

УДК 005.8

Колесникова Е.В., д-р техн. наук, проф.,
Барчанова, Ю.С., аспірант,
кафедра «Информационных технологий проектирования в машиностроении»,
Одесский национальный политехнический университет;
Катунина Е.Г., менеджер проекта,
Медицинский холдинг «Интосана», Одесса

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛИЕНТОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦЕПЕЙ МАРКОВА

Е.В. Колесникова, Ю.С. Барчанова, Е.Г. Катунина. Прикладные аспекты моделирования клиентоориентированных систем с применением цепей Маркова. Разработан унифицированный подход для моделирования марковских процессов, которые позволяют отображать феноменологические свойства клиентоориентированных систем. Показано, что цепи Маркова для дискретных состояний систем обладают достаточной простотой математического аппарата и высокой достоверностью отображения феноменологических свойств клиентоориентированных систем.

Ключевые слова: клиентоориентированность, состояния, система, модель, цепи Маркова.

К.В. Колеснікова, Ю.С. Барчанова, О.Г. Катуніна. Прикладні аспекти моделювання клієнторієнтованих систем із застосуванням ланцюгів Маркова. Розроблено уніфікований підхід для моделювання марковських процесів, які дозволяють відобразити феноменологічні властивості клієнторієнтованих систем. Показано, що ланцюги Маркова для дискретних станів систем володіють достатньою простотою математичного апарату і високою достовірністю відображення феноменологічних властивостей клієнторієнтованих систем.

Ключові слова: клієнторієнтованість, стани, система, модель, ланцюги Маркова.

E. V. Kolesnikova, Yu. S. Barchanova, E. G. Katunina. Applied aspects of client-oriented simulation systems using Markov chains. A unified approach for modeling of Markov processes, which allow you to display the phenomenological properties of client-systems. It is shown that the Markov chain for discrete states of the systems have sufficient simplicity of the mathematical apparatus and high reliability display phenomenological properties of client-oriented systems.

Keywords: customer orientation, state, system, model, Markov chain.

Введение. Марковские случайные процессы названы по имени выдающегося русского математика А.А. Маркова (1856-1922), впервые начавшего изучение вероятностной связи случайных величин и создавшего теорию, которую можно назвать “динамикой вероятностей” [1]. Эти исследования стали основой общей теории случайных процессов. В настоящее время цепи Маркова широко применяются в различных областях таких наук, как механика, физика, химия, управление проектами и др. [2 - 40].

Из-за достаточной простоты математического аппарата, высокой достоверности описания феноменологических свойств и точности получаемых решений особое внимание цепи Маркова приобрели у специалистов,

занимающихся исследованием слабоструктурированных организационно-технических и социальных систем проектного управления, к которым можно отнести клиентоориентированные системы [2 – 24].

Цель публикации. Обобщение и разработка прикладных аспектов применения цепей Маркова для представления и моделирования клиентоориентированных систем проектного управления.

Свойства цепей Маркова. Множество факторов в слабоструктурированных системах образует сложную «паутину» связей между состояниями, которые изменяются во времени в зависимости от структуры системы и факторов внутреннего и внешнего окружения. Развитие проектов в такой многофакторной системе часто удается представить только в форме качественных моделей [7 – 12]. Вместе с тем, применение цепей Маркова позволяет перейти к количественным оценкам хода и результатов проектов [3 -5]. При моделировании сложных клиентоориентированных организационно-технических и социальных систем проектного управления ключевым является отображение структуры взаимодействия процессов и переходов в системе с помощью ориентированного взвешенного графа, в котором [12]:

- вершины соответствуют базисным факторам (состояниям) системы;
- непосредственные связи между состояниями отображают причинно-следственные цепочки, по которым распространяются влияния некоторого фактора на другие факторы.

Цепи Маркова отображают случайный процесс, удовлетворяющий свойству Маркова о том, что последующие состояния системы зависят только от текущего состояния и не зависят от всех предыдущих состояний. При этом элементы в цепи Маркова принимают конечное или счетное число значений (состояний). Существуют цепи Маркова, как с дискретным, так и с непрерывным временем. В данной статье рассматривается дискретный случай.

Последовательность дискретных случайных величин $\{S_k\}_k$ называется цепью Маркова с дискретным временем, если

$$P(S_{k+1}=i_{k+1} | S_k=i_k; S_{k-1}=i_{k-1}; \dots, S_0=i_0) = P(S_{k+1}=i_{k+1} | S_k=i_k).$$

Область значений случайных величин $\{S_k\}$ называется пространством состояний цепи Маркова, а k — номером шага.

Разработка марковской модели распределения пациентов по уровням здоровья. За последние годы проблема здравоохранения украинских граждан уже превратилась в угрозу национальной безопасности страны. Главная причина этой ситуации кроется в несовершенной системе управления охраной здоровьем, в недостаточном финансировании и нерациональном распределении средств, выделяемых государством на отрасль [12].

