

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО СТАЦИОНАРА

А.И. Максимов

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, 3
E-mail: MaksimovAI@sklif.mos.ru

В.А. Молодов

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, 3
E-mail: MolodovVA@sklif.mos.ru

Е.В. Кислухина

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, 3
E-mail: KislukhinaEV@sklif.mos.ru

В.А. Васильев

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, 3
E-mail: VasilievVA@sklif.mos.ru

Н.А. Карасев

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
Россия, 129090, Москва, Большая Сухаревская площадь, 3
E-mail: KarasevNA@sklif.mos.ru

Ключевые слова: имитационное моделирование, многопрофильный медицинский стационар, организация медицины, управление ресурсами в сложных системах

Аннотация: В докладе рассматриваются возможности оценки необходимого ресурсного обеспечения многопрофильного медицинского стационара. На примере расчета количественного соотношения реанимационных и госпитальных коек сопоставляются возможности оценки ресурсного обеспечения аналитическим методом и методом имитационного моделирования.

1. Введение

Крупные многопрофильные медицинские стационары представляет собой сложные системы, для которых в числе управленческих задач важную роль играют задачи управления ресурсами. Среди подходов к оценке оптимального количества ресурсов для многопрофильных медицинских стационаров (оборудование, персонал, помещения, и т. д.) можно выделить два основных подхода – аналитический и экспериментальный. Первый из них базируется на использовании аналитических расчетов, второй подход

предполагает использование методов имитационного моделирования. Сравнение возможностей указанных подходов можно провести на примере оценки потребности медицинского учреждения в одном из наиболее важных и дорогостоящих ресурсов – в необходимом количестве реанимационных коек.

2. Аналитический подход

Аналитический подход базируется на теории массового обслуживания, где для описания подобных систем вводятся следующие понятия:

1) коэффициент обеспеченности (K_o), т. е. та доля фактической потребности в реанимационных койках, которая может быть удовлетворена;

2) коэффициент использования (K_u), т. е. доля времени, в течение которого эти койки используются по своему прямому назначению.

Для расчета этих коэффициентов необходимо задавать вероятность (p) запроса на требуемый ресурс. Эта априорная вероятность может быть определена из опыта работы исследуемого учреждения как отношение койко-дней на реанимационных и клинических койках. В таблице 1 приведены данные, обобщающие некоторые результаты (показатели) опыта работы НИИ СП им. Н. В. Склифосовского за 2011–2016 гг.

Таблица 1. Некоторые показатели клинической практики НИИ СП им. Н. В. Склифосовского.

Койко-дни	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Клинические	322269	314914	325161	340739	345081	319071
Реанимационные	37915	40515	40996	45213	54068	51730
Вероятность (p)	0.12	0.13	0.13	0.13	0.16	0.16
Клинические койки	998	974	974	974	944	950
Реанимационные койки	126	132	132	132	132	132

Расчеты выполняются по следующей схеме. Для отделения на n коек вероятность того, что r больным потребуется реанимационная койка, будет иметь биномиальное распределение [1]:

$$p_r = \binom{n}{r} p^r (1-p)^{n-r},$$

а среднее число таких коек равно np . Пусть у нас имеется N реанимационных коек. Тогда среднее число занятых реанимационных коек равно

$$S = \sum_{r=0}^N r p_r + \sum_{r=N+1}^n N p_r$$

Первый член суммы – число больных в те дни, когда спрос может быть удовлетворен полностью, а второй относится к случаям, когда спрос превышает предложение. Коэффициенты обеспеченности (K_o) и использования (K_u) рассчитываются по следующим формулам:

$$K_o = S/np; K_u = S/N.$$

Коэффициенты K_o и K_u обратно пропорциональны, т. е. при увеличении одного уменьшается другой. Таким образом, при вычислении наилучшего числа реанимационных коек следует исходить из наиболее оптимального соотношения между этими коэффициентами. В таблице 2 приведены результаты расчетов для НИИ СП за 2011–2016 гг.

Таблица 2. Результаты аналитических расчетов для НИИ СП за 2011–2016 гг.

Год	Реальное число реаним. коек	Вероятность запроса ресурса	Число госпит. коек	Расчетное число реан. коек	
				мин.	макс.
2011	126	0.12	998	120	126
2012	132	0.13	974	126	135
2013	132	0.13	974	126	135
2014	132	0.13	974	128	138
2015	132	0.16	944	140	150
2016	132	0.16	950	140	150

Как видно из таблицы, вероятность запроса и, соответственно, рассчитанное по описанной выше методике число необходимых реанимационных коек год от года в целом возрастает.

3. Имитационное моделирование

Другой подход к решению данной задачи, базирующийся на использовании имитационного моделирования, предполагает использование некоторого инструментария построения имитационной модели. Одним из достаточно удобных подобных инструментальных средств является среда AnyLogic. В блок-схеме построенной модели, включающей в себя базовые функциональные блоки инструментальной среды имитационного моделирования, отражены основные особенности организационных процессов медицинского стационара с точки зрения разделения реанимационных и госпитальных потоков пациентов (рис. 1).

