

ЦЕПИ МАРКОВА – СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТЯЖЕЛООБОЖЖЕННЫХ

Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6)

Описывается возможность статистической оценки некоторых диагностических показателей развития и течения ожоговой болезни с помощью цепей Маркова у 996 пациентов. Изложены основы и раскрыта суть теории цепей Маркова на примере изменения температуры тела тяжелообожженных на фоне базовой интенсивной терапии, что позволяет выполнить статистическую оценку.

Ключевые слова: травма, ожог, ожоговая болезнь, лечение ожогов, температура тела, статистика, цепи Маркова.

Введение

В лечебной практике диагностика состояния больных оценивается по комплексу физических (уровень сознания, цвет кожных покровов, частота пульса и др.), инструментальных (температура тела, систолическое и диастолическое давление и пр.) и лабораторных (содержание эритроцитов, гематокрит, гемоглобин, кислотно-основное состояние и т. д.) параметров. Эти параметры являются одномоментными показателями и отражают текущее состояние отдельных пациентов. Они могут изменяться в ходе процесса лечения (наблюдения) вполне закономерно или случайным образом, или оставаться постоянными. Если изменение состояния больных происходит вполне закономерно или детерминировано, то любое последующее или предшествующее состояние однозначно определимо.

Реальные состояния больных являются вероятностными [10]. Соответственно случайным образом будут изменяться сами параметры. В результате на основании текущих индивидуальных определений параметров нельзя однозначно сказать о возможном состоянии больных в последующем, т. е. сделать прогноз. Ситуация осложняется в случае группы больных, в которой каждый отдельный пациент характеризуется собственными параметрами диагностики. Таким образом, параметры состояния являются величинами случайными, вероятностными.

Вероятностный характер состояния может обуславливаться различными причинами. Как правило, это связано с тем, что невозможно учесть все факторы, влияющие на процесс лечения, и тогда эти факторы проявляются в случайных отклонениях параметров от нормальных (стандартных) значений, а невозможность

учета может диктоваться мешающими факторами совершенно другого характера или шумами. Этим самым возникают случайные вариации состояния, как процесса.

Другой причиной могут быть систематические отклонения от стандартного значения, квалифицируемые как ошибки метода лечения, например, несоблюдение качества лечебного препарата, недостаточная надежность измерений, влекущих погрешности. В результате лечащий врач оказывается в условиях неопределенности, так как истинная (детерминированная) тенденция состояния больных оказывается непредсказуемой по комплексу параметров, но которая может проявиться в последующее время ухудшением состояния. В этом отношении состояния больных могут быть уподоблены вероятностному или стохастическому процессу теории вероятностей [5]. Такие процессы подчиняются теории однородных цепей Маркова.

Цель статьи – показать возможность использования цепей Маркова в статистической оценке состояния тяжелообожженных.

Основы теории цепей Маркова

Вероятностный, или стохастический, процесс считается определенным, если «... из знания состояния X_0 системы в некоторый момент времени t_0 следует также знание функции распределения вероятностей для возможных состояний X этой системы в момент $t > t_0$ » [4, с. 60]. Иными словами, причина порождает неоднозначные следствия.

Состояние устанавливается по совокупности измерений. Они определяют функцию распределения, которая является характеристикой стохастического процесса. Эквивалентом математической функции детерминиро-

Адмакин Александр Леонидович – канд. мед. наук доц., ст. препод. каф. термич. поражений Воен.-мед. акад. им. С. М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: admakin@yandex.ru.

ванного процесса является в стохастическом процессе функция распределения вероятностей. Если функция распределения остается постоянной, то стохастический процесс считается стационарным, если эта функция изменяется со временем, то стохастический процесс развивается динамически. Состояние больных, как процесс, всегда развивается динамически, так как состояние флуктуирует.