Анализ мирового опыта организации системы здравоохранения показал целесообразность использования проектного подхода, который позволяет наиболее эффективно решить задачу достижения поставленной цели в условиях ограниченности временных, финансовых, материальных, человеческих и др. видов ресурсов. Поэтому пришла пора создания методологии трансформации проектов оказания медицинских услуг в системы проактивного управления

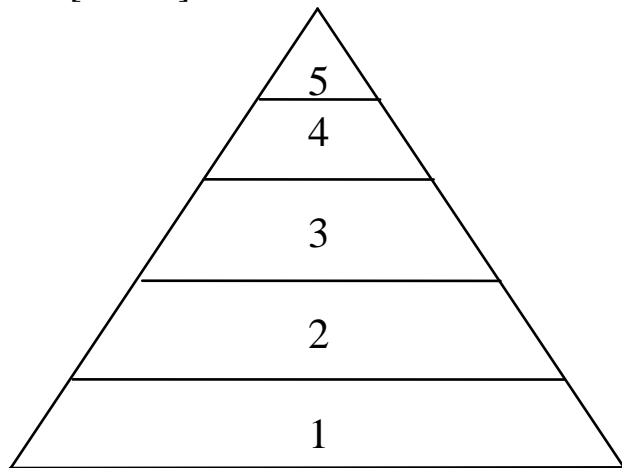
благодаря использованию марковских моделей, которые отражают распределение сообщества пациентов на определенные состояния здоровья.

Особенностью проектов в области здравоохранения является большое количество заинтересованных сторон, которых можно условно разделить на тех, кто предлагает и предоставляет медицинские услуги, и тех, кто получает эти услуги. Производителями услуг являются фирмы, которые создают специализированное медицинское оборудование, фармацевтические компании и др. Кроме того, в эту группу участников проектов входят медицинские учреждения: больницы, поликлинические отделения, санатории, аптеки, практикующие специалисты. К потребителям услуг учреждений здравоохранения относятся пациенты и спонсоры. Спонсорами могут выступать как сами граждане, так и другие физические или юридические лица (государственного учреждения, органы самоуправления, работодатели, страховые кассы, фонды) [12].

Современные тенденции проектного управления направлены на превращение проектов в современные динамические системы, которые, как правило, подчиняются рыночным требованиям и за счет использования современных моделей непрерывно совершенствуются на основе проактивных подходов для управления изменениями [13 -17]. Существующие системы управления проектами оказания медицинских услуг не всегда обеспечивают решение задач повышения качества и доступности, из-за отсутствия эффективных методологий и средств оценки достижений проектов для внедрения новых механизмов управления. Поэтому разработка моделей, адекватно отражающих состояние системы предоставления медицинских услуг и формирования на их основе механизмов проактивного управления проектами в области здравоохранения позволит обеспечить качество и доступность оказания медицинских услуг [12].

Проектизация оказания медицинских услуг является важнейшим условием успешной реализации лечебной деятельности, которая обычно рассматривается как искусство врача. Но управление медицинскими услугами основывается также на процессах планирования, включая реализацию лечебных проектов, контроль, анализ и коррекцию результатов. При управлении проектами оказания медицинских услуг определяющей составляющей является оценка эффективности проектов. В общем понимании измерение эффективности лечебных проектов выражается в исследовании состояния здоровья сообщества пациентов (клиентов, получающих услуги). Ввиду отсутствия моделей и методов заблаговременной оценки эффективности лечебных проектов, как правило, они планируются исходя из результатов лучшей практики. Обычно оценка эффективности осуществляется за счет интуитивных предположений или методами натуральных наблюдений [41 -44]. Но этот подход позволяет оценить уже выполненные лечебные проекты, что по определению снижает ценность услуги. Поэтому для проактивного управления проектами предоставления лечебных услуг актуальной является задача заблаговременной оценки ожидаемого результата уже при планировании [19, 22, 30 -35, 41 -44].

Для построения марковской модели изменения состояний здоровья сообщества потребителей услуг, оказываемых медицинским учреждением, следует выполнить декомпозицию системы на конкретные состояния и построить схему переходов между этими состояниями [12]. Важным аспектом разработки марковской модели является метод определения вычисления переходных вероятностей [36 -40].



Часть клиентов с признаками ущерба здоровью

Рисунок 1 – Реакция населения на действие вредных факторов среды обитания: 1 – практически здоров, латентный период – отсутствие проявлений ущерба здоровью; 2 – физиологические и иные нарушения неизвестного происхождения; 3 – признаки болезни; 4 – заболеваемость; 5 – смерть.

