

УДК 005.8



С.В. Руденко,
д.т.н., професор,
Одеський національний
морський університет
e-mail: rudsv@i.ua



О.Г. Катуніна,
інженер,
медичний холдинг
«INTO-SANA» (Одеса),
e-mail: gkt@rambler.ru



К.В. Колеснікова,
к.т.н., доцент,
Одеський національний
політехнічний університет
e-mail: amberk4@gmail.com

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАРКІВСЬКОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ
МЕДИЧНИМИ ПРОЕКТАМИ**

С.В. Руденко, О.Г. Катуніна, К.В. Колеснікова. Ідентифікація марківської моделі управління медичними проектами. Виконана ідентифікація моделі надання медичних послуг, що відображена однорідним марківським ланцюгом з дискретними станами і часом.

S.V. Rudenko, E.V. Katunina, E.V. Kolesnikova. Identifying Markov models of medical projects management. Executed identification model of health care services that reflect homogeneous Markov chain with discrete states and time.

Вступ. Запити практики та виклики сьогодення щодо управління розвитком соціальних та організаційно-технічних системам породжують нові проблеми і завдання, вирішення яких здійснюється на основі нових підходів до управління на основі проектів та програм [1]. Проекти і програми в галузі охорони здоров'я відносяться до найбільш складного виду проектної діяльності через їх соціальну спрямованість, а також завдяки специфіці цілей, спрямованих на досягнення позитивного ефекту в стані здоров'я пацієнтів не тільки за рахунок кваліфікованого медичного обслуговування, а й завдяки впровадженню сучасних механізмів проектно-орієнтованого управління [2]. Тому нагальним науковим завданням для України є формування нової парадигми управління медичними проектами із застосуванням математичних моделей для оцінки рівня і якості медичних послуг.

Ціль і постановка задачі дослідження. Розв'язання протиріч між потребами населення України у своєчасній та якісній медичній допомозі і завданнями лікувальних установ у наданні цих послуг можливо лише за умов впровадження у медичну сферу методології управління проектами на основі застосування методів математичного моделювання [2].

Метою дослідження є ідентифікація марківської моделі зміни станів здоров'я населення та розробка способу визначення перехідних ймовірностей марківського ланцюга.

Результати попередніх досліджень. При впровадженні проектів надання медичних послуг виникає необхідність оцінки перспектив застосування нових форм послуг в умовах різного оточення проекту [2, 3]. Така оцінка може бути виконана за допомогою математичних моделей [4]. Зараз подібні моделі будуються на основі апроксимації реальних даних, які відображають із запізненням ефективність роботи лікувальних установ з пацієнтами. В цьому випадку проекти вже розпочаті – здійснюється їх впровадження, а експериментальні моделі відображають певний результат. Разом з тим на стадії попередньої підготовки проектів необхідно визначити очікувані результати у режимі «передбачення» [5]. Такі властивості притаманні марківським моделям, які будуються для конкретних станів системи, і можуть застосовуватись для випадків зміни внутрішніх характеристик системи.

Відомі приклади застосування марківських ланцюгів для визначення ймовірностей дискретних станів організаційно-технічних або соціальних систем засновані на структурній і параметричній подібності оригіналів цих систем їхнім відображенням - марківським ланцюгам. У роботі [4] за допомогою марківської моделі представлена організаційно-технічна система проектно-орієнтованого управління верстатобудівним підприємством. Доведена ефективність управління рекламними проектами з використанням марківської моделі з дискретними станами і часом [5]. Завдання прогнозування стану системи керування якістю функціонування навчального закладу також розв'язано за допомогою марківської моделі [6]. Вказані приклади об'єднує декомпозиція досліджуваних систем на певні дискретні стани і побудували схему переходів між цими станами. Разом з тим слід підкреслити, що у вказаних вище моделях у різний спосіб визначалися умовні перехідні ймовірності переходів між дискретними станами. Це дозволяє зробити висновок про те, що специфіка відображення різних об'єктів однорідними марківськими ланцюгами з дискретними станами і дискретним часом визначається способами обчислення перехідних ймовірностей.

