимый характер, так как погибает зрительный нерв. Лечение глаукомы позволяет лишь сохранить оставшееся зрение.

Глаукома может возникнуть в любом возрасте, начиная с рождения, но распространенность заболевания значительно увеличивается в пожилом и старческом возрасте [2]. Так если, частота врожденной глаукомы составляет 1 случай на 10–20 тысяч новорожденных, то в возрасте 40–45 лет первичная глаукома наблюдается уже примерно у 0,1% населения. В возрастной группе 50–60 лет недуг встречается уже в 1,5% случаев, а у пациентов старше 75 лет — более чем у 3%. Поэтому разработка новых моделей прогнозирования эффективности лечебно-диагностических мероприятий, способствующих своевременному качественному лечению пациентов и предотвращению их инвали-

дизации при первичной открытоугольной глаукоме, является актуальной задачей в офтальмологии.

Для разработки таких моделей возможно использование Марковских процессов, которые являются частным видом случайных процессов. Дискретные Марковские модели нашли свое применение в различных областях медицины. Например, в стоматологии разработана Марковская модель развития, профилактики и лечения воспалительных заболеваний пародонта, позволяющая учитывать во времени влияние факторов риска и проводимых лечебно-профилактических мероприятий на показатели состояния тканей пародонта [3]. В хирургии предложена дискретная Марковская модель последовательностей лечебно-реабилитационных мероприятий при острых черепно-мозговых травмах [4]. В онкологии разработана Марковская модель движения пациентов, позволяющая прогнозировать численность пациентов в различных состояниях и оценивать медицинскую и экономическую эффективность инвестиционных решений в системе онкологической помощи [5].

Целью работы является разработка модели с использованием теории Марковских процессов, позволяющей математически прогнозировать ход течения и соответственные средства лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме.

СУЩНОСТЬ РАБОТЫ

Для разработки модели были задействованы данные о течении и оказанных лечебно-диагностических мероприятиях у 300 пациентах с первичной открытоугольной глаукомой Харьковской городской клинической больницы №14 им. Л.Л. Гиршмана. Всем пациентам проводилось комплексное обследование по общепринятой методике, которая включала в себя визометрию, тонометрию, кинетическую периметрию, биомикроскопию, гониоскопию, офтальмоскопию. Также назначался определенный курс лечения глаукомы в зависимости от стадии развития.

В работе рассматривается система оказания медицинской помощи пациентам с различными стадиями открытоугольной глаукомы. Состояния пациентов на различных стадиях глаукомы можно представить в виде дискретных состояний такой системы.

Очевидно, что тактика оказания медицинской помощи при офтальмологическом заболевании отображает динамику заболевания и его лечения как у каждого пациента в отдельности, так и у потока пациентов в целом. При этом с одной стороны интервалы времени между возникновением, или другими словами фиксированием специалистами, того или иного состояния пациента можно рассматривать как дискретные величины. Это объясняется тем, что с одной стороны для того, что бы система изменила свое состояние, т.е. было выбрано соответствующее лечение для зафиксированного в данный момент времени состояния пациента, требуется анализ проблемы специалистом. А такого рода анализы – диагностические процедуры, осмотры, наблюдения – проводятся в фиксированные моменты времени, образующие конечное и счетное множество. С другой стороны, первичная открытоугольная глаукома является тем редким для медицины заболеванием, при котором состояние пациента при всех правильно выбранных и проведенных лечебно-диагностических мероприятиях, может либо остаться без изменений (желаемая стабилизация), либо ухудшиться (прогрессирование болезни). Кроме того, анализ историй болезней выбранных пациентов показал, что скорость прогрессирования глаукомы, как и время пребывания в текущем стабильном состоянии не зависит от того, как долго уже пациент болеет или как долго он находился на предыдущей фазе болезни. Таким образом, можно говорить, что открытоугольная глаукома может рассматриваться как Марковская цепь, состоящая из 30 дискретных состояний (рис. 1). Смена описанных ниже состояний есть результат случайного дискретного во времени процесса, вся последующая траектория движения которого зависит только от того, в каком состоянии находится пациент в текущий момент времени.