Одной из самых известных моделей для качественного отображения состояний системы является общепринятая схема Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), концепция которой основывается на очевидном факте, что между состояниями системы существуют определенные переходы от одних состояний в другие. Схема реакций населения по материалам ВОЗ на рис. 1 отражает составляющую здоровья населения в результате воздействия на пациентов факторов окружающей среды. При этом площадь каждой из зон пропорциональна доле населения с соответствующими признаками воздействия.

Модель ВОЗ предполагает: для того, чтобы перейти от 1-го к 2-му состоянию следует быть на 1-м состоянии. При этом пациентов низшего уровня, как правило, всегда больше, чем тех, кто перешел на более высокий уровень. Все эти переходы рассчитываются из общего числа пациентов сегмента рынка. Эта модель позволяет оценить примерный объем медицинских услуг, а также позволяет поставить корректно цели по управлению проектами оказания медицинских услуг. Переход от каждого состояния будет обусловлен различными особенностями с точки зрения работы медицинских учреждений. Подобный подход является не совсем корректным, поскольку переход с 1-го состояния возможен в условиях турбулентного окружения в другое произвольное состояние. Более того, в результате лечебных мероприятий возможен переход в состояние с меньшим порядковым номером.

Модель ВОЗ позволяет выполнить только качественную оценку эффективности различных проектов медицинского обслуживания и организации деятельности по предоставлению медицинских услуг. Многие процессы в медицинской деятельности развиваются как случайные процессы. Модель ВОЗ не позволяет получить количественные результаты эффективности проектов. Налицо противоречие - необходимость разработки стратегии предоставления услуг, отвечающих требованиям современной медицинской науки, не на основе моделирования этих процессов, а исходя из метода проб и ошибок в принятии управленческих решений.

Для моделирования изменения состояний здоровья населения предлагается выделить 6 состояний, в одном из которых каждый представитель потребителей услуг с определенной вероятностью может находиться. Обозначим через s и $\{i = 1, 2, \dots, 6\}$ возможные состояния некоторой сообщества пациентов потребителей услуг, вызванных проведением проектов: S_1 - практически здоровый; S_2 - работоспособный; S_3 - временно нетрудоспособен; S_4 - хроническая болезнь; S_5 - критическое состояние; S_6 - выход (смерть, эмиграция и др.). Указанные состояния системы $\{S_1 \dots S_6\}$ образуют полный перечень состояний здоровья определенной группы населения. Систему состояний $\{S_1 \dots S_6\}$ можно представить ориентированным графом (рис. 2).

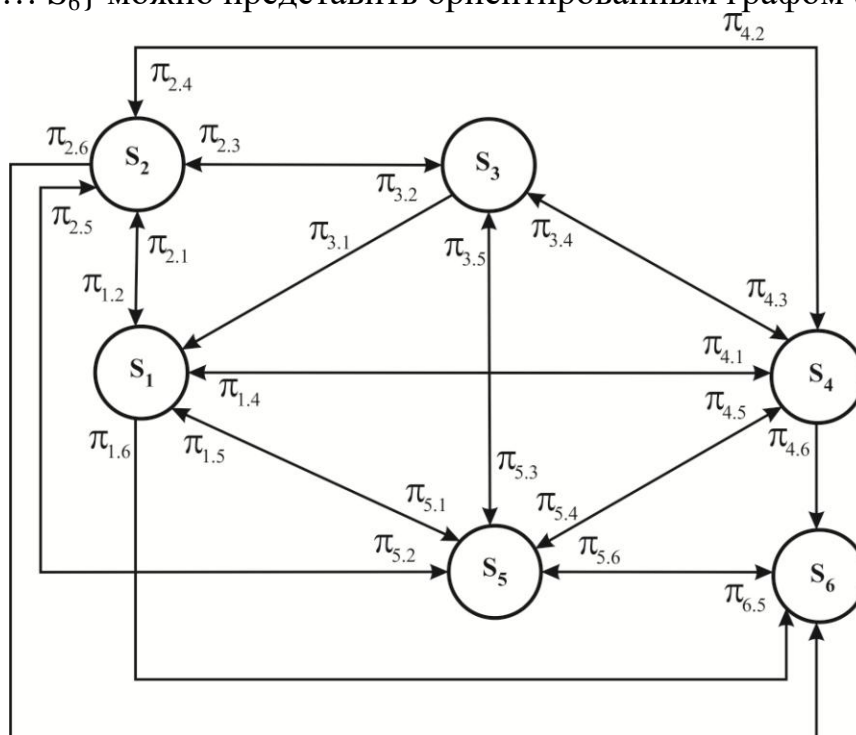


Рисунок 2 – Размеченный граф модели ВОЗ

Ориентированный граф переходов является наиболее распространенным и удобным способом визуального представления цепи Маркова [2 - 5]. Вершины этого графа соответствуют состояниям цепи Маркова, а ориентированные ребра проходят от вершины $i \{i=1, 2, \dots, m\}$ в вершину $j \{j=1, 2, \dots, m\}$ только в том случае, когда вероятность перехода π_{ij} между соответствующими состояниями $i \rightarrow j$ не равна нулю. Эти вероятности перехода на размеченном графе

