

Слід зазначити, що ефективність саме модульної системи полягає і в можливості "розтягнути" інвестиції в часі при створенні системи. Як правило, основні споживачі модульних систем – це компанії, які відчують необхідність збільшення потужності в перспективі в міру розвитку свого бізнесу, а до таких компаній, у першу чергу, відносяться підприємства телекомунікаційного сектору економіки України.

Проведений аналіз і систематизація переваг та факторів ефективності модульних систем дозволяє стверджувати доцільність їх упровадження на підприємствах зв'язку. В ринковому середовищі, для якого характерним є швидкі і невизначені зміни, підприємство з модульною побудовою системи управління може діяти автономно та креативно, вчасно приймати адекватні ситуації рішення, швидко змінювати й структуру послуг, і структуру управління, впроваджувати нововведення, що, у свою чергу, забезпечуватиме йому довгострокові конкурентні переваги.

Принципово новий для України підхід до управління підприємством зв'язку здатний не тільки підвищити ефективність діяльності, але й надати значних конкурентних переваг на довгостроковій основі. Нове світобачення процесу управління підприємством дозволить не тільки працювати на якісно новому рівні в умовах ринкової економіки, не тільки конкурувати з іншими операторами на ринку зв'язку України, але й мати стабільне бачення свого подальшого розвитку, розробивши стратегію, яка буде враховувати всі дійсні та можливі умови і фактори ринку. Впровадження модульних систем управління підприємством для української економіки (як і для підприємств галузі зв'язку) – новий крок. Лише невелика кількість підприємств певних галузей використовує модульний підхід у своїй діяльності, але їх досвід та розглянуті переваги і фактори ефективності свідчать про доцільність такого нововведення на підприємстві та безпосередній ефект від їх упровадження.

Реалії сучасного бізнес-середовища такі, що ніколи не можна бути впевненим, що всі завдання були вирішені якісно і своєчасно, перед бізнесом (особливо в умовах динамічного розвитку) виникають нові завдання та проблеми, тому система управління повинна бути гнучкою, швидко реагувати на можливі переваги і загрози, мінятися відповідно до нових завдань. У всіх випадках перехід до принципово нового підходу побудови системи управління має бути обґрунтованим, тому подальші дослідження з означеної теми необхідно зосередити на дослідженні можливих методів і методик оцінки ефективності використання модульного підходу з урахуванням особливостей функціонування підприємств галузі зв'язку.

Література: 1. Богиня Д. Структурна перебудова економіки в умовах глобалізації та інформатизації / Д. Богиня, Г. Валенський // Економіка України. – 2003. – №7. – С. 19. 2. Лепя Н. Н. Методи і моделі стратегічного управління підприємством / Науч. ред. Я. Г. Берсуцкого. – Донецьк: ООО "Юго-Восток ЛТД", 2002. – 188 с. 3. Корнеев И. Н. Сетевые структуры телекоммуникационной индустрии: зарубежный опыт и российские перспективы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 136 с. 4. Суворов О. С. Ринок стільникового зв'язку в Україні: особливості розвитку / О. С. Суворов, К. В. Бугера // Маркетинг в Україні – 2002. – №1. – С. 32. 5. Білоблещкий Д. М. Маркетингові дослідження як основа для прийняття стратегічних рішень на прикладі телекомунікаційного ринку // 36. наук. пр. "Економіка і підприємництво: стан та перспективи" – К., 2002. – С. 184 – 188.

УДК 519.86

Городнов В. П.

МИКРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕПОЛНОДОСТУПНОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ

An exact analytic description of stationary mode of incompletely accessible multichannel Queue system model with refusals is received in article for the first time. Model Description allows to decide a problem of forecast the corresponding micro economic systems' work effectiveness. Verification of model correctness is executed and an example of its use is given.

Существует большая группа микроэкономических систем (предприятий, банковских и иных учреждений), динамика работы которых связана с заранее неизвестными моментами времени поступления заказов, покупателей, клиентов и т. п., каждый из которых представляет собой заявку или требование на обслуживание. Длительность обслуживания зависит от индивидуальных условий каждой заявки и заранее неизвестна. Для случаев показательного закона распределения длительности обслуживания заявок и интервалов времени между заявками прогноз динамики и эффективности работы отмеченных систем выполняется в рамках известных марковских моделей теории массового обслуживания [1; 2]. Однако в некоторых реальных системах не каждый свободный прибор может начать обслуживание очередной заявки или требования, поступившего в систему. Так, на автозаправочной станции заправка автомобиля топливом может быть выполнена лишь тем прибором, который имеет необходимый тип топлива, что может приводить к отказу в заправке автомобиля водителя даже при наличии свободных приборов, но имеющих неподходящий тип топлива.