Специфика выявления и течения первичной открытоугольной глаукомы приводит к тому, что все пациенты обращаются за помощью, имея различные стадии заболевания. В этом случае всю предысторию болезни врач получает в лучшем случае в виде выписки с предыдущего места лечения/обследования и для врача вся такая предыстория болезни вне анализируемой системы оказания медицинской помощи, т.е. «прошлого» системы, превращается в особую форму «настоящего». Вся последующая тактика ведения такого пациента, т.е. «будущее» системы, будет зависеть от текущего начального положения пациента в модели с аккумулярованным прошлым в одной точке системы.

Для моделирования глаукомы был выбран шаг дискретизации времени равный 1 неделе и следующие различные состояния пациентов:

0 – состояние, фиксируемое как подозрение на глаукому. Проявляется это наличием следующих жалоб пациента: затуманивание, появление радужных колец, вокруг источников света. При этом могут наблюдаться повышение ВГД, асимметрия его уровня на обоих глазах больше, чем 4 мм рт. ст., или колебания ВГД на протяжении суток больше чем 5 мм рт. ст., изменения диска зрительного нерва (расширение экскавации диска зрительного нерва (ДЗН), особенно в вертикальном направлении, асимметрия экскавации ДЗН на обоих глазах, кровоизлияние в слое нервных волокон по краю ДЗН, утоньшение слоя нервных волокон и парапапиллярная атрофия ДЗН), гониоскопические изменения (щелевой, или закрытый угол передней камеры (УПК), усиления пигментации угла передней камеры, асимметрия строения УПК на обоих глазах, наличие гониосинехий, новообразованных сосудов, псевдоэксфолиаций в УПК) биомикроскопические изменения (гетерохромия радужки, атрофические изменения стромы радужки и пигментной каймы, выраженная асимметрия их на обоих глазах).

1 – состояние «I стадия глаукомы», показания к медикаментозной терапии. I стадия глаукомы характеризуется отсутствием изменений периферического поля зрения, но есть изменения в центральном поле зрения (парацентральные скотомы, скотома Бьерума, депрессия изоптер, в области

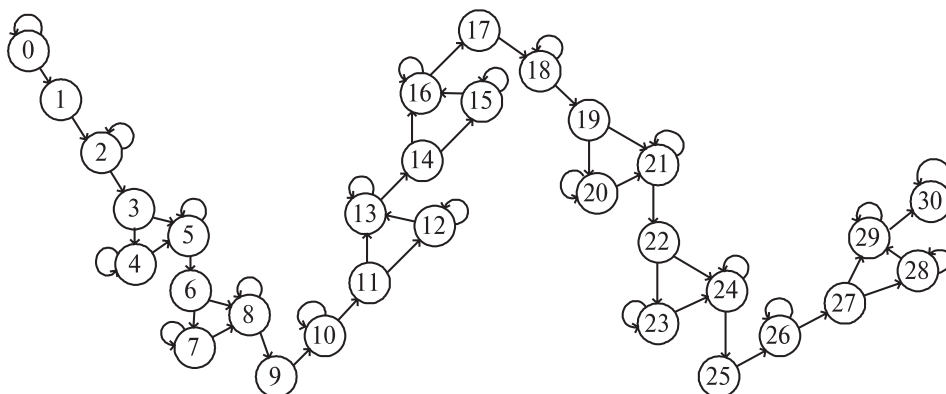


Рис. 1. Граф разработанной Марковской цепи

от 5 до 25 град, от точки фиксации, расширения слепого пятна, $MD < -6$ Дб), может быть увеличение экскавации по вертикали. Отношение диаметра экскавации к диаметру диска зрительного нерва может достигать 0,6 и больше, при условии, что экскавация не доходит до края диска, а также утоньшение слоя нервных волокон. Для определения выше перечисленных параметров проводят визометрию, рефрактометрию, биомикроскопию, тонометрию, кинетическую периметрию, гониоскопию, офтальмоскопию, томографию. В качестве лечения проводят медикаментозную терапию, включающая в себя местную гипотензивную терапию и курс нейропротекции. Медикаментозная терапия направлена на достижение гипотензивного (целевого ВГД) и нейропротекторного (коррекция трофических и циркуляторных нарушений) эффекта.

