

УДК 614.2:681.31

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НАДАННЯ ПЕРВИННО МЕДИЧНО ДОПОМОГИ В АМБУЛАТОРІ ЗАГАЛЬНО ПРАКТИКИ–СІМЕЙНО МЕДИЦИНИ

А. В. Купкіна¹, С. В. Купкіна, В. І. Дубина

*Національний медичний університет імені О. О. Богомольця¹
Міжнародний науково-навчальний центр
інформаційних технологій та систем НАН і МОН України*

Розглянуто формалізовану схему та імітаційну модель процесу обслуговування змішаного неоднорідного потоку пацієнтів (за попереднім записом, тих, що потребують невідкладно допомоги, без попереднього запису), особливості алгоритму статистичного моделювання.

Наведено фрагмент результатів моделювання, проаналізовано залежність ймовірності та тривалості перебування пацієнтів у черзі та перерв в обслуговуванні від навантаження лікаря. Показано, що при організації обслуговування пацієнтів за попереднім записом мінімальні сумарні втрати часу на перерви та черги мають місце при коефіцієнті навантаження лікаря 0,75 – 0,80.

Ключові слова: імітаційна модель, обслуговування пацієнтів, навантаження лікаря.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКАЗАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В АМБУЛАТОРИИ ОБЩЕЙ ПРАКТИКИ–СЕМЕЙНОЙ МЕДИЦИНЫ

А. В. Купкина¹, С. В. Купкина, В. И. Дубина

*Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца¹
Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем НАН и МОН Украины*

Рассмотрены формализованная схема и имитационная модель процесса обслуживания смешанного неоднородного потока пациентов, особенности алгоритма статистического моделирования.

Приведен фрагмент результатов моделирования, проанализирована зависимость вероятности и продолжительности пребывания пациентов в очереди и перерывов в обслуживании от нагрузки врача. Показано, что при организации обслуживания пациентов с предварительной записью минимальные суммарные потери времени на перерывы и пребывание в очереди имеют место при коэффициенте нагрузки врача 0,75 – 0,80.

Ключевые слова: имитационная модель, обслуживание пациентов, нагрузка врача.

MODELING OF PRIMARY HEALTH CARE PROCESS IN THE AMBULATORY OF GENERAL PRACTICE–FAMILY MEDICINE

A. V. Kupkina¹, S. V. Kupkina, V. I. Dubyna

*National Medical University by O. O. Bogomolets¹
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of the
National Academy of Sciences of Ukraine
and Ministry of Education and Science of Ukraine*

It was considered a formalized scheme and a simulation model of the process of service mixed heterogeneous patient flow (pre-recorded, those who are in need of emergency care, without appointment), the features of the statistical simulation algorithm.

It was added fragment of the simulation results, dependence of the probability and duration of patients stay in the queue and service interruptions to load a doctor.

It is shown that the organization of service for patients with pre-recorded minimum total loss of time for breaks and stay in the queue take place at load factor doctor 0,75 – 0,80.

Key words: simulation model, patient care, medical burden.

© А. В. Купкіна, С. В. Купкіна, В. І. Дубина

Вступ. Реформування вітчизняної системи надання первинної медичної допомоги населенню на засадах сімейної медицини потребує не лише відповідного кадрового, матеріального та фінансового забезпечення, але й покращення організації функціонування всіх її складових ланок.

Наявна ж інформація щодо індивідуальної та групової роботи лікарів, нормативів їх навантаження, режиму та тривалості обслуговування пацієнтів тощо ще досить неоднозначна [1,2].

Тому водночас із нагромадженням досвіду створених закладів загальної практики – сімейної медицини актуальним завданням є пошук методів ефективного управління як безпосередньо лікувально-діагностичним процесом, так і системою надання первинної медичної допомоги в цілому [4].

Метою даної роботи є створення адекватного інформаційного забезпечення для системного аналізу і оптимізації управління процесом надання первинної медичної допомоги в амбулаторії загальної практики-сімейної медицини з урахуванням суттєвих структурних змін множини пацієнтів і режиму їх обслуговування та реального ймовірнісного характеру функціонування системи.