В поликлинике не каждый врач-специалист может проконсультировать очередного пациента, нуждающегося в медицинской помощи.

Для управления такими системами возникает проблема прогноза экономической эффективности их работы с учетом неполной доступности приборов обслуживания.

Наиболее глубоко модели недоступных систем массового обслуживания исследованы в теории телетрафика [3 – 5], рассматривающей процессы в коммутаторах с недоступным пучком линий связи при фиксированном количестве m линий, доступных каждому простейшему потоку входных требований, имеющему интенсивность λ_k , где $k=1, 2, \dots$ Для вывода системы упрощенных дифференциальных уравнений используются вспомогательные функции, которые характеризуют специальные свойства включений. Полученная при этих допущениях формула Эрланга для недоступных систем массового обслуживания с потерями позволяет приближенно оценивать характеристики реальных систем коммутации в рамках отмеченных допущений. В отечественной литературе (бывшего СССР) наиболее полно задача анализа недоступных систем коммутационных схем в установленном режиме для произвольного значения m решена Г. П. Башариным [6] в 1961 году.

В общем случае приведенных примеров в системе массового обслуживания могут быть приборы с разным объемом перекрывающейся возможностью по обслуживанию разных по доступности требований. При этом из-за существенно высо-

кого порядка системы дифференциальных и соответственно алгебраических уравнений (2^m уравнений) проблема точного анализа стационарных процессов в такой системе считается не имеющей решения [5]. Поэтому целью данной работы является построение и точное аналитическое описание стационарного режима модели неполнодоступной многоканальной системы массового обслуживания с отказами.

Для определенности обратимся к упомянутому примеру работы городской поликлиники, где n врачей-специалистов ведут прием пациентов. С целью последующей формализации процесса обслуживания присвоим индивидуальный номер (i_1, i_2, \dots, i_n) каждому врачу (прибору обслуживания) и условно представим области диагностирования, присущие каждому врачу-специалисту, окружностями (рис. 1).

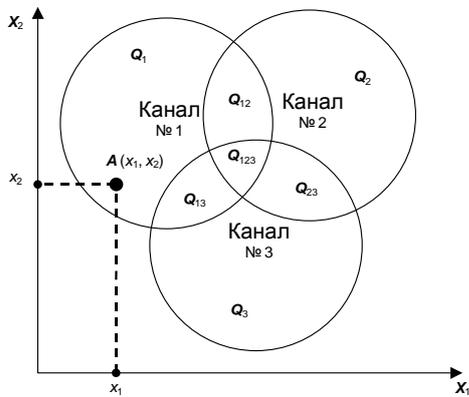


Рис. 1. Визуализация принципов выбора доступного канала для обслуживания очередного требования

При постановке диагноза и назначении лечения существуют взаимно перекрывающиеся сферы возможностей врачей (см. рис. 1, области $Q_{12}, Q_{23}, Q_{13}, Q_{123}$). Так, например, пациент с болевыми симптомами позвоночника может быть принят и врачом-хирургом, и вертебрологом, и невропатологом (см. рис. 1, область Q_{123}), о чем пациент может получить информацию от медицинской сестры в регистратуре поликлиники. В отмеченном случае группа доступных пациенту врачей включает три ($m_1 = 3$) врача-специалиста. Введем необходимое понятие.

Коэффициентом покрытия потока требований конкретной группой из m приборов обслуживания (врачей-специалистов) назовем долю требований (пациентов) в составе входного потока, доступную для обслуживания сразу всем m приборам (врачам-специалистам) конкретной группы ($m \geq 0$). В приведенном примере величина доли потока пациентов зависит от квалификации врачей и от структуры потока пациентов. Существуют и такие симптомы пациентов, которые доступны для анализа только конкретному врачу-специалисту (см. рис. 1, области Q_1, Q_2, Q_3).