указываются у соответствующего ребра (рис. 2). Топология ориентированного графа может быть представлена с помощью матрицы смежности:

$$\|c_{i,j}\| = \begin{vmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & 0 & c_{1,4} & c_{1,5} & c_{1,6} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} & c_{2,1} & c_{2,5} & c_{2,6} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & c_{3,3} & c_{3,4} & c_{3,5} & c_{3,6} \\ c_{4,1} & c_{4,2} & c_{4,3} & c_{4,4} & c_{4,5} & c_{4,6} \\ c_{5,1} & 0 & c_{5,3} & c_{5,4} & c_{5,5} & c_{5,6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{6,5} & c_{6,6} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix}. \quad (1)$$

Каждый элемент матрицы смежности c_{ij} отличный от нуля и равный 1 означает наличие прямой связи между состояниями $i \rightarrow j$. Значения элементов главной диагонали $c_{ii}=1$ указывают на наличие петли перехода, когда система остается в том же состоянии.

Как известно, все возможные переходы из некоторого состояния в другие состояния составляют полную группу событий – один из переходов должен быть реализован. Это позволяет ввести норму для каждой строки матрицы $\|c_{ij}\|$ с заменой значений $c_{ij}=1$ на переходные вероятности $\pi_{ij}>0$ с выполнением условия, справедливого для полной группы событий:

$$\sum_{j=1}^m \pi_{ij} = 1, \quad \{i=1, 2, \dots, m\}, \quad (2)$$

где $m = 6$ - число возможных состояний системы.

Матрица переходных вероятностей запишется следующим образом:

$$\|\pi_{ij}\| = \begin{vmatrix} \pi_{1,1} & \pi_{1,2} & 0 & \pi_{1,4} & \pi_{1,5} & \pi_{1,6} \\ \pi_{2,1} & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & \pi_{2,4} & \pi_{2,5} & \pi_{2,6} \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} \\ \pi_{4,1} & \pi_{4,2} & \pi_{4,3} & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & \pi_{4,6} \\ \pi_{5,1} & 0 & \pi_{5,3} & \pi_{5,4} & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,5} & \pi_{6,6} \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Элементами матрицы являются вероятности перехода из i -го в j -е состояние за один шаг, при этом $\forall \pi_{ij} \geq 0$. Матрица с такими свойствами называется стохастической.

Сумма вероятностей всех состояний $p_i(k)$ на каждом шаге k равна [1]:

$$\sum_{i=1}^m p_i(k) = 1, \quad (5)$$

где $p_i(k)$ вероятность i -го состояния на шаге k .

В марковской цепи с изменением времени (шага k) распределение вероятностей состояний $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$ изменяется. При этом вычисление распределения вероятностей на следующем $(k+1)$ шаге выполняется по известной формуле полной вероятности

$$\begin{pmatrix} p_1(k+1) \\ p_2(k+1) \\ p_3(k+1) \\ p_4(k+1) \\ p_5(k+1) \\ p_6(k+1) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ p_4(k) \\ p_5(k) \\ p_6(k) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1.1} & \pi_{1.2} & 0 & \pi_{1.4} & \pi_{1.5} & \pi_{1.6} \\ \pi_{2.1} & \pi_{2.2} & \pi_{2.3} & \pi_{2.4} & \pi_{2.5} & \pi_{2.6} \\ \pi_{3.1} & \pi_{3.2} & \pi_{3.3} & \pi_{3.4} & \pi_{3.5} & \pi_{3.6} \\ \pi_{4.1} & \pi_{4.2} & \pi_{4.3} & \pi_{4.4} & \pi_{4.5} & \pi_{4.6} \\ \pi_{5.1} & 0 & \pi_{5.3} & \pi_{5.4} & \pi_{5.5} & \pi_{5.6} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6.5} & \pi_{6.6} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

где T – знак транспонирования;

Следовательно, если задана матрица переходных вероятностей $\|\pi_{ij}\|$ и известно распределение вероятностей состояний $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$ на шаге k , то новое распределение вероятностей состояний $\|p_i(k+1); i = 1, 2, \dots, m\|$ может быть найдено из (6). В большинстве публикаций по применению цепей Маркова исследователи на этом этапе останавливаются, поскольку получен алгоритм для практического расчета. Вместе с тем, представленное решение может быть преобразовано к несколько иному виду. Для этого воспользуемся методом индукции при анализе выражений для вычисления распределения вероятностей состояний на 1-ом и 2-ом шагах:

$$\|p_i(1); i = 1, 2, \dots, m\|^T = \|p_i(0); i = 1, 2, \dots, m\|^T \|\pi_{ij}\|; \quad (7)$$

$$\|p_i(2); i = 1, 2, \dots, m\|^T = \|p_i(1); i = 1, 2, \dots, m\|^T \|\pi_{ij}\|; \quad (8)$$

где $\|\pi_{ij}\|$ - матрица переходных вероятностей;

T – индекс транспонирования столбца $\|p_i(k+1); i = 1, 2, \dots, m\|$.