Изменения параметров и характеристик больных в процессе лечения обусловлены многими факторами, учесть которые, как правило, не представляется возможным. Даже при правильно назначенных процедурах его в последующие моменты с полной определенностью невозможно предсказать, оно может меняться непредсказуемо. Больные, находящиеся в данный момент в одинаковом состоянии, в последующем, при соблюдении режима лечения, могут оказаться в различных состояниях, у одних – наступит ремиссия, у других – никаких изменений не произойдет, у третьих – проявится рецидив. В результате вначале одинаковые или близкие значения параметров в последующем примут, хотя бы у части больных, другие значения. Поэтому вопрос о том, каким образом изменяется состояние больных в той или иной группе, должен анализироваться и решаться в ходе лечения количественно. Но так как индивидуальные параметры или характеристики больных непредсказуемы, то количественный анализ может осуществляться лишь на основе стохастической модели. В стохастической модели частные значения параметров и характеристик являются показателями, отражающими состояние данной группы больных в данный момент.

Набор исследуемого параметра по группе больных, состояние которых предполагается исследовать на основе стохастической модели, представляет статистическую выборку. В связи со специфичностью предмета исследований, т. е. больных, следует сделать некоторые пояснения о понятии выборка. Бесконечно большая совокупность возможных состояний больных составляет генеральную совокупность, а результаты наблюдений из этой совокупности представляют выборку. Генеральная совокупность является интегральной величиной в данной спецификации заболевания больных, находящихся в различных состояниях. Генеральная совокупность – понятие гипотетическое. Можно считать, что это есть число всех больных данной спецификации в действующей армии или

в России в целом. Следовательно, генеральная совокупность – множество, не имеющее предела. Реально невозможно определить эту генеральную совокупность. Однако теория статистики подтверждает, что для выводов нет необходимости стремиться получить статистические параметры о состоянии больных на основании генеральной совокупности. Замечательным свойством частных совокупностей, или выборок, является стремление статистических параметров при возрастании объема выборки сходиться к значениям генеральной совокупности. Такие выборки называются репрезентативными, или представительными. Параметры репрезентативных выборок являются адекватными значениям этих параметров, если бы они были определены по генеральной совокупности. Проблема выборочного метода состоит в том, чтобы объем выборки был таковым, при котором оцениваемые статистические параметры оказывались соответствующими генеральной совокупности, иными словами, сходились по своей величине к значениям, определенным по генеральной совокупности. Больные данной выборки должны характеризоваться одинаковыми:

- видом болезни;
- условиями нахождения;
- режимом и методом лечения.

Кроме того, выборка должна быть представлена больными в одинаковом исходном состоянии. Такая выборка является однородной. В практике лечения это выполняется дифференциацией больных по какому-либо признаку, например, по степени тяжести на крайне тяжелых, тяжелых и легких. Дифференциация дает возможность исследовать динамику состояния больных во времени, т. е. осуществить прогноз с вытекающими отсюда последствиями и выводами. Следует отметить, что ряд ограничений, таких как возраст больного, его социальное положение, специфика организма и ряд других, также влияют на изменчивость параметров и характеристик, и учитывать их весьма важно, хотя не всегда возможно; они создают шумы состояния. Эффективным методом исследования состояния больных является метод цепей Маркова – обширный раздел теории вероятностей.

Марковские процессы названы в честь выдающегося отечественного математика А. А. Маркова, который в 1907 г. ввел это понятие. Теория цепей Маркова изложена в монографиях [3, 8, 9], их приложения в биологии, физике, химии – в [1, 2]. В медицине марков-

ский анализ, как следует из специальных изданий [6, 7], не излагался, а возможности его приложений не обсуждались.