Сформулируем отмеченное свойство: возможности неполнодоступной системы по обслуживанию входного потока требований характеризуются наличием областей деятельности групп приборов с m -кратным "коэффициентом покрытия", то есть таких областей, где входное требование может быть доступно для обслуживания всем m приборам.

Вероятность того, что очередное требование входного потока окажется доступным для обслуживания сразу m приборам конкретной группы, обозначим символом $Q_{i_1 \dots i_m}$ с указанием номеров i_j приборов.

Такие "участки" покрытия (области возможного обслуживания), например врача-невропатолога, могут быть не только с хирургом или вертебрологом, но и с терапевтом, и с другими врачами-специалистами. То есть один и тот же врач-специалист может "участвовать" в формировании разных по составу и по численности (m) групп специалистов (приборов)

обслуживания пациентов (требований входного потока). Перечень таких групп врачей (приборов обслуживания) по сфере симптомов-жалоб пациентов может быть заранее установлен, например главным врачом поликлиники. Максимальное количество групп ξ_m по m специалистов из общего количества n врачей (приборов обслуживания) в точности совпадает с числом сочетаний (C_n^m) из n по m [7]:

$$\xi_m = C_n^m = \frac{n \cdot (n-1) \cdot \dots \cdot (n-[m-1])}{m!} = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!}, \quad 0 \leq m \leq n.$$

В отмеченной ситуации возникает вектор (m_k) чисел доступности требований каналам обслуживания. Поэтому применение одномерных приближенных моделей теории телетрафика теряет смысл. Представляет также интерес точный анализ установившихся процессов в неполнодоступной многоканальной системе массового обслуживания с целью сравнительного исследования разных вариантов построения системы.

На практике чем больше состав группы врачей, доступных по сфере симптомов-жалоб, тем выше вероятность того, что очередной пациент окажется доступным для "обслуживания" кому-либо из врачей этой группы. Для разных групп врачей в пределах одинакового численного состава m эта вероятность оказывается примерно одинаковой:

$$Q_{i_1 \dots i_m} = \ell_m. \quad (1)$$

Непосредственный подсчет такой вероятности (ℓ_m) может быть затруднительным. Однако косвенную оценку можно выполнить на основе данных регистратуры поликлиники, предположим за месяц. По каждому пациенту следует указать количество врачей-специалистов, которые могли успешно принять этого пациента, поставить диагноз и назначить лечение. Затем подсчитать общее количество N пациентов за месяц и количество N_m пациентов, доступных для "обслуживания" ровно m врачам-специалистам одновременно ($0 \leq m \leq n$), что является эквивалентом числа N_m "благоприятных" случаев в схеме случаев [7].

Вероятность того, что очередное требование (пациент) окажется доступным для "обслуживания" какой-либо группе приборов обслуживания (специалистов) в составе ровно m приборов, найдется:

$$q_m = \frac{N_m}{N}; \quad 0 \leq m \leq n. \quad (2)$$

С другой стороны, если вероятность того, что пациент окажется доступным для "обслуживания" кому-либо из специалистов одной группы в составе m врачей равна ℓ_m , а количество таких групп оценивается величиной ξ_m , то вероятность оказаться доступным для "обслуживания" или первой, или второй, или ξ_m -й группе специалистов найдется:

$$q_m = \sum_{i=1}^{\xi_m} \ell_m = \xi_m \cdot \ell_m = C_n^m \cdot \ell_m; \quad 0 \leq m \leq n \quad (3)$$

Приравняв выражения (2) и (3), получим оценку вероятности ℓ_m :

$$C_n^m \cdot \ell_m = \frac{N_m}{N}; \quad \rightarrow \quad \ell_m = \frac{N_m}{N \cdot C_n^m} = \frac{q_m}{C_n^m}; \quad 0 \leq m \leq n \quad (4)$$

Оценку средней длительности обслуживания T_{cp} одного требования можно найти с учетом количества обслуженных N требований и количества n_i требований, обслуженных i -м

прибором, а также общего времени (T_i), затраченного i -м прибором на обслуживание:

$$T_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N} \cdot \frac{T_i}{n_i} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n T_i$$

В неполнодоступную систему массового обслуживания $M/M/n$ с потерями и с вектором вероятностей доступности требований группам каналов обслуживания (ℓ_m) поступает поток требований интенсивности I . Если требование застает свободными несколько каналов, которым оно доступно, то для обслуживания выбирается любой из этих каналов наудачу. Требование, заставшее все доступные ему каналы занятыми, уходит не обслуженным. Время обслуживания распределено показательным с параметром $\mu = 1/T_{cp}$.