Распределение вероятностей состояний $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$ однородной цепи Маркова с дискретным временем характеризуют феноменологическое отображение системы - то, чем объект проявляет себя.

Нетрудно видеть, что после подстановки (7) в (8) получим:

$$\|p_i(2); i = 1, 2, \dots, m\|^T = \|p_i(0); i = 1, 2, \dots, m\|^T \cdot \|\pi_{ij}\| \cdot \|\pi_{ij}\| = \quad (9)$$

$$\|p_i(2); i = 1, 2, \dots, m\|^T = \|p_i(0); i = 1, 2, \dots, m\|^T \cdot \|\pi_{ij}\|^2 \quad (10)$$

Поэтому можно записать для любого шага k :

$$\|p_i(k); i = 1, 2, \dots, m\|^T = \|p_i(0); i = 1, 2, \dots, m\|^T \cdot \|\pi_{ij}\|^k \quad (11)$$

Из (11) следует, что распределение вероятностей состояний $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$ на шаге k зависит только от начального распределения при $k=0$ и матрицы переходных вероятностей в k -ой степени $\|\pi_{ij}\|^k$. Поэтому цепь Маркова считается заданной, если определены такие параметры:

- имеется совокупность переходных вероятностей в виде матрицы $\|\pi_{ij}\|$;
- известно некоторое начальное распределение вероятностей состояний

$$\|p_i(0); i = 1, 2, \dots, m\| = \{p_1(0), p_2(0), \dots, p_m(0)\}. \quad (12)$$

Марковость проектов предоставления лечебных услуг подтверждается тем, что и в лечебных проектах и в марковских цепях существуют переходы между состояниями системы по шагам, существуют переходные вероятности между

отдельными состояниями, сумма переходных вероятностей из некоторого состояния равна единице, сумма вероятностей всех состояний также равна единице, имеет место сходство топологической структуры переходов.

Сопоставим свойства проектов предоставления лечебных услуг полученной модели, чтобы показать, что система может быть описана с помощью марковских цепей [40].

К свойствам проектов предоставления лечебных услуг, отвечающих марковским цепям, можно отнести:

- операционные действия в проектах: а) случайный процесс; б) для сообщества потребителей услуг является определенная совокупность состояний; в) не представляется возможным учесть предысторию перехода сообщества потребителей услуг в некоторое состояние; г) лечебные мероприятия, осуществляемые в момент времени t_k , переводят систему в новое состояние;

- лечебные мероприятия соответствуют шагам процесса;

- результат лечебных проектов формирует распределение сообщества потребителей услуг по состояниям, при этом можно указать возможные переходы системы из каждого состояния в другие за один шаг;

- вероятность переходов в другие состояния зависит от свойств системы, в которой действуют случайные процессы;

- поскольку состояния сообщества потребителей лечебных услуг составляют полную группу, то сумма вероятностей равна единице;

- переходы из произвольного состояния системы в другие состояния составляют полную группу событий, одно из которых должно осуществиться;

- состояния системы отображаются графом, с указанием возможных переходов из одного состояния в других за один шаг.

Анализ свойств объекта и модели позволяют обосновать целесообразность применения марковских цепей для моделирования проектов предоставления лечебных услуг. Переходные вероятности, которые определены на основе экспертных оценок специалистов лечебного учреждения INTO-SANA, приведены ниже [38]:

$$\|\pi_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0,75 & 0,15 & 0 & 0,05 & 0,05 & 0,001 \\ 0,2 & 0,599 & 0,12 & 0,06 & 0,02 & 0,001 \\ 0,03 & 0,2 & 0,519 & 0,2 & 0,05 & 0,001 \\ 0,07 & 0,15 & 0,3 & 0,278 & 0,2 & 0,002 \\ 0,09 & 0 & 0,2 & 0,4 & 0,308 & 0,002 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,01 & 0,99 \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Свойством разработанной модели зависимость случайного процесса изменения состояний S_i во времени t $[0, T]$. Значение s является возможным состоянием случайного процесса $S_i(t)$, если в интервале $[0, T]$ есть такое время t , что вероятность $P\{s-z < S(t) < s+z\} \geq 0$ для любого $z > 0$. Время t пробегает дискретный ряд значений $t_0, t_1, t_2, \dots, t_N: \{t_n, n = 0, \dots, N\}$ и случайная величина

$S_i(t_n) = S_{in}$ может принимать дискретное множество значений s_1, s_2, \dots, s_k или $\{s_k, k=1, \dots, K\}$.