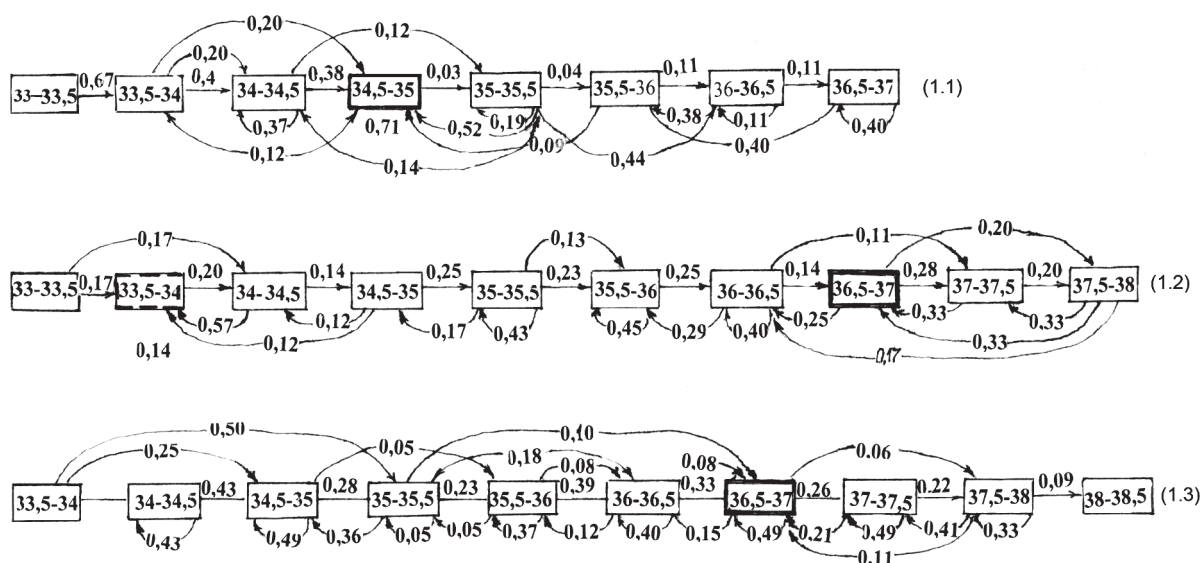
Метод цепей Маркова является одним из наиболее эффективных методов исследования различных процессов, так как вскрывает их структуру и изменения во времени. В отличие от традиционных статистических методов, анализирующих численные значения параметров (среднее арифметическое, среднее геометрическое, мода и др.), анализ цепей Маркова имеет дело с переходными вероятностями между значениями параметров в последовательности их измерения. Например, значения температуры тела, давления, пульса, содержание гемоглобина и т. д., последовательно замеренные через некоторые промежутки времени, могут рассматриваться как марковский процесс с дискретным параметром и исследоваться методом однородных цепей Маркова.

Теория цепей Маркова ограничивается случайными процессами, определенными на пространстве последовательностей параметров. Марковская цепь, имеющая стационарные вероятности перехода, называется однородной [9].

Если случайный процесс не стационарный, то поступают следующим образом. Разделяют его на интервалы, в которых переходные вероятности являются стационарными или близкими к ним, и для каждого интервала подсчитываются вероятности перехода. Например, измерение параметров больных в выборке через 3 ч дает вариабельность как

стационарный процесс. Вероятность перехода из состояния i в состояние j обозначается символом P_{ij} , а сам переход записывается символически как $i \rightarrow j$. Очевидно, что, если P_{ij} представляет вероятность перехода $i \rightarrow j$, то P_{ji} является вероятностью перехода в обратном направлении $j \rightarrow i$, и такие переходы называются возвратными. Переход, если он вновь не возвращается в начальное состояние и такое состояние значительно отклоняется от стандартного, это может означать, что в результате лечения либо произошло резкое улучшение состояния, либо, наоборот, наступил рецидив в зависимости от тенденции изменения состояния. Назовем еще одну важную переходную вероятность P_{ii} , отражающую переход $i \rightarrow i$. Такой переход называется рекуррентным. Это означает, что начальное значение параметра в следующий момент не изменилось, т. е. состояние осталось тем же самым. Если такая вероятность соответствует стандартному значению параметра и остается в дальнейшем постоянной, состояние стабилизировано, по крайней мере, в отношении этого параметра. Для любой однородной цепи Маркова получают матрицу переходных вероятностей (рисунок, формулы 1.1–1.3), которая является исходным пунктом анализа параметра. Для каждого параметра рассчитывается собственная матрица переходных вероятностей.

Так как матрица состоит из переходных вероятностей, то, в зависимости от распределения численных значений этих вероятностей, могут появляться особые состояния цепи Маркова. Любое состояние такой цепи, для



Матрица переходных вероятностей температуры тела пациентов в состоянии ожоговой болезни: крайне тяжелой (1.1), тяжелой (1.2) и легкой (1.3) степени.