Задача состоит в отыскании выражений для финальных вероятностей P_k , ($k = 1, 2, \dots, n$) групповых состояний процесса обслуживания, при которых в системе находится ровно k требований, что соответствует занятости ровно k каналов и вероятности обслуживания $P_{обс}$ требований.

Возможность установившегося режима в системе следует из постановки задачи. Вначале рассмотрим обслуживание в трехканальной неполнодоступной системе $M/M/3$ с отказами. Граф модели представлен на рис. 2, где символом $S_{i,j,k}$ обозначены состояния, при которых заняты обслуживанием каналы (приборы) с номерами i, j, k .

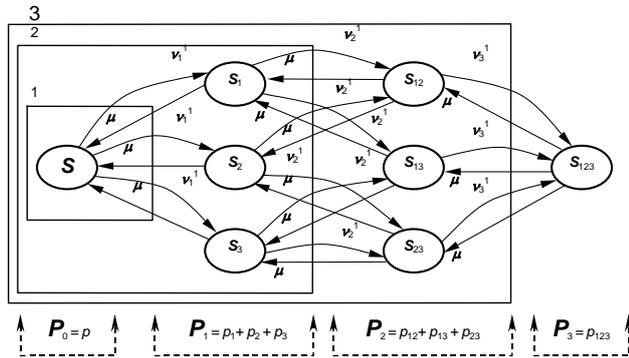


Рис. 2. Граф модели процесса обслуживания простейшего потока требований неполнодоступной трехканальной системой $M/M/3$ с отказами

Найдем интенсивности переходов по ребрам R графа (см. рис. 2). Переход по ребру $R[S, S_1]$, соединяющему вершину S с вершиной S_1 , может произойти только при условии, если очередное требование поступит в систему, окажется доступным первому каналу и этот канал будет выбран для обслуживания. Математическое ожидание (v_1^1) интенсивности появления этого события равно произведению интенсивности входного потока требований I на вероятность (v_1) передачи требования на обслуживание именно первому каналу:

$$v_1^1 = I \cdot v_1 \quad (5)$$

Для визуализации процесса определения вероятности (v_1) предположим, что каждое требование имеет только два признака (x_1, x_2), значения которых определяет выбор канала обслуживания. У каждого канала область допустимых значений признаков имеет форму окружности, в центре которой укажем номер канала (см. рис. 1). Значения признаков очередного требования определяют точку $A(x_1, x_2)$ на плоскости (X_1, X_2). Доступный для обслуживания канал выбирается в соответствии с тем, в чью область попала точка требования на плоскости (X_1, X_2).

В любом случае для передачи требования на обслуживание первому каналу точка $A(x_1, x_2)$ требования, поступившего в систему, должна попасть в область значений признаков, доступных для первого канала (см. рис. 1). Если признаков будет n , то область будет n -мерной.

Вероятность (v_1) передачи требования именно первому каналу найдем, перечислив возможные исходы анализа, как сумму вероятностей отмеченных событий и одновременно учтем равенство (1), и получим:

$$v_1 = Q_1 + \frac{1}{2}Q_{12} + \frac{1}{3}Q_{123} + \frac{1}{2}Q_{13} = \ell_1 + \frac{1}{2}\ell_2 + \frac{1}{3}\ell_3 + \frac{1}{2}\ell_2 = \ell_1 + \ell_2 + \frac{1}{3}\ell_3$$

Конечное значение вероятности передачи требования для обслуживания именно второму или третьему каналу совпадет с найденным v_1 .

