МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ РАБОТЫ ВРАЧА

И. А. Тогунов, В. Г. Прокошев, К. В. Демидов, С. В. Рощин (Владимир)

Создание высокоэффективной системы оплаты медицинской помощи всегда было и остается одной из важнейших проблем управления здравоохранением.

Для решения большинства задач системы маркетинга медицинских услуг, в частности, задачи по разработке и апробации критериев и способов оптимального сочетания видов оплаты врачебной медицинской помощи, в данном сообщении представлено прикладное применение методов имитационного моделирования в социальной сфере с использованием стандартного пакета прикладных программ iThink.

Использование информационных технологий системы ОМС территориального уровня, их экспертная оценка, разработка математической модели, применение элементов нечеткой логики и проведение имитационного моделирования позволили решить одну из задач оптимизации финансирования в элементарной модели, условно названной: «один врач – несколько болезней».

В настоящей статье раскрыта технология математического программирования в построении имитационной модели. Приведены лишь основные позиции впервые развиваемого нами подхода.

Методика финансирования ЛПУ, работающего по принципу «один врач – много болезней», заложенная в модель, предполагает комбинированный вариант оплаты работы врача, оплаты по врачебным посещениям и по случаям медицинского обслуживания.

Оплата труда врача производится в зависимости от тарифа посещения больным врача до момента выздоровления.

Так, оплата труда врача при лечении больных с «*первым диагнозом*» производится по следующей схеме:

– если количество посещений врача больным с первым диагнозом находится в интервале от 0% до 50% от предусмотренного стандартом на случай медицинского обслуживания для первой болезни, то врач получает ***Число_визитов***$\cdot T_1$, где параметр ***Число_визитов*** определяет количество посещений врача данным больным с первым диагнозом;

– если больной пролечен за количество посещений, находящееся в интервале от 50% до 100% от стандарта, то врач получает B_1 ($B_1 = T_1 \cdot S_1$);

– если количество посещений врача больным находится в интервале от 100% до 150% от установленного стандартом на случай медицинского обслуживания, то врач получает B_1+***Превышение_в_числе_визитов_над_стандартом***$\cdot T_1 \cdot 0.5$;

– если количество посещений находится в интервале от 150% и выше относительно стандарта, то врач получает $K \cdot B_1$, где K – параметр, определяемый на основе экспертных оценок; в модели $K=0{,}5$.

Для оплаты работы врача при лечении больных с i-м диагнозом ($i=2,\dots,N$) применяется следующая схема (аналогичная предыдущей):

– если количество посещений врача больным находится в интервале от 0% до 50% от предусмотренного стандартом на случай медицинского обслуживания для i-й болезни, то врач получает ***Число_визитов***$\cdot T_i$; параметр ***Число_визитов*** определяет количество посещений врача данным больным с i-м диагнозом;

– если больной пролечен за количество посещений, находящееся в интервале от 50% до 100% от стандарта, то врач получает B_i. Здесь $B_i = T_i \cdot S_i \cdot K_s^i$, где параметр K_s^i –

коэффициент сложности, позволяющий учесть в оплате врача проблемы лечения больного с более сложным по отношению к «*первому*» *i*-м диагнозом;

– если количество посещений врача больным находится в интервале от 100% до 150% от установленного стандартом на случай медицинского обслуживания, то врач получает :

B_i+***Превышение_в_числе_визитов_над_стандартом***$\cdot T_i \cdot 0{,}5$;

– если количество посещений находится в интервале от 150% и выше относительно стандарта, то врач получает $K \cdot B_i$, где K – параметр, определяемый на основе экспертных оценок; в модели $K=0{,}5$.

Введем массив $X=\{x_0, x_1, \ldots, x_4\}$, который представляет собой набор из пяти вещественных параметров, причём $0=x_0 \le x_1 \le x_2 \le x_3 \le x_4$.