Результати та їх обговорення. Надходження пацієнтів за медичною допомогою до амбулаторії протягом робочого дня може бути як регульованим, так і практично не регульованим. У першому варіанті пацієнти надходять до амбулаторії за попереднім записом з визначеним інтервалом τ_p , у другому – через випадкові проміжки часу τ_{ci} з функцією розподілу $F_c(T)$.

У реальних умовах можливі як відхилення від попередньо складеного графіка прийому пацієнтів, так і їх надходження до амбулаторії поза графіком.

Крім того, до амбулаторії щодня надходить частина пацієнтів, які з тих чи інших причин потребують невідкладної допомоги. Інтервал надходження таких пацієнтів τ_{ui} – випадкова величина з функцією розподілу $F_u(T)$.

Отже, надходження пацієнтів за медичною допомогою до амбулаторії в загальному випадку є змішаним неоднорідним потоком, що складається з пацієнтів за попереднім записом, без попереднього запису та тих, що потребують невідкладної допомоги. У неоднорідному потоці ті чи інші пацієнти, як правило, мають певні пріоритети на обслуговування. Так, безумовно, перший пріоритет на прийом до лікаря мають пацієнти, які потребують невідкладної допомоги. До першочергових відносять також малолітніх дітей, деяких інвалідів тощо. Після них – пріоритет у пацієнтів за попереднім записом.

Сумарна погодинна інтенсивність надходження пацієнтів до амбулаторії становить λ_s . При цьому інтенсивності надходження пацієнтів за попереднім записом, без попереднього запису і першочергових складають частки інтенсивності загального потоку – $\alpha_p, \alpha_c, \alpha_u$, а середні значення інтервалів їх надходження становлять, відповідно, – τ_p, τ_c, τ_u .

Пацієнтів в амбулаторії протягом робочого дня обслуговують одночасно m_a лікарів загальної практики. Тривалість обслуговування пацієнта лікарем τ_a є випадковою величиною з функцією розподілу $F_a(T)$.

Розподіл випадкових інтервалів часу між надходженням пацієнтів до амбулаторії має властивості, характерні для показникового закону. Логарифмічно – нормальний закон може бути прийнятною ймовірнісною моделлю тривалості обслуговування пацієнта лікарем [3].

Виходячи з особливостей структури та закономірностей надходження пацієнтів за медичною допомогою до амбулаторії, режиму та тривалості їх обслуговування, системний аналіз та пошук можливостей ефективного управління лікувально-діагностичним процесом доцільно провести методом його статистичного моделювання з розробкою імітаційної моделі та алгоритмічного і програмного забезпечення її реалізації.

Процес надання первинної медичної допомоги в амбулаторії визначим як послідовну зміну моментів надходження пацієнтів змішаного потоку – за попереднім записом, без попереднього запису та першочергових, і моментів готовності лікарів до їх чергового прийому.

Початок i – го обслуговування :

$$t_i = \max \{t_{pi}, t_{mi}\}, t_i < t_{di},$$

де t_{pi} – i -ий найбільш ранній момент надходження пацієнтів до амбулаторії:

$$t_{pi} = \min \{t_{ri}, t_{ci}, t_{ui}\},$$

де t_{ri}, t_{ci}, t_{ui} – i -ті найбільш ранні моменти надходження до амбулаторії пацієнтів за попереднім записом, без попереднього запису та першочергових;

$$t_{mi} = \min \{t_{mi}[m]\}, m = 1, 2, \dots, m_a,$$

де t_{mi} – i -ий найбільш ранній момент готовності лікарів до обслуговування пацієнтів,

$t_{mi}[m]$ – те ж m -го лікаря;

t_{di} – момент закінчення робочого дня.

Якщо $t_{mi} > t_{pi}$, то мінімум один пацієнт вже прибув до амбулаторії і чекає виклику на прийом до лікаря.