Если процесс обслуживания оказался в состоянии S_1 , то переход по ребру $R[S_1, S_{12}]$ (рис. 2) из вершины S_1 в вершину S_{12} может произойти только при условии, когда очередное требование поступит в систему, окажется доступным второму каналу и этот канал будет выбран для обслуживания. Математическое ожидание v_2^1 интенсивности этого события найдем с учетом вероятности (v_2) передачи требования второму каналу:

$$v_2^1 = I \cdot v_2 \quad (6)$$

Для передачи требования на обслуживание второму каналу точка $A(x_1, x_2)$ требования, поступившего в систему, должна попасть в область значений признаков, доступных для второго канала (см. рис. 1, окружность вокруг второго канала). Вероятность (v_2) передачи требования на обслуживание именно второму каналу при условии занятости первого найдем, перечислив возможные исходы анализа, и получим:

$$v_2 = Q_2 + \frac{1}{2}Q_{23} + \frac{1}{2}Q_{123} + Q_{12} = \ell_1 + \frac{1}{2}\ell_2 + \frac{1}{2}\ell_3 + \ell_2 = \ell_1 + \frac{3}{2}\ell_2 + \frac{1}{2}\ell_3$$

Конечное значение вероятности переходов для остальных ребер из состояний S_i в состояния S_{ij} совпадет с найденным значением v_2 .

Если процесс оказался в состоянии S_{12} (рис. 2), то переход по ребру $R[S_{12}, S_{123}]$ из вершины S_{12} в вершину S_{123} возможен только при условии, когда очередное требование поступит в систему, окажется доступным третьему каналу и этот канал будет выбран для обслуживания. Математическое ожидание v_3^1 интенсивности появления этого события найдем с учетом вероятности v_3 передачи требования третьему каналу:

$$v_3^1 = I \cdot v_3 \quad (7)$$

При этом точка $A(x_1, x_2)$ поступившего требования (рис. 1) должна попасть в область значений признаков, доступных третьему каналу. Вероятность (v_3) передачи требования на обслуживание именно третьему каналу при условии занятости первого и второго найдется как сумма вероятностей попадания во все области третьего канала:

$$v_3 = Q_3 + Q_{13} + Q_{123} + Q_{23} = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_2 = \ell_1 + 2\ell_2 + \ell_3$$

Конечное значение аналогичных вероятностей для остальных ребер перехода из состояний S_{ij} в состояния S_{123} совпадет с найденным v_3 .

Состояния с одинаковым количеством (k) занятых каналов обслуживания определяют уровни графа. Количество состояний на каждом уровне равно числу сочетаний C_n^k . Общее количество состояний графа модели найдется как "множество-степень" [7, с. 349]:

$$N_{\partial y} = \sum_{k=0}^n C_n^k = 2^n$$

Далее используем правило баланса потоков переходов [8]. Обозначим вероятность каждого состояния графа модели строчной буквой (p_{ij}) с индексами, соответствующими состоянию: p_{ij} – для состояния S_{ij} .

Совокупность вероятностей k -го уровня графа ($k = 0, 1, 2, 3$) определяет искомую вероятность P_k занятости равно k каналов обслуживания:

$$P_0 = p; \quad P_1 = p_1 + p_2 + p_3; \quad P_2 = p_{12} + p_{13} + p_{23}; \quad P_3 = p_{123} \quad (8)$$

Разделим граф модели последовательностью вложенных контуров, как показано на рис. 2, и, воспользовавшись правилом баланса потоков [8], составим систему уравнений баланса потоков переходов:

$$\mu \cdot p_1 + \mu \cdot p_2 + \mu \cdot p_3 = 3v_1^1 \cdot p;$$

$$2\mu \cdot p_{12} + 2\mu \cdot p_{13} + 2\mu \cdot p_{23} = 2v_2^1 \cdot p_1 + 2v_2^2 \cdot p_2 + 2v_2^3 \cdot p_3;$$

$$3\mu \cdot p_{123} = v_3^1 \cdot p_{12} + v_3^2 \cdot p_{13} + v_3^3 \cdot p_{23}.$$

Полученные уравнения преобразуем с учетом равенств (5–7) и безразмерного коэффициента $\rho = 1/\mu$:

$$1\mu \cdot P_1 = 3v_1^1 \cdot P_0; \quad 1P_1 = P_0 \cdot 3 \cdot \rho \cdot v_1;$$

$$2\mu \cdot P_2 = 2v_2^1 \cdot P_1; \quad \rightarrow \quad 2P_2 = P_1 \cdot 2 \cdot \rho \cdot v_2;$$

$$3\mu \cdot P_3 = 1v_3^1 \cdot P_2; \quad 3P_3 = P_2 \cdot 1 \cdot \rho \cdot v_3.$$