которого $P_{ii} = 1$, называется поглощающим состоянием и тогда говорят, что процесс вошел в поглощающее состояние или поглотился. Это означает, что параметр принял постоянное значение, последнее может быть любым в отношении состояния больных. В частности, это может быть показателем полного выздоровления, если параметр имеет стандартную величину, в противном случае он будет отражать опасное состояние, которое может привести к неблагоприятному исходу. Целесообразным является выделение субпоглощающего состояния, которое заключается в том, что, хотя оно и является сообщаемым, однако по мере лечения вероятность попадания в это состояние возрастает и становится доминирующей. На языке терапии это будет означать, что в группе больных все большее их число характеризуется стандартным значением параметра, тогда как другие значения параметра указывают на ненормальные состояния больных и требуют продолжения лечения.

Марковская цепь, любое состояние которой достижимо из любого другого состояния, называется неприводимой [8]. В практике терапии марковские цепи, как характер изменения параметров состояния, являются неприводимыми, что определяется недетерминированностью, т. е. непредсказуемостью состояния больных. Например, при эффективном сочетании методов и средств лечения состояния больных могут быстро улучшаться, минуя промежуточные показатели, и принимать нормальные значения. Очевидно, чем выше вероятность достижения данного неприводимого состояния, тем правильнее избран метод лечения. Такие заключения о ходе лечения весьма важны и могут быть получены лишь в результате использования метода цепей Маркова. Получаемая информация о состоянии является количественной мерой и в этом отношении безальтернативна качественной диагностике. Вообще переходные вероятности несут весьма обширную информацию о состоянии, которую следует использовать для прогнозирования «отклика» на проводимые мероприятия. Поэтому метод анализа цепей Маркова заслуживает внедрения в лечебную практику.

Марковский анализ некоторых параметров состояния обожженных

Состояние больных с ожогами оценивается по комплексу параметров, получаемых физикальными и аналитическими методами. Для

каждой группы пострадавших с ожоговой болезнью с крайне тяжелой, тяжелой и легкой степенью эти параметры различны. Однако в пределах одной группы они менее варьируют, поэтому каждую из этих групп можно рассматривать как однородную выборку, по которой периодически фиксируются значения параметров. Данные такой выборки служат основой диагноза текущего состояния индивидуальных больных, но, как отмечено выше, такие данные являются случайными и могут изменяться непредсказуемо. Выборку по однородной группе можно подвергнуть элементарному статистическому анализу, например, дать оценку среднего значения, меры разброса, или дисперсии, среднеквадратичного отклонения от среднего и т. д. Но такие данные имеют малое прогностическое значение, так как прогноз должен количественно определить тенденции изменения параметров, характеризующих состояние больных. В этом отношении анализ цепей Маркова позволяет рассматривать закономерности изменения состояния не индивидуальных больных, а группу в целом. Диагноз и прогноз состояния по группе в целом можно назвать диагнозом и прогнозом коллективного состояния. Располагая такими количественными статистическими данными, в ходе течения ожоговой болезни можно проводить коррекцию лечения для стабилизации данных в нормативных пределах.

Нами применен метод цепей Маркова при анализе показателей функциональных систем в группах пациентов в однородных выборках в состоянии:

1-я ($n = 93$) – крайне тяжелом;

2-я ($n = 209$) – тяжелом;

3-я ($n = 694$) – легкой степени ожоговой болезни.

Исходные данные о значениях параметров получили из архивных историй болезней (1990–2010 гг.). Проанализировали различные параметры, которые наблюдались регулярно в период 15 сут после травмы и являлись наиболее информативными.

Переходные вероятности определяли для всех индивидуальных больных и заносили в таблицу переходных вероятностей. Количественные данные затем использовали для представления переходных вероятностей в графической форме, которая наглядно отражает изменения параметров в ходе лечения. Марковская цепь преобразовала непредсказуемые состояния индивидуальных больных в процесс, эквивалентный детерминированному, тем самым, он приобретал про-

гностические свойства (например изменение температуры тела).