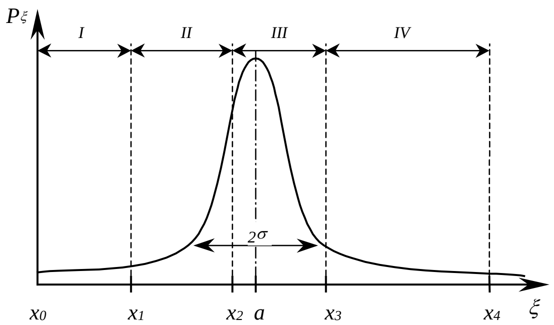

Рис. 1. График функции распределения случайной величины ξ

В соответствии с приведёнными выше методиками финансирования имеет смысл для случайной величины ξ, введённой ранее, выделить четыре области её значений (см. Рис.1.):

$[x_0, x_1]$; II. $[x_1, x_2]$; III. $[x_2, x_3]$; IV. $[x_3, x_4]$.

Будем говорить, что больной попал в I группу, если соответствующее значение ξ принадлежит отрезку $[x_0, x_1]$, во II, если $\xi \in [x_1, x_2]$, в III, если $\xi \in [x_2, x_3]$, в IV, если $\xi \in [x_3, x_4]$.

Границы групп в реальной модели iThink определены следующим образом: x_0=0; x_1=0,5; x_2=1; x_3=1,5; x_4=3. В идеальном случае значение x_4 должно стремиться к бесконечности, однако, в связи с тем, что функция распределения вероятности случайной величины ξ уже при значении ξ=3 очень мала, при моделировании работы врача достаточно ограничиться для параметра ξ значением 3.

Стоит ещё раз особо подчеркнуть тот факт, что в данной математической модели функционирования ЛПУ случайная величина ξ описывает работу врача одновременно для процесса лечения больных со всеми N диагнозами.

Суммарная оплата работы врача, включающая лечение пациентов со всеми N диагнозами, в рамках предложенной методики финансирования вычисляется по следующей формуле:

$$F = \min\{F_{\max}, \sum_{i=1}^{N} F_i\},$$

где F – оплата труда врача, получаемая ЛПУ за один месяц, F_{max} – величина максимально возможной оплаты труда врача за месяц, F_i – оплата за лечение больных с i-м диагнозом, вычисляемая в соответствии с изложенной выше методикой.

Собственно математическая модель системы «Один врач – несколько болезней»

В предлагаемом варианте решения поставленной задачи моделируется развитие ситуации в лечебно-профилактическом учреждении от месяца к месяцу за 4-х летний период (48 месяцев).

Для изложения математической модели ЛПУ введём следующие обозначения:

– E – максимальное число визитов пациентов, которое может обслужить данный врач за месяц;

– T_i – тариф на одно посещение больного с i-м диагнозом, $i=1,\ldots,N$;

– B_i – величина оплаты работы врача при попадании пациента с i-м диагнозом в I группу, $i=1,\ldots,N$;

– $P_{i,n}$ – число пациентов с i-м диагнозом в n-м месяце, $i=1,\ldots,N$;

– F_n – величина финансирования ЛПУ в n-м месяце;

– $Q_{I,n}$, $Q_{II,n}$, $Q_{III,n}$, $Q_{IV,n}$ – доли от общего количества больных в n-м месяце, попадающих в I, II, III и IV группы соответственно (для всех диагнозов);

– $p_{I,n}$, $p_{II,n}$, $p_{III,n}$, $p_{IV,n}$ – средние значения долей от стандарта на посещения в n-м месяце для I, II, III и IV групп соответственно (для всех диагнозов);

– S_i – количество посещений, отводимое по стандарту на лечение i-й болезни, $i=1,\ldots,N$;

– a_n, σ_n – параметры качества работы врача в n-м месяце.

Отметим, что параметры $P_{i,n}$ ($i=2,\ldots,N$) – количество пациентов с i-м диагнозом в n-м месяце связаны с количеством больных в n-м месяце с «*первым диагнозом*» ($i=1$) следующим соотношением:

$$P_{i,n} = K_p^i \cdot P_{1,n},$$

где параметр K_p^i является элементом массива вещественных значений

$$K_p = \{K_p^1, K_p^2, \ldots, K_p^N\}, \text{ причем } K_p^1 = 1.$$

По сути дела, параметр K_p^i – это отношение количества больных с «*первым диагнозом*» к числу больных с i-м диагнозом. Коэффициенты K_p^i определяются статистически для каждого конкретного ЛПУ. Очевидно, что на значение K_p^i, $i=1,\ldots,N$ решающее влияние оказывает возрастно-половой состав пациентов, обусловленный местоположением данного ЛПУ.