При цьому, якщо $t_{ui} < t_{mi}$, то обслуговується першочерговий пацієнт незалежно від моментів надходження інших пацієнтів.

Якщо ж $t_{ui} > t_{mi}$ і $t_{ri} < t_{mi}$, то першим обслуговується пацієнт за попереднім записом.

І лише, якщо $t_{ui} > t_{mi}$ і $t_{ri} > t_{mi}$, на прийом до лікаря попадає пацієнт без попереднього запису.

Тривалість чекання відповідним пацієнтом виклику на прийом до лікаря (перебування в черзі):

$$\begin{aligned}\tau_{qui} &= t_{mi} - t_{ui} \\ \tau_{gri} &= t_{mi} - t_{ri} \\ \tau_{qci} &= t_{mi} - t_{ci}\end{aligned}$$

Якщо $t_{pi} > t_{mi}$, лікар готовий до прийому чергового пацієнта раніше, ніж той прибув до амбулаторії, тож має місце перерва в обслуговуванні тривалістю:

$$\tau_{bi} = t_{pi} - t_{mi}$$

Момент звільнення лікаря і готовності до чергового обслуговування: $t_{mi} [m] = t_i + t_{ai}$.

Процес обслуговування пацієнтів повторюється до закінчення робочого дня амбулаторії.

Для одержання статистично стійкої множини оцінок лікувально-діагностичного процесу здійснюється циклічне моделювання заданої кількості робочих днів амбулаторії.

За даними моделювання визначається така множина показників ефективності лікувально-діагностичного процесу:

- сумарні втрати часу та сумарні економічні втрати лікаря через перерви в обслуговуванні і пацієнтів на перебування в черзі;

- коефіцієнт зайнятості лікаря обслуговуванням пацієнтів, ймовірність та середнє значення тривалості перерви в обслуговуванні;

- ймовірність, середнє значення тривалості та коефіцієнт перебування пацієнта в черзі. Показники черги визначаються як для всієї множини пацієнтів, що надходять до амбулаторії, так і для кожної їх групи окремо (за попереднім записом, без попереднього запису і першочергових).

Алгоритмом передбачено циклічне моделювання лікувально-діагностичного процесу при заданих множинах коефіцієнта навантаження лікаря та тривалості обслуговування пацієнта.

Результати моделювання перш за все надають можливість кількісної оцінки втрат часу як лікарями, так і пацієнтами в процесі надання медичної допомоги залежно від навантаження лікаря, характеристик потоку надходження пацієнтів до амбулаторії, режиму їх обслуговування тощо.

Так, при надходженні до амбулаторії 80 % пацієнтів за попереднім записом і 20 % пацієнтів, які потребують невідкладної допомоги, та їх груповому обслуговуванні двома лікарями з середньою тривалістю обслуговування одного пацієнта 12 хв, із збільшенням коефіцієнта навантаження лікаря (тобто відношення сумарної інтенсивності потоку пацієнтів до сумарної

інтенсивності їх обслуговування) з 0,5 до 0,9 ймовірність чекання прийому пацієнтом за попереднім записом зростає з 0,13 до 0,63, а середня тривалість чекання збільшується з 2,8 до 10,9 хв (рис. 1).