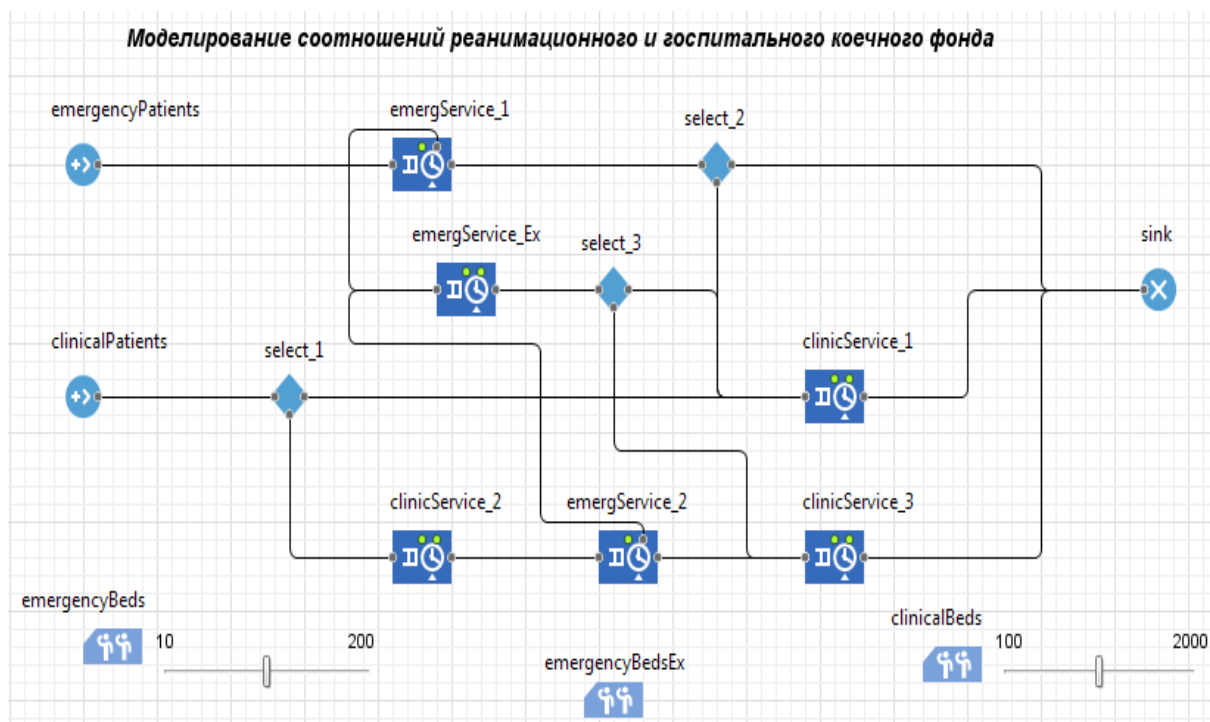


Рис. 1. Модель оценки соотношения реанимационного и госпитального коечного фонда.

Обобщенные результаты проведенных имитационных экспериментов представлены в таблице 3. Число госпитальных коек не изменялось и соответствовало реальному числу госпитальных коек стационара. Число реанимационных коек изменялось в диапазоне от 120 до 150.

Таблица 3. Результаты имитационных экспериментов.

Число реанимационных коек	Число госпитальных коек	Среднее число дополнительных реаним. коек
120	950	18.3
130	950	12.1
140	950	3.7
150	950	0

Как видно из таблицы, результаты моделирования последней серии экспериментов показывают, что при данном соотношении исследуемых параметров дополнительных реанимационных коек не потребовалось.

Кроме того, в отличие от аналитического подхода, применение имитационного моделирования позволяет учесть одну важную особенность – неравномерность потока поступления заявок, что дает возможность оценки пиковых нагрузок.

Гистограмма рис. 2, отражающая результаты одной из серий имитационных экспериментов, достаточно наглядно иллюстрирует данное положение. Как видно из гистограммы, в моменты пиковых нагрузок потребность дополнительных коек может существенно отличаться от потребности вне критических ситуаций.

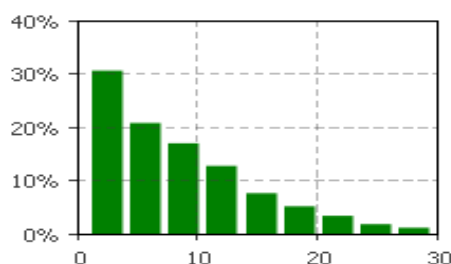


Рис. 2. Плотность вероятности количества дополнительных реанимационных коек.

4. Заключение

Сравнение результатов применения рассмотренных подходов к оценке ресурсного обеспечения медицинского стационара показало, что в рамках данной задачи рассмотренные подходы сопоставимы по своим прогностическим возможностям. Преимущество аналитического подхода заключается в безусловной простоте его применения, т.к. данный подход не требует наличия специализированных инструментальных средств. Главным же преимуществом имитационного моделирования является возможность учета неравномерности потока поступления заявок, что позволяет осуществить оценку пиковых нагрузок. Кроме того, следует отметить, что современные инструментальные средства построения имитационных моделей в сравнении с возможностями аналитических методов предоставляют более богатые возможности исследования поведения моделируемой системы, позволяя детальнее учитывать ее организационные особенности, точнее представить специфику входных данных и полнее отобразить результаты моделирования.