2 — состояние «I стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после медикаментозной терапии. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

3 — состояние «I стадия глаукомы», показания к лазерному лечению. При ухудшении поля зрения, прогрессировании оптической нейропатии, снижении остроты зрения, ухудшении показателей томографии проводят лазерное лечение (лазерная трабекулопластика или лазерная селективная трабекулопластика, трабекулоспазис, циклотрабекулоспазис).

4 — состояние «I стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

5 — состояние «I стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

6 — состояние «I стадия глаукомы», показания к хирургическому лечению (непроникающая глубокая склерэктомия и ее разновидности).

7 — состояние «I стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

8 — состояние «I стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление,

состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

9 — состояние «II стадия глаукомы», показания к медикаментозной терапии. II стадия глаукомы характеризуется краевой экскавацией, дугообразной скотомой, часто с прорывом на периферию в назальной области, которая приводит к формированию классической назальной ступеньки, сужение периферического поля зрения, больше, чем на 10 град в назальном сегменте, или концентрическое, но не достигает 15 градусов от точки фиксации, $MD < -12$ Дб. Вследствие чего появляется необходимость медикаментозной терапии. Медикаментозная терапия направлена на достижение гипотензивного (целевого ВГД) и нейропротекторного (коррекция трофических и циркуляторных нарушений) эффекта.

10 — состояние «II стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после медикаментозной терапии. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

11 — состояние «II стадия глаукомы», показания к лазерному лечению. При отсутствии эффекта (ухудшение поля зрения, прогрессирование оптической нейропатии, снижение остроты зрения, ухудшение показателей томографии) рекомендуется проводить лазерное лечение (лазерная трабекулопластика или лазерная селективная трабекулопластика, трабекулоспазис, цикло-трабекулоспазис).

12 — состояние «II стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

13 — состояние «II стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

14 — состояние «II стадия глаукомы» показания к хирургическому лечению. При ухудшении диагностических показателей после лазерного лечения проводят хирургическое лечение (непроникающая глубокая склерэктомия и ее разновидности).

15 — состояние «II стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

16 — состояние «II стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после

хирургического лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

17 — состояние «III стадия глаукомы», показания к медикаментозной терапии. III стадия глаукомы характеризуется тем, что сужено концентрическое поле зрения и в одном, или больше сегментах находится меньше, чем в 15 градусах от точки фиксации, глаукомная субтотальная краевая экскавация, MD > -12Дб. Вследствие чего появляется необходимость медикаментозной терапии. Медикаментозная терапия направлена на достижение гипотензивного (целевого ВГД) и нейропротекторного (коррекция трофических и циркуляторных нарушений) эффекта.

18 — состояние «III стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после медикаментозной терапии. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

19 — состояние «III стадия глаукомы», показания к лазерному лечению. При отсутствии эффекта (ухудшение поля зрения, прогрессирование оптической нейропатии, снижение остроты зрения, ухудшение показателей томографии) рекомендуется проводить лазерное лечение (лазерная трабекулопластика или лазерная селективная трабекулопластика, трабекулоспазис, цикло-трабекулоспазис).

20 — состояние «III стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

21 — состояние «III стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после лазерного лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

22 — состояние «III стадия глаукомы» показания к хирургическому лечению. В случае отсутствия необходимого эффекта после лазерного лечения рекомендуется проводить хирургическое лечение (непроникающая глубокая склерэктомия и ее разновидности).