Матеріал і результати дослідження. На практиці при оцінці ефективності надання медичних послуг виділяють шість станів здоров'я, в одному з яких з певною ймовірністю може знаходитися кожен пацієнт [2]. Тому марківська модель (6S), що пропонується, включає наступні загальноприйнятні стани: S_1 – практично здоровий; S_2 – працездатний; S_3 – тимчасово непрацездатний; S_4 – хронічна хвороба; S_5 – критичний стан; S_6 – вихід (летальний наслідок). Між цими станами існує певна система зв'язків – переходів (рис. 1). Наприклад, якщо пацієнт знаходиться в стані S_2 , то у разі захворювання можливий його перехід не тільки в стан S_3 , але й у інші стани такі, як S_4 або S_5 . Такий поділ систем на певні стани з заданими переходами між ними властивий марківським ланцюгам.

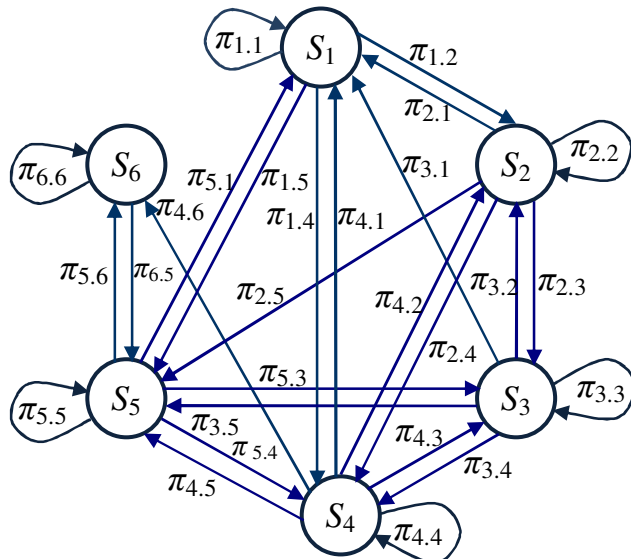


Рис. 1. Розмічений граф станів моделі 6S

Матриця, що містить всі перехідні ймовірності π_{ij} марківського ланцюга, приведеного на рис. 1, має вигляд:

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

«Марковість» проектів надання лікувальних послуг підтверджується тим, що і у лікувальних проектах і у марківських ланцюгах існують переходи між станами системи за кроками, існують перехідні ймовірності між окремими станами, сума перехідних ймовірностей з деякого стану дорівнює одиниці, сума ймовірностей всіх станів також дорівнює одиниці, має місце подібність топологічної структури переходів. Аналіз властивостей об'єкта і моделі дозволяють зробити висновок про обґрунтованість щодо застосування марківських ланцюгів для моделювання проектів надання лікувальних послуг (табл. 1).

Таблиця 1 - Ідентифікація властивостей марківських ланцюгів медичних проектів надання медичних послуг

Властивості	Марківський ланцюг	Медичні проекти
1. Переходи із дійсного стану в майбутнє	Випадковий процес володіє ознакою: для кожного моменту часу t_0 ймовірність будь-якого стану системи в майбутньому (при $t > t_0$) залежить тільки від її теперішнього стану і не залежить від того, коли і яким чином система прийшла в цей стан.	Процес надання послуг: а) випадковий процес; б) спільнота пацієнтів може бути поділена на певні стани; в) неможливо врахувати передісторію переходів між станами; г) послуги, що надаються у момент часу t_0 , переводять систему в новий стан.
2. Відповідність кроків	У марківському ланцюзі з дискретним часом перехід з деякого стану в інші стани здійснюється по кроках процесу.	Медичні послуги, що надаються відповідають крокам процесу, які переводить систему в новий стан.
3. Наявність перехідної ймовірності	Перехідні ймовірності залежать тільки від того, з якого стану і в які здійснюється перехід.	Медичні послуги змінюють ймовірності станів спільноти пацієнтів, а ймовірності переходів в інші стани залежать від якості надання послуг.
4. Умова для суми ймовірностей станів системи	Сума ймовірностей всіх станів марківського ланцюга на кожному кроці дорівнює одиниці.	Стани спільноти пацієнтів складають повну групу, тому сума ймовірностей цих станів дорівнює одиниці.
5. Умова для суми перехідних ймовірностей з будь-якого стану	Сума перехідних ймовірностей з деякого стану марківського ланцюга в інші стани дорівнює одиниці.	Переходи з будь-якого стану системи в інші стани складають повну групу подій.
6. Топологічна подібність	Стани марківського ланцюга відображаються графом, де вказані можливі переходи між станами за один крок.	Стани системи відображаються графом, де ребра є можливими переходами з одного стану в інші за один крок.

Співставлення властивостей оригіналу – спільноти пацієнтів і марківської моделі дозволяють зробити висновок про тотожність характерних

властивостей, важливих для розв'язання завдань моделювання станів спільноти пацієнтів у ході надання медичних послуг. Ідентифікація моделі вказує на можливість застосування теорії марківських ланцюгів для моделювання медичних проектів.