Полученная закономерность запишется в общем виде:

$$k \cdot P_k = P_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot \rho \cdot v_k, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Выражения для финальных вероятностей определим в форме, близкой к формулам Эрланга [2]:

$$P_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k, \quad k = 1, \dots, n; \quad P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \cdot f_k \right)^{-1}; \quad \rho = \frac{I}{\mu} \quad (10)$$

Функции неполнодоступности f_k найдем, подставив формулы (10) в (9) и выполнив эквивалентные преобразования, и получим:

$$k \cdot \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k = \frac{\rho^{k-1}}{(k-1)!} \cdot P_0 \cdot f_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot \rho \cdot v_k;$$

$$f_k = \frac{\rho^{k-1}}{(k-1)!} \cdot f_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot \rho \cdot v_k \left(\frac{k!}{k \cdot \rho^k} \right) = f_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot v_k.$$

Функцию f_0 найдем из формулы (10) при условии $k = 0$:

$$P_0 = P_0 \cdot f_0; \quad \rightarrow \quad f_0 = 1.$$

Выражения для функций неполнодоступности f_k примут вид:

$$f_k = f_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot v_k; \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad f_0 = 1, \quad (11)$$

где

$$v_k = \sum_{j=1}^n \left(\ell_j \cdot \sum_{i=0}^{j-1} \frac{1}{C_{i+1}^1} \cdot C_{k-1}^{j-i-1} \cdot C_{n-k}^i \right), \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (12)$$

С целью проверки корректности полученного описания выполним асимптотический переход к полнодоступной системе массового обслуживания. Тогда в формулах (2–4) равны нулю все значения $N_m = 0$ и $\ell_m = 0$ для всех ($m < n$) групп приборов. Значение $N_n = N$ и $C_n^n = 1$, что согласно (4) приводит к равенству $\ell_n = 1$. Тогда сочетания в выражении (12) будут отличны от нуля только для $i = n - k$. При этом из (11) и (12) следует:

$$C_{k-1}^{k-1} = C_{n-k}^{n-k} = 1; \quad \rightarrow \quad v_k = \frac{1}{C_{n-k+1}^1}; \quad \rightarrow \quad f_k = 1; \quad k = 1, 2, \dots, n$$

В итоге формулы (10) автоматически преобразуются в известные формулы Эрланга [2], что свидетельствует в пользу корректности полученного аналитического описания финальных вероятностей в неполнодоступной многоканальной системе массового обслуживания с отказами.

При оценках вероятности обслуживания приходится учитывать возможность отказа не только в случае занятости всех каналов, но и в любом другом состоянии неполнодоступной системы обслуживания. Поэтому вероятность обслуживания следует искать с применением выражения для математического ожидания числа занятых каналов обслуживания ($M_{3k}^{ин}$) и абсолютной пропускной способности ($A^{ин}$) системы:

$$M_{3k}^{ин} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k; \quad A^{ин} = \mu \cdot M_{3k}^{ин}; \quad P_{обс}^{ин} = q = \frac{A^{ин}}{I}; \quad P_{отк}^{ин} = 1 - P_{обс}^{ин}.$$

В филиале частной поликлиники 22 дня в месяц с 9.00 до 15.00 ведут прием три врача-специалиста: хирург, вертебролог и невропатолог. Средняя стоимость консультации составляет 45 грн. ($C_1 = 45$). По данным регистратуры в прошлом месяце в филиал за консультацией обратилось 445 человек ($N_0 = 445$), из которых 15 сразу были направлены в медицинские учреждения другого профиля, еще часть пациентов столкнулась с ситуацией, когда нужный врач-специалист филиала оказался занятым, и пациенты решили обратиться в другую поликлинику. Количество пациентов (N_m), которые в соответствии с симптомами-жалобами могли обратиться к одному или к нескольким (m) врачам филиала по выбору, а также количество принятых пациентов каждым врачом филиала и израсходованное время представлены в табл. 1. Месячная оплата труда врача в филиале составляет 1 080 грн.

Нужно оценить полезность увеличения количества врачей в данном филиале с учетом месячного дохода (D_x) филиала поликлиники.