Итак, пусть плотность вероятности случайной величины ξ– «*доля стандарта на количество посещений, приходящаяся на конкретного больного*» в n-м месяце определяется формулой:

$$f_{\xi,n}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_n} \cdot e^{-\frac{(x-a_n)^2}{2\sigma_n^2}},$$

где (a_n, σ_n^2) – параметры, характеризующие качество работы врача в n-ом месяце (см. выше).

Тогда доли пациентов $Q_{I,n}$, $Q_{II,n}$, $Q_{III,n}$, $Q_{IV,n}$ от общего количества в n-м месяце, попадающих в I, II, III и IV группы соответственно вычисляются следующим образом (без учёта условия нормировки)[1]:

$$\tilde{Q}_{I,n} = \int_{x_0}^{x_1} f_{\xi,n}(x)\,dx,$$

$$\tilde{Q}_{II,n} = \int_{x_1}^{x_2} f_{\xi,n}(x)\,dx,$$

$$\tilde{Q}_{III,n} = \int_{x_2}^{x_3} f_{\xi,n}(x)\,dx,$$

$$\tilde{Q}_{IV,n} = \int_{x_3}^{x_4} f_{\xi,n}(x)\,dx.$$

Как упоминалось выше, случайная величина ξ, определена и на отрицательной части вещественной оси. Это вносит некоторые искажения (хотя и крайне малые) в результаты моделирования.

Для того, чтобы избежать рассмотрения отрицательных значений параметра ξ, введём в модель нормировочный коэффициент Q_s, который вычисляется по следующей формуле:

$$Q_s = \left(\int_{x_0}^{x_4} f_{\xi,n}(x)\,dx \right)^{-1}.$$

С учётом внесённых изменений параметры $Q_{I,n}$, $Q_{II,n}$, $Q_{III,n}$, $Q_{IV,n}$ будут вычисляться по следующим формулам:

$$Q_{I,n} = Q_s \cdot \tilde{Q}_{I,n},\ Q_{II,n} = Q_s \cdot \tilde{Q}_{II,n},\ Q_{III,n} = Q_s \cdot \tilde{Q}_{III,n},\ Q_{IV,n} = Q_s \cdot \tilde{Q}_{IV,n}.$$

Тем самым удаётся добиться выполнения условия нормировки:

$$Q_{I,n} + Q_{II,n} + Q_{III,n} + Q_{IV,n} = 1.$$

Средние значения долей от стандарта на посещения $p_{I,n}$, $p_{II,n}$, $p_{III,n}$, $p_{IV,n}$ в n-м месяце для I, II, III и IV групп соответственно вычисляются по формулам:

$$p_{I,n} = \int_{x_0}^{x_1} x \cdot \frac{f_{\xi.n}(x)}{\tilde{Q}_{I,n}}\,dx,$$

$$p_{II,n} = \int_{x_1}^{x_2} x \cdot \frac{f_{\xi.n}(x)}{\tilde{Q}_{II,n}}\,dx,$$

$$p_{III,n} = \int_{x_2}^{x_3} x \cdot \frac{f_{\xi.n}(x)}{\tilde{Q}_{III,n}}\,dx,$$

$$p_{IV,n} = \int_{x_3}^{x_4} x \cdot \frac{f_{\xi.n}(x)}{\tilde{Q}_{IV,n}}\,dx.$$

[1] В модели iThink вычисление интегралов производится методом прямоугольников.

Основными переменными модели функционирования ЛПУ являются введённые ранее: F_n, $P_{i,n}$, a_n, σ_n^2, где $i=1,\ldots,N$; n – порядковый номер месяца ($n=1,\ldots,48$).