Температура тела. Рассмотрим матрицы переходных вероятностей и соответствующие им цепи Маркова на примере изменения температуры тела у пациентов. Марковская цепь дифференцирует температуру тела больных на 3 подгруппы:

1) возрастающие переходы – представляют переходы от интервала низкой температуры тела к интервалу более высокой, с указанием вероятности перехода. Чем выше вероятность перехода, тем у большего числа больных происходит этот скачок температуры тела;

2) возвратные переходы – отражают стремление температуры тела больных к прежнему интервалу значений. Чем выше вероятность этого перехода, тем неустойчивее состояние больных и можно прогнозировать неблагоприятное течение ожоговой болезни. Возвратные состояния температуры тела группируются преимущественно в диапазоне 34–36 °С;

3) замкнутые переходы – образуют петли, характеризующие задержки изменения температуры тела на отдельных интервалах.

1-я группа пациентов. Измерения фиксировали в течение первых 15 сут через каждые 3 ч. Расчетный интервал 0,5 °С. Число состояний цепи Маркова – 8. Переходные вероятности – в табл. 1, формула цепи Маркова (1.1).

Особенностью марковской цепи температуры тела в этой группе больных являются два накапливающихся интервала 33,5–34,0 и 35,5–36 °С, причем состояние 35,5–36 °С становится нормальным, а 33,5–34,0 °С – деградирует. Доминируют возрастающие переходы. Высоки возвратные состояния, группирующиеся в диапазоне 38–38 °С, которые отражают стремление к стабилизации нормальной температуры тела. Замкнутые состояния не проявлены, что естественно для этой группы больных.

2-я группа пациентов. Диапазон изменения температуры тела 33–38 °С. Расчетный интервал – 0,5 °С (табл. 2), формула цепи Маркова (1.2). Высоки вероятности возрастающих переходов, характеризующих сильное стремление температуры тела в этой группе к нормальному значению. Устанавливаются два накапливающихся интервала 33,5–34,0

Таблица 1

Матрица переходных вероятностей температуры тела у больных с крайне тяжелым ожоговым шоком

T, °C	33,0–33,5	33,5–34,0	34,0–34,5	34,5–35,0	35,0–35,5	35,5–36,0	36,0–36,5	36,5–37,0	37,0–37,5	37,5–38,0	38,0–38,5
33,0–33,5	0,33	0,67									
33,5–34,0		0,20	0,40	0,20	0,20						
34,0–34,5		0,12	0,38	0,38	0,12						
34,5–35,0	0,03	0,03	0,71	0,18	0,03						
35,0–35,5			0,14	0,52	0,19	0,04					
35,5–36,0			0,09	0,09	0,38	0,37					
36,0–36,5					0,44	0,33	0,11	0,11			
36,5–37,0				0,20	0,0	0,40	0,40				
37,0–37,5											
37,5–38,0							0,50				0,50
38,0–38,5										1,00	

Таблица 2

Матрица переходных вероятностей температуры тела у больных с тяжелым ожоговым шоком

T, °C	33,0–33,5	33,5–34,0	34,0–34,5	34,5–35,0	35,0–35,5	35,5–36,0	36,0–36,5	36,5–37,0	37,0–37,5	37,5–38,0	38,0–38,5
33,0–33,5	0,50	0,17	0,17								
33,5–34,0	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20						
34,0–34,5	0,14	0,57	0,14	0,14							
34,5–35,0		0,12	0,12	0,13	0,25	0,13	0,12	0,12			
35,0–35,5			0,07	0,17	0,43	0,23		0,07	0,03		
35,5–36,0				0,04	0,05	0,45	0,26	0,09	0,05	0,04	
36,0–36,5			0,03			0,29	0,40	0,14	0,11		0,06
36,5–37,0					0,03	0,03	0,15	0,25	0,28	0,20	0,03
37,0–37,5					0,04	0,04		0,33	0,21	0,20	0,12
37,5–38,0							0,17	0,33	0,33	0,09	0,09
38,0–38,5									0,20	0,30	0,50

Таблица 3

Матрица переходных вероятностей температуры тела у больных с легким ожоговым шоком