Полученные вероятности состояний в результате выполненных лечебных мероприятий позволяют прогнозировать и оценивать эффективность деятельности лечебных учреждений. Результаты моделирования изменения состояний пациентов - потребителей услуг по шагам показаны на рис. 3.

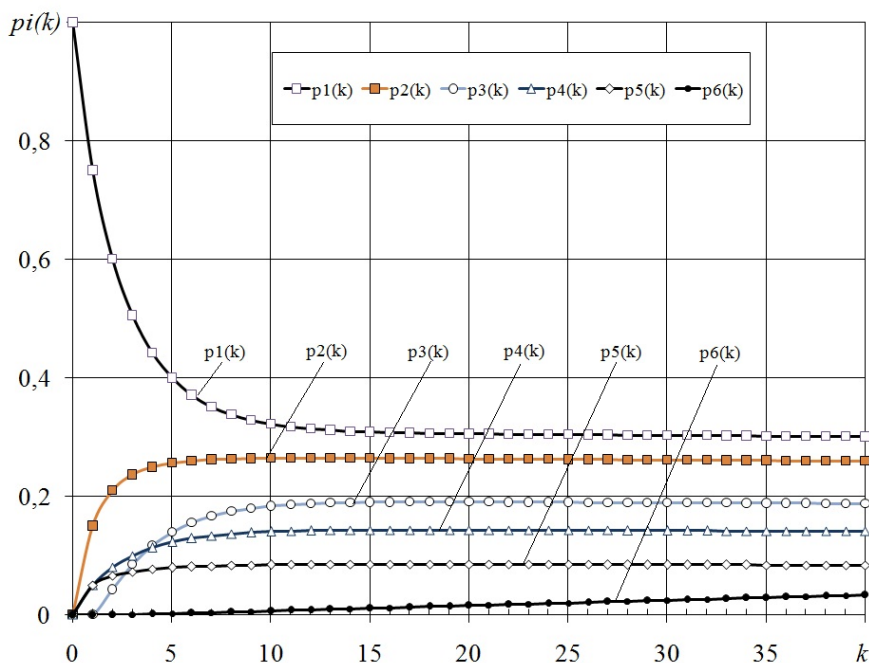


Рисунок 3 – Изменение вероятностей состояний в системе предоставления услуг: $p1(k)$ - практически здоровы; $p2(k)$ – работоспособны; $p3(k)$ - временно нетрудоспособны; $p4(k)$ - хроническая болезнь; $p5(k)$ - критическое состояние; $p6(k)$ – летальный исход.

Эти результаты отражают существующий уровень предоставления медицинских услуг, который характеризуется сейчас (в квазистационарном положении на шаге $k = 40$) таким распределением вероятностей состояний: $p1(40) = 0,30$; $p2(40) = 0,26$; $p3(40) = 0,19$; $p4(40) = 0,14$; $p5(40) = 0,08$; $p6(40) = 0,03$.

С помощью разработанной модели можно оценить, как изменится состояние клиентов - потребителей услуг, оказываемых медицинским учреждением, с учетом различных воздействий и проектов, в том числе, в условиях организации страховой медицины [38 - 40]. Клиентоориентированность системы может быть улучшена за счет выполнения организационных мероприятий, а также оснащения клиник современным оборудованием для выполнения диагностики клиентов.

В некоторых случаях, несмотря на случайность процесса, имеется возможность до определенной степени управлять законами распределения или параметрами переходных вероятностей. Очевидно, что с помощью управляемых цепей Маркова особенно эффективным становится процесс принятия решений [45 -47].

Выводы. Выполнен анализ применения цепей Маркова для моделирования слабоструктурированных систем проектного управления для

исследования уровня клиенториентированности системы предоставления медицинских услуг. Разработан унифицированный алгоритм моделирования марковских цепей, которому присущи достаточная простота математического аппарата и высокая достоверность отображения феноменологических свойств системы. Полученная модель позволяет исследовать слабоструктурированные организационно-технические и социальные системы.