23 — состояние «III стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

24 — состояние «III стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур

после хирургического лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

25 — состояние «IV стадия глаукомы», показания к медикаментозной терапии. IV стадия глаукомы характеризуется полным отсутствием зрения или остается неправильная светопроекция. Порой хранится остаточный островок поля зрения в темпоральной области. Медикаментозная терапия направлена на снижение ВГД вследствие болевого синдрома.

26 — состояние «IV стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после медикаментозной терапии. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

27 — состояние «IV стадия глаукомы», показания к хирургическому лечению в связи с болевым синдромом.

28 — состояние «IV стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, не требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

29 — состояние «IV стадия глаукомы», показания к комплексу диагностических процедур после хирургического лечения, требующее медикаментозного лечения. Поквартально контролируется острота и поле зрения, внутриглазное давление, состояние диска зрительного нерва, качество жизни пациента.

30 — состояние «аномаль» (отсутствие одного или обоих глаз).

На основе экспертного оценивания была получена матрица переходных вероятностей данного случайного процесса. Для этой матрицы переходов были получены вероятности всех состояний на первых 300 шагах. Использовались две матрицы, каждая строка которых представляет собой вектор исходных состояний модели:

```

1 0 0 000000 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0.05 0.95 000000 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 1000000 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 0100000 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 000.80.20 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 000.20.80 0 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 000001 0 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0 0000 0
0 0 000000.8 0.15 0.05 0 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0
0 0 000000.15 0.8 0.05 0 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0
0 0 0000000 0.07 0.93 0 0 0 0000 0 000 0 0000 0 000 0
0 0 0000000 0 0.05 0.93 0.02 0 0 0 0000 0 000 0 000 0
0 0 0000000 0 0 0 1 0 0 0 0000 0 000 0 000 0 000 0
0 0 0000000 0 0 0 0.93 0.07 0 0 0 0000 0 000 0 000 0
0 0 0000000 0 0 0.07 0.93 0 0 0 0000 0 000 0 000 0
0 0 0000000 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0000 0 000 0 000 0

```

[illegible]

Единичная матрица представляет собой матрицу размерностью 31×31 .

Полученные вероятности состояний для различных исходных состояний модели позволяют сформировать траектории движения случайного процесса.

Например, рассмотрим наиболее сложную ситуацию, когда поступил пациент с подозрением на первичную стадию глаукомы. Это означает, что можно рассматривать систему с разработанной матрицей переходов и вектором исходных состояний

$$[10000000000000000000000000000000]$$

Согласно расчетам, через один шаг моделирования система с вероятностью 0,82 окажется в состоянии 1, т.е. может быть проведена местная гипотензивная терапия и курс нейропротекции. Как видно из графа возможных состояний, рассматриваемая система представляет собой поглощающую Марковскую систему, в которой не может существовать стационарный режим и все вероятности состояний зависят от вектора исходных состояний и матрицы переходов. И если матрица переходов постоянна, то вектор исходных состояний указывает на движение системы по графу состояний. Это означает, что для определения следующего возможного шага в траектории движения по модели надо рассматривать новый вектор исходных состояний, в котором будет отображен факт, что система в данный момент времени достоверно находится в состоянии 1, т.е.

$$[01000000000000000000000000000000]$$

Подставляя этот вектор, получим, что на следующем шаге моделирования система с максимальной вероятностью окажется в состоянии 2. Продолжая подобные рассуждения и изменяя вектор исходных состояний, можно получить траекторию (1) движения системы по состояниям с максимальными вероятностями, начиная с состояния 0:

$$0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 13 \rightarrow$$
$$14 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 18 \rightarrow 19 \rightarrow 21 \rightarrow 22 \rightarrow 24 \rightarrow 25 \rightarrow$$
$$26 \rightarrow 27 \rightarrow 29 \rightarrow 30.$$

Учитывая, что смена состояний происходит на каждом шаге моделирования, а также тот факт, что для состояний 2, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 26, 28, 29 шаг моделирования равен одному кварталу, т.е. около 17 недель, то максимально короткий интервал времени перехода системы из состояния 0 в поглощающее состояние, т.е. до потери глаза, равен 299 недель.