T, °C	33,0–33,5	33,5–34,0	34,0–34,5	34,5–35,0	35,0–35,5	35,5–36,0	36,0–36,5	36,5–37,0	37,0–37,5	37,5–38,0	38,0–38,5
33,0–33,5			0,25	0,50		0,25					
33,5–34,0	0,14	0,43	0,43								
34,0–34,5		0,03	0,49	0,28	0,05	0,05					
34,5–35,0			0,05	0,36	0,23	0,18	0,10	0,03	0,05		
35,0–35,5				0,05	0,37	0,39	0,08	0,08	0,03		
35,5–36,0					0,12	0,4	0,33	0,08	0,06	0,02	
36,0–36,5			0,01		0,01	0,15	0,49	0,26	0,06		
36,5–37,0						0,03	0,21	0,49	0,22	0,03	0,01
37,0–37,5							0,11	0,41	0,33	0,09	0,04
37,5–38,0						0,70		0,57	0,29	0,07	
38,0–38,5							0,20	0,80	0,30	0,50	

и 35,5–36,0 °C. Видно, что 1-й интервал – промежуточный, явно деградирующий, а 2-й – доминирующий, близкий к нормальному значению. Проявлены замкнутые переходы, также доминирующие во 2-м диапазоне.

3-я группа пациентов. Матрица переходных вероятностей указана в табл. 3, формула цепи Маркова (1.3). Диапазон температуры тела 33,5–38,5 °C. Высоки возрастающие вероятности переходов с доминирующим ядром 36,5–37,0 °C, указывающие на сильное стремление к быстрому достижению нормальной температуры тела. Вероятности возвратных переходов также высоки и группируются преимущественно вокруг ядра. Характерны замкнутые переходы.

Цепи Маркова для трех групп больных демонстрируют закономерности изменения температуры тела в процессе интенсивного лечения. С понижением тяжести шока растут вероятности возрастающих и замкнутых переходов, но уменьшаются возвратные переходы. Доминирующие интервала, или ядра, все больше сдвигаются в направлении стандартной температуры тела. Если в условиях тяжелого шока могут появляться несколько ядер, причем деградирующими являются те из них, интервалы которых отстоят дальше от нормальной температуры тела. При легком шоке, напротив, характерно одно ядро, соответствующее нормальному значению температуры тела. Таким образом, цепи Маркова вскрывают структуру и динамику температуры тела у больных в остром периоде ожоговой болезни разной степени тяжести, а смещение ядер отражает тенденцию изменения температуры тела в ходе интенсивного лечения.

Таким образом, изменения параметров состояния у больных с разной степенью тяжести вероятностные. Они изменяются непред-

сказуемо и по результатам индивидуального измерения невозможно прогнозировать последующее состояние, т. е. индивидуальный диагноз – непрогностический. Вместе с тем, диагноз коллективного состояния однородной группы больных методом анализа цепей Маркова вскрывает структуру изменения параметров, выявляет главные тенденции изменения состояния больных, устанавливает интервалы накапливающихся переходных вероятностей, или ядра, которые в процессе лечения смещаются и принимают стандартное значение.

Выводы

Анализ цепей Маркова имеет прогностическое значение в изменении такого параметра, как температура тела. В этом заключаются его приложение к оценке коллективного состояния больных и возможность оценивать эффективность применяемых препаратов и методов лечения, которые используются на фоне базовой интенсивной терапии (инфузионная терапия, респираторная поддержка, оперативное лечение и т. д.).

Статистический анализ состояния тяжело-обожженных с помощью метода цепей Маркова эффективен на выборке значений любого параметра (например температуры тела), отслеживаемых у пациентов, которая становится актуальной при превышении 50–70 наблюдений в одном временном интервале. Ценность данного метода заключается в динамической оценке параметров, что влечет за собой определенные прогнозные выводы по дальнейшему развитию ожоговой болезни.

Литература

1. Боруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения. М. : Наука, 1969. 512 с.

2. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М. : Мир, 1981. 256 с.
3. Кемени Дж., Снелл Дж., Кнепп А. Счетные цепи Маркова. М. : Наука, 1987. 416 с.
4. Колмогоров А.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М. : Наука, 1986. 534 с.
5. Крамер Г.М., Лидбеттер М. Стационарные случайные процессы: свойства выборочных функций и их приложения. М. : Мир, 1969. 399 с.
6. Плохинский Н.А. Биометрия. Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1961. 364 с.
7. Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М. : Медицина, 1975. 296 с.
8. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М. : Мир, 1967. Т. 1. 499 с.
9. Чжун Кай-Лай. Однородные цепи Маркова. М. : Мир, 1964. 426 с.
10. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г., Резванцев М.В. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. 3-е изд., доп. СПб. : ВМедА, 2011. 318 с.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Поступила 23.02.2016

Для цитирования. Адмакин А.Л. Цепи Маркова – стохастическая модель анализа состояния тяжелообожженных // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2016. № 3. С. 119–125. DOI 10.25016/2541-7487-2016-0-3-119-125

Markov chains – a stochastic model for analysis of data on status of patients with severe burns

Admakin A. L.

Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, Saint Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6)

Aleksandr Leonidovich Admakin – PhD Med. Sci. Associate Prof., Thermal Lesions Department, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, Saint Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6), e-mail: admakin@yandex.ru.

Abstract. A potential for statistical evaluation of some diagnostic indicators of development and course of burn disease with the help of Markov chains is described in 996 patients. The basis and essence of Markov chain theory are presented using body temperature changes with the basic intensive care in severely burnt patients; hence, statistical evaluation can be performed.

Keywords: injury, burn, burn disease, treatment of burns, body temperature, statistics, Markov chains.

References

1. Bharucha-Reid A.T. Elementy teorii markovskikh protsessov i ikh prilozheniya [Elements of the theory of Markov processes and their applications]. Moskva. 1969. 512 p. (In Russ.)
 2. Jeffers J.N.R. Vvedenie v sistemnyi analiz: primeneniye v ekologii [An introduction to systems analysis: with ecological applications]. Moskva. 1981. 256 p. (In Russ.)
 3. Kemeny J.Y., Snell J.L., Knapp A.W. Schetnye tsepi Markova [Denumerable Markov chains]. Moskva. 1987. 416 p. (In Russ.)
 4. Kolmogorov A.N. Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moskva. 1986. 534 p. (In Russ.)
 5. Cramer H., Leadbetter M.R. Statsionarnye sluchainye protsessy: svoystva vyborochnykh funktsii i ikh prilozheniya [Stationary and related stochastic processes: sample function properties and their applications]. Moskva. 1969. 399 p. (In Russ.)
 6. Plokhinskii N. A. Biometriya [Biometrics]. Novosibirsk. 1961. 364 p. (In Russ.)
 7. Urbakh V. Yu. Statisticheskii analiz v biologicheskikh i meditsinskikh issledovaniyakh [Statistical analysis in biological and medical research]. Moskva. 1975. 296 p. (In Russ.)
 8. Feller W. Vvedenie v teoriyu veroyatnostei i ee prilozheniya [An introduction to probability theory and its applications]. Moskva. 1967. Vol. 1. 499 p. (In Russ.)
 9. Chung By Kai Lai. Odnorodnye tsepi Markova [Markov chains with stationary transition probabilities]. Moskva. 1964. 426 p. (In Russ.)
 10. Yunkero V.I., Grigor'ev S.G., Rezvantsev M.V. Matematiko-statisticheskaya obrabotka dannykh meditsinskikh issledovaniy [Mathematical and statistical processing of medical research data]. Sankt-Peterburg. 2011. 318 p. (In Russ.)
- Received 23.02.2016.

For citing: Admakin A. L. Tsepi Markova – stokhasticheskaya model' analiza sostoyaniya tyazheleobozhzhennykh. *Mediko-biologicheskoe i sotsial'no-psikhologicheskoe problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2016. N 3. Pp. 119–125. (In Russ.)