Литература

1. Марков, А. А. Распространение закона больших чисел на величины, зависящие друг от друга [Текст] // Известия физико-математического общества при Казанском университете. — 2-я серия. — Том 15. (1906) — С. 135—156.
2. Оборская, А.Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А.Г. Оборская, В.Д. Гогунский. // Тр. Одес. политехн. ун-та. - Одесса : ОНПУ, 2005. - С. 31 – 34.
3. Колеснікова, К.В. Розробка марківської моделі станів проектно керованої організації [Текст] / К.В. Колеснікова, В.О. Вайсман, С.О. Величко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Вип. 7 / редкол. : В.О. Федорович (голова) [та ін.]. Харків : НТУ «ХП», 2012. – С. 217 – 222.
4. Яковенко, В.Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу [Текст] / В.Д. Яковенко, В.Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. -- № 2. — С. 50 – 57.
5. Власенко, О.В. Модель «ДІАМАНТ» оцінки внутрішніх комунікацій в Європейських проектах [Текст] / О.В. Власенко, Д.В. Лук'янов, В.Д. Гогунський // Вост.-Европ. журнал передових технологій. – 2013. - № 1/10 (61). — С. 86 – 88
6. Белощицкий, А. А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А. А. Белощицкий // Управління розвитком складних систем. — 2012. - № 9. – С. 104 – 107.
7. Колеснікова, К. В. Моделювання стратегічного управління міжнародною діяльністю університету [Текст] / К. В. Колеснікова, С. М. Гловацька, С. В. Руденко // Проблеми техніки. – 2013. - № 1.– С. 95 – 101.
8. Kolesnikova, K.V. The development of the theory of project management: project initiation study law / K.V.Kolesnikova // Management of development of complex systems. – 2013. - № 17. – С. 24 – 30.
9. Gogunsky, V.D. Markov model of risk in the life safety projects / V.D. Gogunsky, Yu. S. Chernega, E.S. Rudenko // Праці Одес. політехн. ун-ту. – 2013. - № 2. – С. 271 – 276.
10. Олех, Т.М. Оценка эффективности экологических проектов / Т.М. Олех, С.В. Руденко, В.Д. Гогунский // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. - № 1/10 (61). – Харьков : Технолог. центр, 2013 – С. 79 – 82
11. Руденко, С. В. Сетевые процессы управления проектами в контексте отображения состояний проекта / С. В. Руденко, Е. В. Колесникова, В. И. Бондарь // Проблеми техніки. – 2012. – № 4. – С. 61 – 67.
12. Розробка марківської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг / С. В. Руденко, М. В. Романенко, О. Г. Катуніна Е. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 12. – С. 86 – 89.
13. Колесникова, Е. В. Управление знаниями в IT-проектах / Е. В. Колесникова, А. А. Негри // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/10 (61). – С. 213 – 215.
14. Чернега, Ю.С. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / Ю.С. Чернега, В.Д. Гогунський // Вост.-Европейский журнал передовых технологий/ - 2013/ - № 1 (10/61). – С. 83-85

15. Ма Фен. Марковская модель процесса формирования и управления имиджем учебного заведения / Ма Фен, С. Н. Гловацкая, Е. В. Колесникова // Проблемы техники. – 2013. – № 3. – С. 142 – 151.
16. Руденко, С. В. Анализ результатов реализации технико-экономической природоохранной региональной программы / С. В. Руденко, Е. В. Колесникова, Т. М. Олех // Проблемы техники. – № 2. – 2013. – С. 161 – 169.
17. Руденко, С. В. Модель оценки эффективности портфеля проектов / С. В. Руденко, С. В. Гловацкая, Е. В. Колесникова // Вісник ОНМУ. – 2013. – № 2 (38). – С. 149 – 151.
18. Колесникова, Е. В. Оценка компетентности персонала сталеплавильной печи в проекте компьютерного тренажера / Е. В. Колесникова // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/1 (65). – С. 45 – 48.
19. Вайсман, В. О. Сучасна концепція проектно-орієнтованого командного управління підприємством / В. О. Вайсман, К. В. Колеснікова, В. В. Натальчишин // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. – 2013. – № 8. – НТУ «ХПІ». – С. 246 – 253.
20. Рязанцев, В. М. Модель развития проектов карточного обслуживания клиентов банка / В. М. Рязанцев, Е. В. Колесникова, А. А. Негри // Зб. наук. пр. національного університету кораблебудування. – 2013. – №2. – С. 101 – 104.
21. Масленникова, К. С. Складники поведінкової компетенції учасників команди проекту на засадах компетентнісного підходу / Е. С. Масленникова, К. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – 2013. – №14. – С. 48 – 51.
22. Колесникова, Е. В. Теория проектного управления: закон контроля параметров риска / Е. В. Колесникова // Вісник Одеського національного морського університету. – 2013. – № 3 (39). – С. 220 – 232.
23. Колесникова, Е. В. Моделирование структур управления программами проектов в организационно-технических системах / Е. В. Колесникова // Вісник Одеського національного морського ун-ту. – 2014. – № 1(40). – С. 228 – 235.
24. Колесникова, Е. В. Моделирование слабо структурированных систем проектного управления / Е. В. Колесникова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2013. - № 3 (42). – С. 127 – 131.
25. Колесникова, Е. В. Фрактальная размерность как мера трансформации серийной проектной деятельности в операционную / Е. В. Колесникова, И. И. Становская // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2013. – № 2(41). – С. 282 – 288.
26. Колеснікова, К. В. Аналіз структурної моделі компетенцій з управління проектами національного стандарту України / К. В. Колеснікова, Д. В. Лук'янов // Управління розвитком складних систем. – 2013. – №13. – С. 19 – 27.
27. Vaysman, V.A. The planar graphs closed cycles determination method / V.A. Vaysman, D.V. Lukianov, K. V. Kolesnikova // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2012. – № 1(38). – С. 222 – 227.
28. Лук'янов, Д. В. Метод структурного аналізу компетенцій НСВ / Д. В. Лук'янов, К. В. Колеснікова, В. Д. Гогунський // Управління проектами у розвитку суспільства. – К. : КНУБА, 2012. – С. 135 – 136
29. Колеснікова, К. В. Визначення ядер знань поведінкових компетенцій фахівців з управління проектами / К. В. Колеснікова, Д. В. Лук'янов, С. В. Руденко // Вісник НУК. - № 5 – 6. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 84 – 88.
30. Тесленко, П.А. Траектория развития проекта как организационно-технической системы в многомерном пространстве переменных / П. А. Тесленко, В. Д. Гогунский // Управління проектами у розвитку суспільства. Міжнар. конф. – К. : КНУБА, 2009. - С. 188 – 190.
31. Колесникова, Е. В. Трансформация когнитивных карт в модели марковских процессов для проектов создания программного обеспечения / Е. В. Колесникова, А. А. Негри // Управління розвитком складних систем. – 2013. – №15. – С. 30 – 35.