Используя теорию поглощающих Марковских систем, преобразуем переходную матрицу в каноническую форму [6], выделив в ней подматрицу Q размерностью 30×30 , которая описывает поведение процесса до выхода из множества невозвратных состояний. При этом, как известно, главная диагональ фундаментальной матрицы $N = (I - Q)^{-1}$, где I – единичная матрица, содержит среднее время, которое процесс проводит в данном невозвратном состоянии [6].

Тогда математическое ожидание движения системы по траектории (1) до поглощения, с учетом вклада состояний с длительностью в 17 недель, равно 298 недель. Вектор дисперсий времени пребывания в каждом состоянии траектории (1) может быть вычислен как $\frac{p_{ii}}{(1-p_{ii})^2}$ (табл.1),

где p_{ii} – вероятность того, что система останется в состоянии i на следующем шаге.

Таблица 1

**Вектор дисперсий времени пребывания
в каждом состоянии траектории (1)**

Состояние	Дисперсия времени пребывания
0	0,2677
1	0,0000
2	0,4748
3	0,0000
4	0,5401
5	0,1235
6	0,0000
7	0,2677
8	0,4444
9	0,0000
10	0,3125
11	0,0000
12	0,3879
13	0,5401
14	0,0000
15	0,1550
16	0,3125
17	0,0000
18	0,3365
19	0,0000
20	0,3125
21	0,3125
22	0,0000
23	0,2677
24	0,3365
25	0,0000
26	0,1550
27	0,0000
28	0,1718
29	0,8284

Из полученных вероятностей всех состояний на первых 300 шагах моделирования были сформированы траектории движения системы, которые отражают для каждого шага состояние с максимальной вероятностью среди всех других возможных состояний. Примеры таких наиболее вероятных траекторий (2), (3) и (4) движения системы по состояниям для векторов исходных состояний

A) [00010000000000000000000000000000]

Б) [00000000010000000000000000000000]

B) [00000000000000000000000000000000].

Т.е. для ситуаций, когда пациент находится в исходных состояниях 3, 9 и 17, представлены в виде графиков на рис. 2, 3, 4 соответственно, где на оси x — шаги моделирования, а на оси y — номера состояний модели.

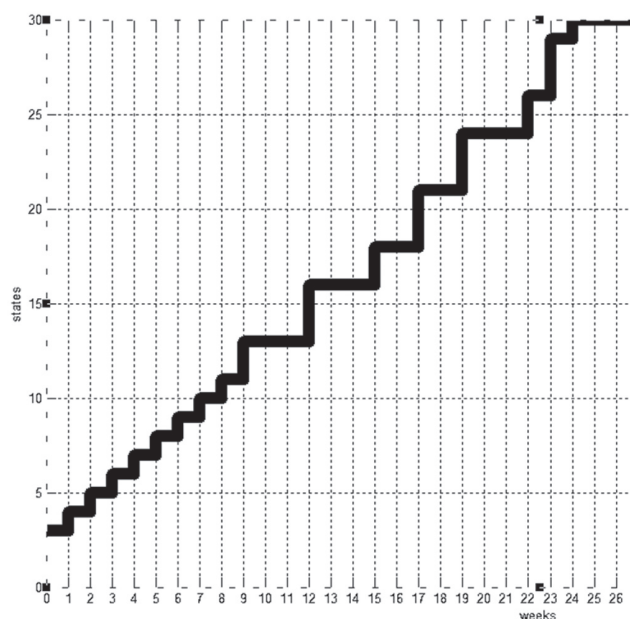


Рис. 2. Траектория движения системы (2)