Admakin A. L. Markov chains – a stochastic model for analysis of data on status of patients with severe burns. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2016. N 3. Pp. 119–125. DOI 10.25016/2541-7487-2016-0-3-119-125

1. Автор(ы) представляет(ют) распечатанный экземпляр статьи, подписанный на титульном листе всеми авторами с указанием даты, и электронную версию статьи на любых носителях (электронную версию можно направить по электронному адресу журнала). В сопроводительном письме следует указать фамилии, имена и отчества авторов полностью, их занимаемые должности, ученые звания и ученые степени, телефон, почтовый и электронный адрес, по которым заинтересованные читатели могут вести переписку. Статьи рассматриваются редакцией только после получения бумажного и электронного вариантов.

В состав электронной версии статьи должен входить файл, содержащий текст статьи (в формате Microsoft Word – любая версия, *без переносов слов*). Если в файл со статьей включены иллюстрации и таблицы, то необходимо дополнительно представить файлы с иллюстрациями и таблицами.

При посылке файлов по e-mail желательно придерживаться следующих правил:

- указывать в поле subject (тема) фамилию первого автора и дату представления статьи (например, egorov12.01.2007; egorov11.01.2007. Ris-1; egorov12.01. 2007_Tabl);
- использовать вложение файлов;
- в случае больших файлов следует использовать общеизвестные архиваторы (ARJ, ZIP).

2. Оформление статьи должно соответствовать ГОСТу 7.89–2005 «Оригиналы текстовые авторские и издательские» и ГОСТу 7.0.7–2009 «Статьи в журналах и сборниках». Диагнозы заболеваний и формы расстройств поведения следует соотносить с МКБ-10. Единицы измерений приводятся по ГОСТу 8.471–2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин».

3. Текст статьи набирается шрифтом Arial 11, интервал полутонный. Поля с каждой стороны по 2 см. Объем передовых и обзорных статей не должен превышать 15 стр., экспериментальных и общетеоретических исследований – 10 стр. В этот объем входят текст, иллюстрации (фотографии, рисунки) – не более четырех, таблицы (не более трех) и литература.

4. Схема построения статьи:

а) инициалы и фамилии авторов, название статьи (обычным **строчным шрифтом**), учреждение и его адрес (указываются для каждого из авторов);

б) реферат, ключевые слова;

в) краткое введение;

г) методы (материал и методы);

д) результаты и анализ исследований;

е) заключение (выводы);

ж) литература.

5. Реферат объемом не менее $\frac{1}{3}$ стр., ключевые слова, сведения об авторах, переведенные на английский язык, дополнительно представляются на отдельном листе, англоязычные названия учреждений приводятся так, как они представлены в Уставе учреждения.

6. Литература должна содержать в алфавитном порядке, кроме основополагающих, публикации за последние 5–10 лет и соответствовать ГОСТу 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка...». В экспериментальных и общетеоретических статьях цитируются не более 10–15 документов.

Для книг (статей), независимо от количества авторов, библиографическое описание приводится с заголовка, который содержит, как правило, фамилии и инициалы всех авторов. Точка и тире в записи заменяются точкой.

Пальцев М.А. О биологической безопасности // Вестн. РАН. 2003. Т. 73, № 2. С. 99–103.

Гончаров С.Ф., Ушаков И.Б., Лядов К.В., Преображенский В.Н. Профессиональная и медицинская реабилитация спасателей. М. : ПАРИТЕТ ГРАФ, 1999. 320 с.

А.Ф. Цыб [и др.]. Разработка Всесоюзного регистра лиц, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС // Мед. радиология. 1989. № 7. С. 3–6.

Обязательно следует приводить место издания (издательство, если оно имеется), год издания, общее количество страниц. Для отдельных глав, статей приводятся страницы начала и конца документа.

7. Требования к рисункам: допускаются только черно-белые рисунки, заливка элементов рисунка – косая, перекрестная, штриховая; формат файла – TIFF, любая программа, поддерживающая этот формат (Adobe PhotoShop, CorelDRAW и т. п.); разрешение – не менее 300 dpi; ширина рисунка – не более 150 мм, высота рисунка – не более 130 мм, легенда рисунка должна быть легко читаемой, шрифт не менее 8–9 пт.

Присланные статьи рецензируются членами редколлегии, редакционного совета и ведущими специалистами отрасли. При положительном отзыве статьи принимаются к печати. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата за публикацию рукописей с аспирантов не взимается.