32. Колеснікова, К. В. Розвиток теорії проектного управління: обґрунтування закону К. В. Кошкіна щодо завершення проектів / К. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем – 2013. – № 16. – С. 38 – 45.
33. Руденко, С.В. Аспекти практического управления имиджем учебного заведения / С.В. Руденко, Е.В. Колесникова, Ма Фен // Информ. технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. праць. – № 2(7). – Одеса : АО Бахва, 2014. – С. 216 – 227.
34. Колесникова, Е. В. Развитие теории проектного управления: закон Ю.Л. Воробьева о влиянии риска на успешность портфеля проектов / Е. В. Колесникова // Управління розвитком складних систем. – 2014. – № 18. – С.62 – 67.
35. Колесникова, Е. В. Экстремальное управление проектами / Е. В. Колеснікова, А. А. Негри // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 135 – 136.
36. Колесникова, Е. В. Когнитивные модели слабо структурированных проектов создания программных продуктов // Материалы XX семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса : ОНПУ, 2012. – С. 48 – 50.
37. Колесникова, Е. В. Когнитивный анализ и моделирование сложных процессов для формирования профессиональных компетенций / Е. В. Колесникова, А. А. Негри, С. В. Ткачук // Матеріали наук.-метод. семінару «Шляхи реалізації кредитно-модульної системи організації навчання». – 2013. – Вип. 7. – С. 105 – 110.
38. Руденко, С. В. Ідентифікація марківської моделі управління медичними проектами / С. В. Руденко, О. Г. Катуніна, К. В. Колеснікова // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. пр. – 2013. – № 2. – С. 243 – 249.
39. Колесникова, Е. В. Прикладные аспекты применения цепей Маркова для моделирования слабо структурированных систем проектного управления / Е. В. Колесникова // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: зб. наук. пр. – 2014. – № 4(5). – С. 77 – 82.
40. Колеснікова, К. В. Марківські ланцюги - універсальний засіб моделювання проектів / К. В. Колеснікова // Матеріали X міжнар. наук.-практ. конф. «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 134 – 136.
41. Колеснікова, К. В. Матричная диаграмма и «сильная связность» индикаторов ценности в проектах / К. В. Колеснікова, Т. М. Олех // Электротехнические и компьютерные системы. – № 7(83). – К. : Техніка, 2012. – С. 148 – 153.
42. Колесніков, О.Є. Основні аспекти впровадження дистанційної освіти / О.Є. Колесніков, В.Д. Гогунський // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: зб. – 2012. - № 1. – С. 34 – 41.
43. Гогунский, В. Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // IV міжнар. конф.: «Управління проектами: стан та перспективи». — Миколаїв : НУК, 2008. — С. 37 – 40.
44. Бушуев, С.Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С.Д. Бушуев, В.Д., Гогунський, К.В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. – 2012. - № 12. – С. 6 – 9.
45. Чернега, Ю. С. Разработка модели деятельности инженера по охране труда с использованием цепей Маркова / Ю. С. Чернега, В. Д. Гогунский // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. - 2014. - № 5/3 (71). – С. 39 – 43.
46. 圖片管理學校：專著/麻吹風機，謝爾蓋·魯堅科，葉卡捷琳娜科列斯尼科娃。 – 中國：濟南市，2014年 – 84頁 [Управление имиджем учебного заведения : Монография / Ма Фен, Сергей Руденко, Екатерина Колесникова. – Китай : Цзинань, 2014. – 84 с.]