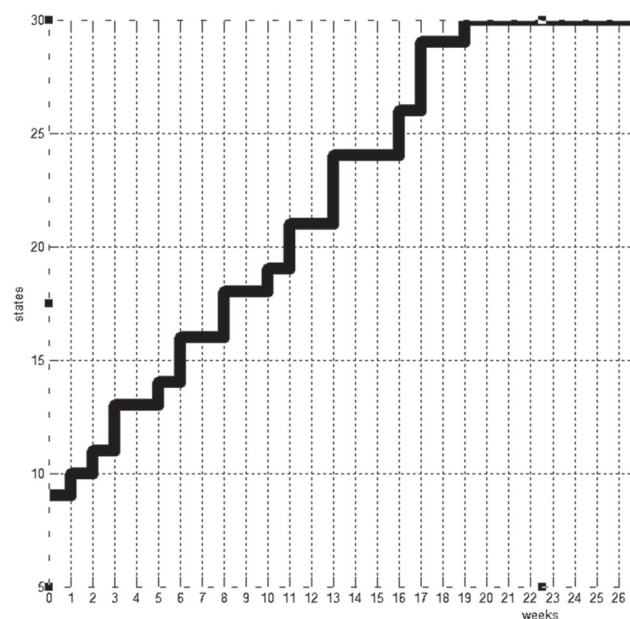


Рис. 3. Траектория движения системы (3)

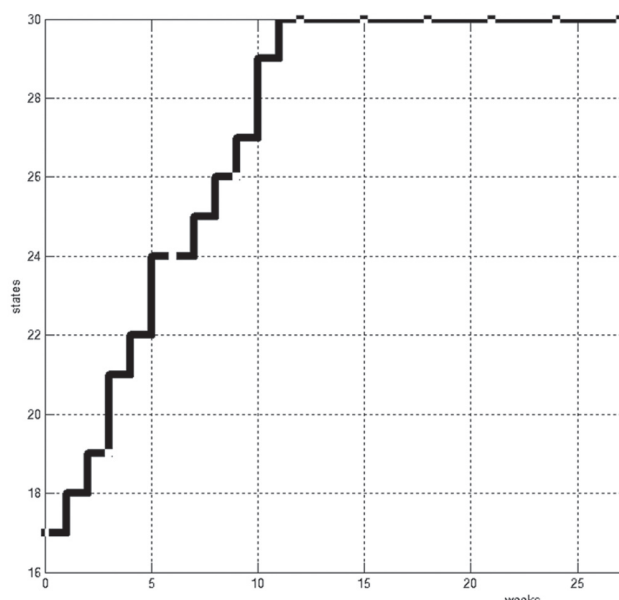


Рис. 4. Траектория движения системы (4)

Из графиков видно, что наиболее вероятные траектории движения системы проходят не через все вершины модели и в зависимости от вектора исходных состояний длительность пребывания в каждом состоянии может изменяться. Как и в первом случае, для определения длительности движения по полученным траекториям до поглощения необходимо учитывать вклад состояний, для которых шаг моделирования равен 17 недель.

Подобные оценки математического ожидания и длительности движения системы до поглощения (табл. 2) или до возникновения следующей стадии глаукомы можно сформировать для любого исходного состояния, что позволяет говорить о прогнозировании течения глаукомы.

Таблица 2

Оценка математического ожидания и длительности движения системы до поглощения

Исходное состояние пациента / номер траектории	Математическое ожидание времени до анофтальма по траектории (1), нед.	Длительность движения до анофтальма по траектории (2) / (3) / (4), нед.
3 / (2)	273	344
9 / (3)	186	259
17 / (4)	115	123

Будущая оценка адекватности предлагаемой модели на пациентах и других клиниках может привести к варьированию некоторых величин в переходной матрице, например, для состояний 12, 20, 23, 28, вероятности которых не были максимальными ни для каких комбинаций векторов исходных состояний. Однако, общую методику проведения прогнозирования течения открытоугольной глаукомы это не изменит, а лишь покажет гибкость разработанной модели.