Решение. Составим формульную схему алгоритма расчетов (табл. 2):

$$Т_{р.ч.ас} / мес = N_{р.аб.ч.ас} / 1 дн \cdot N_{р.аб.дн} / мес = 132 часа.$$

$$T_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n T_i = \frac{10369}{286} = 36,26; \quad \mu = \frac{60}{T_{cp}} = 1,655;$$

$$I = \frac{N_0}{T_{р.аб.ч.ас} / мес} = \frac{445}{132} = 3,37.$$

$$q_m = \frac{N_m}{N_0}; \quad \ell_m = \frac{N_m}{N_0 \cdot C_n^m} = \frac{q_m}{C_n^m}; \quad \rho = \frac{I}{\mu}; \quad v_1 = \ell_1 + \ell_2 + \frac{1}{3} \ell_3;$$

$$v_2 = \ell_1 + \frac{3}{2} \ell_2 + \frac{1}{2} \ell_3; \quad v_3 = \ell_1 + 2\ell_2 + \ell_3; \quad f_0 = 1; \quad f_k = f_{k-1} \cdot C_{n-k+1}^1 \cdot v_k;$$

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} \cdot f_k \right)^{-1}; \quad P_k = \frac{\rho^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k, \quad k = 1, \dots, n.$$

Таблица 1

Исходные и промежуточные данные для расчетов

Врач-специалист	Прием пациентов				Промежуточные данные расчетов			
	Количество, чел.	Затраты времени на прием (T _i), минут	Доступн. врачей					
			m	N _m	q _m	C _n ^m	l _m	
Хирург	120	3 900	0	15	0,0337	1	—	
Вертебролог	77	2 464	1	255	0,5730	3	0,1910	
Невропатолог	89	4 005	2	150	0,3371	3	0,1124	
Нет спец. (отказ)	15	0	3	25	0,0562	1	0,0562	
<i>Всего</i>	301	10 369	N₀ = 445	1	V = 1,4157			
Итого обслуж. (N)	286	T_{обс}, мин./пациен. = 36,26	ρ = 2,037	f₀ = 1				
N раб. дн/мес	22	μ, пациент./час = 1,655	v_г = 0,3221	f_г = 0,9663				
N раб. час/1дн	6	I, пациентов/час = 3,371	v_с = 0,3876	f_с = 0,7491				
T раб. час/мес	132	Стоим. 1 конс., грн. = 45	v_з = 0,4719	f_з = 0,3535				

Таблица 2

Расчетные значения параметров работы существующего варианта филиала поликлиники

k	ρ ^k /k!	f _k · ρ ^k /k!	P _k	P _k ^{Эрл}	M _{отк} ^{Эрл} = 1,3088	A ^{Эрл} = 2,1660	P _{отк} ^{Эрл(4)}
0	1	1	0,1992	0,1534	P_{отк}^{Эрл} = 0,6425	P_{отк}^{Эрл} = 0,3575	0,1382
1	2,0371	1,9684	0,3920	0,3124	N_{отк}^{Эрл} = 286	N_{отк}^{Эрл} = 159	0,2814
2	2,0748	1,5544	0,3096	0,3182	K_с = 0,8196	Дх, грн. = 12866	0,2866
3	1,4089	0,4981	0,0992	0,2161	P_{отк}^{Эрл} = 0,7839	N_{отк}^{Эрл} = 349	0,1946
4	0,7175	P_{отк}^{Эрл(4)} = 0,738	N_{отк}^{Эрл(4)} = 329	Дх(4), грн. = 14785	0,0991		

Стаття надійшла до редакції 6.06.2007 р.

$$M_{отк}^{Эрл} = \sum_{k=0}^n k \cdot P_k; A^{Эрл} = \mu \cdot M_{отк}^{Эрл}; P_{отк}^{Эрл} = q = \frac{A^{Эрл}}{I}; P_{отк}^{Эрл} = 1 - P_{отк}^{Эрл}$$

$$N_{отк}^{Эрл} = N_0 \cdot P_{отк}^{Эрл}; N_{отк}^{Эрл} = N_0 \cdot P_{отк}^{Эрл}; Дх = N_{отк}^{Эрл} \cdot C_1$$

Результаты расчетов представим в табл. 3, откуда следует:
 1) использование полнодоступной модели Эрланга дает заметно завышенные оценки эффективности (табл. 2, вторая строка снизу) – вероятности обслуживания (P_{отк}^{Эрл} = 0,7839; P_{отк}^{Эрл} = 0,6425) на величину ΔP_{отк}^{Эрл} = 0,14 и дохода – на 2 832 грн. Погрешность составляет 22% относительно более точной полнодоступной модели;
 2) при более точном анализе прирост дохода (табл. 3, ΔДх = 2 167 грн.) также заметно превышает месячную зарплату (1 080 грн.) врача-хирурга, что при неизменных постоянных затратах на работу филиала поликлиники делает приглашение дополнительного врача-хирурга обоснованным.