Между перечисленными переменными предполагаются следующие функциональные зависимости:

$$F_n = g_1(a_{n-1}, \sigma^2_{n-1}, P_{1,n-1}, ..., P_{N,n-1}),$$

то есть, величина финансирования на текущий месяц определяется по характеристикам качества работы врача и числу пациентов в предыдущем месяце;

$$a_n = g_2(F_n),$$
$$\sigma^2_n = g_3(F_n),$$

то есть, характеристики качества работы врача в текущем месяце определяются в зависимости от объёма финансирования в этом же месяце;

$$P_{1,n} = g_4(a_n, \sigma^2_n),$$
$$P_{i,n} = K_p^i \cdot P_{1,n}, \quad i = 2,...,N,$$

то есть, количество пациентов, принимаемых врачом в текущем месяце, определяется по характеристикам качества работы в том же месяце.

Таким образом, временная цепочка значений параметров F_n, $P_{i,n}$, a_n и σ_n^2 ($i=1,\ldots,N$) определяется следующим образом: достаточно произвольно задаться значениями F_0, $P_{i,0}$, a_0 и σ_0^2 ($i=1,\ldots,N$), после чего вычисляется последовательность значений параметров:

$$(a_0, \sigma^2_0, P_{1,0}, ..., P_{N,0}) \to F_1 \to (a_1, \sigma^2_1, P_{1,1}, ..., P_{N,1}) \to F_2 \to \ldots$$

Конкретный вид функциональных зависимостей g_1, g_2, g_3, g_4 (см. выше) определяется в соответствии с изложенной выше методикой оплаты работы врача.

Зависимость g_1 имеет вид:

$$F_n = \min\{\sum_{i=1}^{N} F_{i,n}, F_{\max}\},$$

где

$$F_{i,n} = Q_{I,n-1} \cdot P_{i,n-1} \cdot p_{I,n-1} \cdot S_i \cdot T_i + Q_{II,n-1} \cdot P_{i,n-1} \cdot B_i +$$
$$+ Q_{III,n-1} \cdot P_{i,n-1}[B_i + (p_{III,n-1}) \cdot S_i \cdot T_i \cdot 0{,}5] + Q_{IV,n-1} \cdot P_{i,n-1} \cdot K \cdot B_i,$$

где

$$T_i = K_v^i \cdot T_1,$$
$$B_i = K_s^i \cdot T_i \cdot S_i.$$

Как уже упоминалось выше, вид зависимостей g_2, g_3 следующий:

$$a_n = \frac{F_n \cdot (a_1 - a_2) + a_2 \cdot F_{\max} - a_1 \cdot F_{cp}}{F_{\max} - F_{cp}},$$

$$\sigma_n^2 = \frac{F_n \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) + \sigma_2 \cdot F_{\max} - \sigma_1 \cdot F_{cp}}{F_{\max} - F_{cp}}.$$

Так как существует ограничение на максимально возможное число посещений E, которое может обслужить данный врач в течение месяца, справедливо соотношение:

$$E = \left[\sum_{i=1}^{N} P_{i,n} \cdot S_i\right] \cdot [Q_{I,n} \cdot p_{I,n} + Q_{II,n} \cdot p_{II,n} + Q_{III,n} \cdot p_{III,n} + Q_{IV,n} \cdot p_{IV,n}] \ ,$$

где $P_{i,n} = K_p^i \cdot P_{1,n}$.

Отсюда следует вид зависимости g_4:

$$P_{1,n} = \frac{E}{\sum_{k=1}^{N} K_p^k S_k \cdot \sum_{j \in \{I,II,III,IV\}} Q_{j,n} p_{j,n}},$$

откуда следует:

$$P_{i,n} = \frac{K_p^i \cdot E}{\sum_{k=1}^{N} K_p^k S_k \cdot \sum_{j \in \{I,II,III,IV\}} Q_{j,n} p_{j,n}}.$$

Реализация предлагаемой математической модели функционирования ЛПУ осуществлена средствами системы структурного моделирования iThink Analyst v4.0.2 фирмы High Performance Systems, Inc.