Перехідні ймовірності π_{ij} , що визначені на основі експертних оцінок фахівців лікувальної установи INTO-SANA (Одеса), наведені нижче:

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

Властивістю моделі 6S є залежність випадкового процесу зміни станів S_i у часі $t \in [0, T]$. Значення s є можливим станом випадкового процесу $S_i(t)$, якщо в інтервалі $[0, T]$ є такий час t , що ймовірність $P\{s-z < S(t) < s+z\} \geq 0$ для будь-якого $z > 0$. Час t пробігає дискретний ряд значень $t_0, t_1, t_2, \dots, t_N : \{t_n, n=0, \dots, N\}$ і випадкова величина $S_i(t_n) = S_{i|n}$ може приймати дискретну множину значень s_1, s_2, \dots, s_k або $\{s_k, k=1, \dots, K\}$.

У відповідності до загального розв'язання, коли початковий стан системи визначений і відома матриця перехідних ймовірностей (2) можна знайти ймовірність кожного з станів $p_1(k), p_2(k), \dots, p_6(k)$ після будь-якого k -го кроку:

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^m [p_j(k-1) \cdot \pi_{ji}] \Big|_{m=6}; \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Отримані ймовірності станів в результаті виконаних лікувальних заходів дозволяють прогнозувати і оцінювати ефективність діяльності лікувальних установ (рис. 2). Матриця перехідних ймовірностей π_{ij} (2) відображає існуючий рівень надання медичних послуг, який характеризується зараз для $k=40$ таким розподілом ймовірностей станів споживачів медичних послуг: $p_1(40) = 0,30$; $p_2(40) = 0,26$; $p_3(40) = 0,19$; $p_4(40) = 0,14$; $p_5(40) = 0,08$; $p_6(40) = 0,03$.

Якість медичного обслуговування впливає на умовні ймовірності переходів з S_3 в стани S_2 і S_4 (рис. 1). Можливі інтервали зміни $\pi_{32} = 0 \dots 0,6$. Це означає, що у разі високої якості лікування при тимчасовій непрацездатності до 60 % пацієнтів можуть переходити в стан S_2 . В існуючому положенні ця величина становить 20 %. У той же час за високої якості лікування величина π_{43} повинна зменшуватися. Тому для дослідження прийемо $\pi_{43} = 0,1$ і визначимо розподіл ймовірностей станів при зміні π_{32} (рис. 2). Впровадження якісного медичного обслуговування призведе до

зміни деяких перехідних ймовірностей, що істотно змінить загальну картину станів споживачів медичних послуг.