ВЫВОДЫ

Таким образом, разработана модель с использованием теории Марковских процессов, позволяющая математически прогнозировать ход течения и соответствующие средства лечебно-диагностических мероприятий при первичной открытоугольной глаукоме.

Использование разработанной Марковской модели способствует своевременному качественному лечению пациентов и предотвращению их инвалидизации.

Литература.

- [1] Волков В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении. — М.: Медицина, 2001. — 350 с.
- [2] Страшенно А.Н., Синенко С.А. Исследование информативности параметров диска зрительного нерва при ранней диагностике глаукомы // Биомедсистемы — 2008 Рязань. — 2008: Сб. научных докладов. — С. 165-166.
- [3] Осипова М.В. Прогнозирование эффективности сложных лечебно-профилактических программ при воспалительных заболеваниях пародонта // Материалы конференции «Актуальные вопросы клинической и экспериментальной медицины». — Санкт-Петербург, 2007. — С. 345.
- [4] Кудрявцев А.А. Менеджмент в здравоохранении: Медико-экономические стандарты и методы их анализа. — СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2004. — С. 72-74.
- [5] Медик В.А., Токмачев М.С. Математическая статистика в медицине: Учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 800 с.
- [6] Кемени Д.Д., Снелл Д.Л. Конечные цепи Маркова. — М.: Наука, 1970. — 272 с.

Поступила в редколлегию 13.04.2010



Высоцкая Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Биомедицинских электронных устройств и систем Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: аппараты и системы замещения утраченных органов и функций организма человека.



Козина Ольга Андреевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и программирования Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Область научных интересов: теория массового обслуживания, телеметрия, сетевое программирование.



Страшенно Анна Николаевна, студентка 4-го курса Харьковского национального университета радиоэлектроники. Область научных интересов: теория случайных процессов, офтальмология.



Синенко Сергей Александрович, врач-офтальмолог Харьковской городской клинической больницы №14 им. Л.Л. Гишмана. Область научных интересов: ранняя диагностика и лечение первичной открытоугольной глаукомы.



Соломко Сергей Борисович, заведующий диагностическим отделением Харьковской городской поликлиники № 8. Область научных интересов: медицина, функциональная диагностика.

УДК 617.7-007.681-07

Марковська модель лікувально-діагностичних заходів при первинній відкритокутовій глаукомі / О.В. Высоцкая, О.А. Козина, Г.М. Страшенно, С.О. Синенко, С.Б. Соломко // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2010. Том 9. № 2. — С. 225-231.

У даній статті була запропонована Марковська модель лікувально-діагностичних заходів при первинній відкритокутовій глаукомі, що дозволяє прогнозувати ефективність лікувально-діагностичних заходів при первинній відкритокутовій глаукомі. Використання розробленої моделі сприяє своєчасному якісному лікуванню пацієнтів та запобіганню їх інвалідизації.

Ключові слова: первинна відкритокутова глаукома, Марковська модель, матриця ймовірностей.

Табл. 02. Іл. 4. Бібліогр.: 6 назв.

UDC 617.7-007.681-07

A Markov model of medical and diagnostic measures at primary open-angle glaucoma / E.V. Vysotskaya, O.A. Kozina, A.N. Strashnenko, S.A. Sinenko, S.B. Solomko // Applied Radio Electronics: Sci. Mag. — 2010. Vol. 9. № 2. — P. 225-231.

A Markov model allowing to forecast the efficiency of medical and diagnostic measures at primary open-angle glaucoma is offered in this paper. Using the developed model is instrumental in timely high-quality treatment and prevention of patients' disability.

Key words: primary open-angle glaucoma, Markov model, probability matrix.

Tab. 02. Fig. 4. Ref.: 6 items.