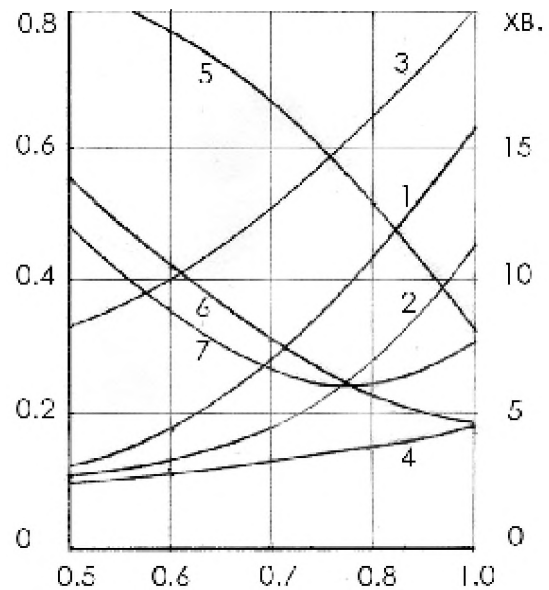


Рис. 1. Залежність ймовірності (1) та середньої тривалості (2) чекання обслуговування пацієнтом за попереднім записом, ймовірності (3) та середньої тривалості (4) чекання обслуговування пацієнтом, який потребує невідкладної допомоги, а також ймовірності (5) та середньої тривалості (6) чекання пацієнта лікарем і сумарних втрат часу (7) на чекання пацієнтом та лікарем від коефіцієнта навантаження лікаря (групова робота двох лікарів, середня тривалість обслуговування пацієнта 12 хв, 80 % пацієнтів за попереднім записом, 20 % пацієнтів, які потребують невідкладної допомоги).

Надання пріоритету пацієнтам, які потребують невідкладної допомоги, навіть при ймовірності чекання ними прийому лікарем в межах від 0,33 до 0,82 дає можливість зменшити середню тривалість чекання до 2,3 – 4,4 хв. Разом з цим із збільшенням коефіцієнта навантаження лікаря з 0,5 до 0,9 ймовірність чекання ним чергового пацієнта зменшується з 0,83 до 0,32, а середня тривалість чекання – з 13,6 до 4,8 хв.

Мінімальні сумарні втрати часу пацієнтом та лікарем на чекання початку обслуговування становлять близько 6 хв і мають місце при коефіцієнті навантаження лікаря 0,75 – 0,80.

Якщо медична допомога в амбулаторії надається без попереднього запису пацієнтів, то при тих же умовах (розглянутих вище) із збільшенням коефіцієнта навантаження лікаря від 0,5 до 0,9 середня тривалість чекання пацієнтом початку обслуговування зростає з

7,7 до 28,1 хв, середня тривалість чекання прийому пацієнтом, який потребує невідкладної допомоги, становить 3,4–4,7 хв, а середня тривалість чекання лікарем чергового пацієнта зменшується з 19,3 до 9,7 хв.

У цьому разі мінімальні сумарні втрати часу пацієнтом та лікарем на чекання початку обслуговування становлять близько 12 хв при коефіцієнті навантаження лікаря 0,6–0,7.

При одних і тих же характеристиках структури та інтенсивності потоку надходження пацієнтів до амбулаторії та режиму надання їм медичної допомоги

значно більші втрати часу мають місце при індивідуальній практиці обслуговування.

Висновок. Розроблені імітаційна модель процесу надання первинної медичної допомоги в амбулаторії загальної практики – сімейної медицини, алгоритмічне та програмне забезпечення її реалізації можуть використовуватись як для розв'язання локальних задач аналізу та оптимізації управління лікувально-діагностичним процесом, так і складовою частиною створеної системи інформаційного забезпечення закладів охорони здоров'я.

Література

1. Організація роботи лікаря загальної практики (сімейної медицини) / Лехан В. М., Іпатов А. В., Барвінко Е. В., Крячкова Л. В. – Дніпропетровськ : АРТ – ПРЕС, 2002. – 370 с.
2. Корнійчук О. П. Стан первинної медико-санітарної допомоги на засадах сімейної медицини в Україні / О. П. Корнійчук // Український медичний часопис. – 2012. – № 2 (88). – С. 146–150.

3. Саати Т. Л. Элементы теории массового обслуживания и её приложения / Т. Л. Саати. – М. : Советское радио, 1971. – 520 с.

4. Мінцер О. П. Засади створення єдиної державної системи інформаційного забезпечення закладів охорони здоров'я / О. П. Мінцер, Л. Ю. Бабінцева, М. В. Банчук // Медична інформатика та інженерія. – 2011. – № 3. – С. 5–12.