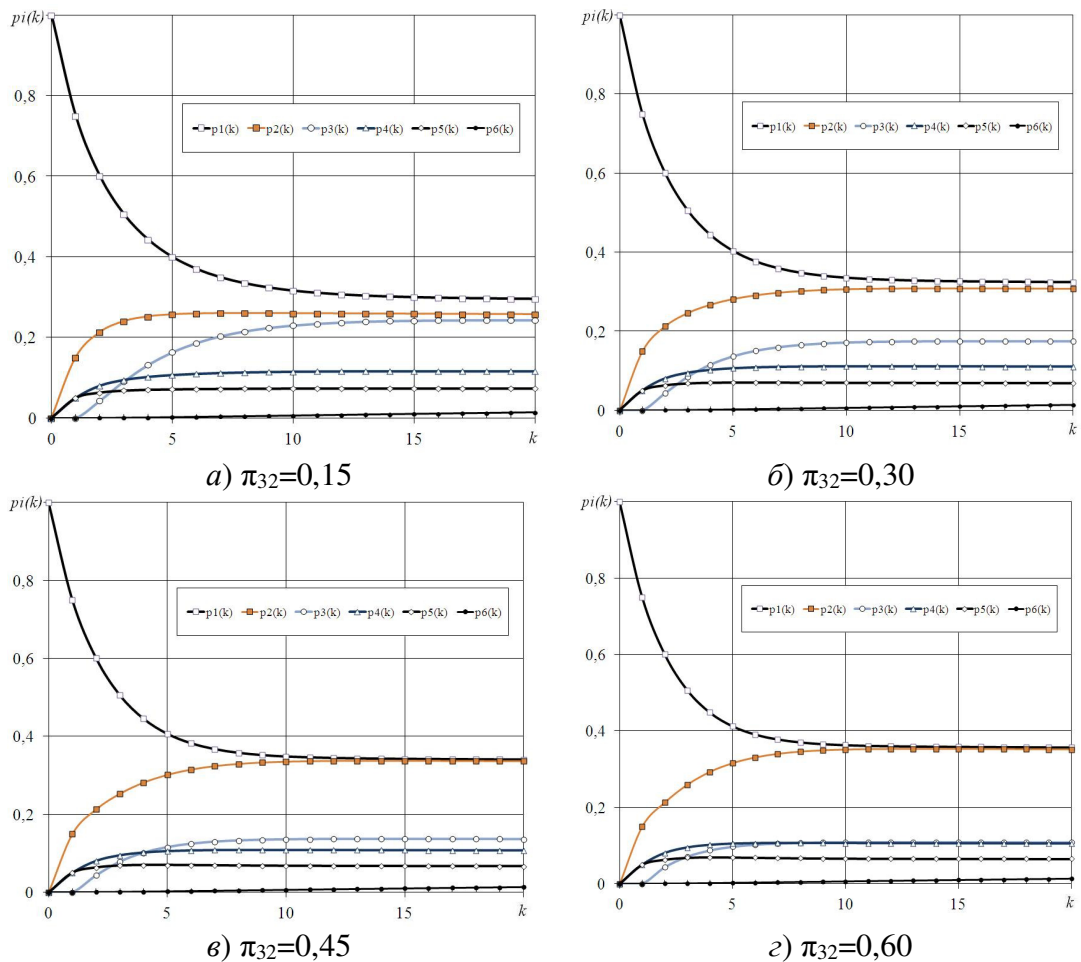


Рис. 2. Зміна ймовірностей станів системи надання медичних послуг за умов поліпшення якості лікування: $p1(k)$ - практично здоровий; $p2(k)$ - працездатний; $p3(k)$ - тимчасово непрацездатний; $p4(k)$ - хронічна хвороба; $p5(k)$ - критичний стан; $p6(k)$ - смерть.

На рис. 2 наведені результати щодо зміни ймовірностей станів системи надання медичних послуг при різних значеннях перехідної ймовірності π_{32} , яка характеризує рівень якості медичних послуг. Збільшення π_{32} від 0,15 до 0,6 приводить до істотного зменшення ймовірності стану $p3(k)$, що характеризує тимчасову непрацездатність споживачів медичних послуг. При цьому збільшуються ймовірності $p1(k)$ і $p2(k)$, які відповідають частці практично здорових і працездатних споживачів медичних послуг. Саме ці

споживачі послуг є платоспроможними і можуть формувати фінансову базу надання медичних послуг.

Розроблений метод оцінки результативності проектів надання лікувальних послуг може застосовуватися в системах планування і управління проектами. Запропонована модель на основі теорії марківських ланцюгів дозволяє виконати моделювання ефективності проектів. За допомогою отриманої моделі можна «вимірювати» стани системи споживачів лікувальних послуг. Розроблена модель є інструментом для прогнозування результатів проектів. Застосування розробленого інструментарію дозволить скоротити час і кошти на реалізацію проектів, що за визначенням підвищить його ефективність.

Висновок. Прогнозування ефективності проектів, що розробляються, раціонально виконувати з використанням ймовірнісних моделей, які відображають специфіку випадкових процесів. Випадковий характер попиту медичних послуг є очевидним, що дозволяє представити діяльність медичних установ за допомогою марківської моделі.

1. Література

1. Формула та напрямки наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / Бушуев С.Д., Гогунський В.Д., Кононенко І.В., Кошкін К.В. та ін. // Управління проектами: стан та перспективи : VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 28 – 31.
2. Руденко, С.В. Розроблення марківської моделі в управлінні проектами надання медичних послуг [Текст] / С.В. Руденко, М.В. Романенко, О.Г. Катуніна // Інформ. технології в освіті, науці та виробництві : зб. наук. праць. – Вип. 1. – Одеса : АО Бахва, 2012 –С. 25 – 28.
3. Гогунський, В.Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов [Текст] / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко, П.А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. — Вип. 8. — Київ : КНУБА, 2012. — С. 13 — 15.
4. 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.
5. Оборская, А.Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А.Г. Оборская, В.Д. Гогунський. // Тр. Одес. политехн. ун-та. - Одесса : ОНПУ, 2005. - С. 31 – 34.
6. Яковенко, В.Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу / В.Д. Яковенко, В.Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. -- № 2. — С. 50 – 57