Таблица 3

Расчетные значения параметров работы перспективного (+1 хирург) варианта филиала поликлиники (n = 4)

m	N _m	q _m	C _n ^m	l _m	k	v _k	f _k	ρ ^k /k!	f _k · ρ ^k /k!	P _k
0	15	0,0337	1	—	0	0	1	1	1	0,1723
1	135	0,3034	4	0,0758	1	0,2416	0,9663	2,0371	1,9684	0,3391
2	270	0,6067	6	0,1011	2	0,2968	0,8604	2,0748	1,7853	0,3076
3	25	0,0562	4	0,0140	3	0,3567	0,6139	1,4089	0,8649	0,1490
M_{отк}	0	0	1	0	4	0,4213	0,2587	0,7175	0,1856	0,0320
1,529	A = 2,53	P_{отк}^{Эрл} = 0,75	N_{отк}^{Эрл} = 334	Дх, грн. = 15033	ΔДх, грн. = 2167					

Для управления микроэкономическими системами с неполной доступностью каналов обслуживания впервые получено точное аналитическое описание стационарного режима полнодоступной многоканальной системы массового обслуживания с отказами, позволяющее решать проблему прогноза эффективности работы соответствующих микроэкономических систем. Полученное описание при вырождении полнодоступной системы массового обслуживания в полнодоступную асимптотически переходит в известные формулы Эрланга, что свидетельствует в пользу корректности.

Сложность формул точных расчетов определяет необходимость поиска более простых расчетных соотношений, что определяет направления дальнейших исследований.

Литература: 1. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / Под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Физматгиз, 1963. – 236 с. 2. Новиков О. А. Прикладные вопросы теории массового обслуживания / О. А. Новиков, С. И. Петухов. – М.: Сов радио, 1972. – 400 с. 3. Корнышев Ю. Н. Теория телетрафика: Учебник для вузов / Ю. Н. Корнышев, А. П. Пшеничников, А. Д. Харкевич. – М.: Радио и связь, 1996. – 276 с. 4. Крылов В. В. Теория телетрафика (Основы теории систем массового обслуживания для задач телекоммуникаций). – Н. Новгород: НГТУ, 2000. – 216 с. 5. Теория телетрафика. – М.: Связь, 1971. – 292 с. 6. Башарин Г. П. Об аналитическом определении и методах вычисления вероятности потерь в коммутационных схемах // Проблемы передачи информации. – 1961. – Вып. 9. 7. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами): Підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. – Харків: Вид. НУА, 2005. – 384 с. 8. Городнов В. П. Модель системы массового обслуживания с отказами и с неординарным входным потоком // Вісник Харківського національного університету. №733. Серія "Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління". – 2006. – Вип. 6. – С. 92 – 105.

УДК 681.3.1

Євсєєв О. С.
Гравовський Є. М.

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ВЗАЄМОДІЇ КОРИСТУВАЧА З ЕЛЕКТРОННИМ МУЛЬТИМЕДІЙНИМ ВИДАННЯМ

In article the methodic to conceptual designing the interface of interaction of the user with the electronic multimedia edition on the basis of the account of leading tendencies of communication technologies development is offered.

Динамічний розвиток сучасних інформаційних технологій створив широкі можливості проектування й використання систем дистанційного навчання в повсякденній освітній практиці. У свою чергу, однією з центральних ланок дистанційних систем навчання виступають електронні мультимедійні видання. Ефективне управління дистанційним навчанням припускає наявність чітко продуманого й логічно організованого сценарію взаємодії користувача з електронним мультимедійним виданням.

Завдання розробки сценарію взаємодії користувача з електронним мультимедійним виданням вирішується в Україні в рамках пріоритетного науково-технічного напрямку "Нові комп'ютерні засоби й технології інформатизації суспільства" [1].

У дослідженнях [2 – 5] пропонується визначення поняття "електронні мультимедійні видання", аналізуються особливості