

**УДК 519.863**  
**ББК 65.050.03**  
**С 84**

**Е.Д. Стрельцова**

*Доктор экономических наук, профессор кафедры электронных вычислительных машин Южно-Российского государственного технического университета, г. Новочеркасск. Тел.: (8635) 25 55 74.*

**М.О. Яблонская**

*Ассистент кафедры электронных вычислительных машин Южно-Российского государственного технического университета, г. Новочеркасск. Тел.: (8635) 25 55 74, e-mail: kovaleva-marina@list.ru.*

**О.Ф. Ковалев**

*Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электронных вычислительных машин Южно-Российского государственного технического университета, г. Новочеркасск. Тел.: (8635) 25-55-74, e-mail: ofk@mail.ru.*

## **Комплекс экономико-математических моделей оценки качества управления информационными ресурсами**

*(Рецензирована)*

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме повышения качества услуг в библиотеках вуза. Для решения задачи используется комплекс экономико-математических моделей при управлении информационными библиотечными ресурсами. Предложен подход к принятию решений по управлению процессом обслуживания читателей, базирующийся на использовании имитационной модели и проведении на ее основе полного факторного эксперимента. Оптимизация управляющих решений относительно критериев качества услуг осуществлена посредством создания модели на основе теории игр, применение которой позволяет решить задачу оптимизации с противоречивыми целевыми функциями.

**Ключевые слова:** показатели качества услуг, оптимизация, библиотека вуза, экономико-математическая модель.

**E.D. Streltsova**

*Doctor of Economics, Professor of Department of Electronic Computational Devices, South-Russian State Technical University, Novocherkassk. Ph.: (8635) 25 55 74.*

**M.O. Yablonskaya**

*Assistant Lecturer of Department of Electronic Computational Devices, South-Russian State Technical University, Novocherkassk. Ph.: (8635) 25 55 74, e-mail: kovaleva-marina@list.ru.*

**O.F. Kovalev**

*Doctor of Technic Sciences, Professor, Head of Department of Electronic Computational Devices, South-Russian State Technical University, Novocherkassk. Ph.: (8635) 25 55 74, e-mail: ofk@mail.ru.*

## **A complex of economic-mathematical models of evaluation of quality of informational resource control**

**Abstract.** The paper discusses improvement of the quality of services in the university libraries. To solve the problem the complex of mathematical economic models is used to manage information library resources. An approach is offered to make decisions on management of

reader services based on the use of a simulation model for conducting a full factorial experiment. Optimization of management decisions on the criteria for quality of services is performed by creating a model basing on game theory. The use of this model allows us to solve the optimization problem with conflicting objective functions.

**Keywords:** service quality indicators, optimization, higher school library, economic-mathematical model.

Результаты исследований библиотечных услуг показали, что понятие их «качества» отражает целый комплекс социальных и экономических аспектов библиотечной деятельности, находящихся в единстве. Эти аспекты нельзя рассматривать обособленно, их необходимо исследовать во взаимосвязи, как комплекс взаимодействующих сторон деятельности.

При определении критериев, отражающих социально-значимый характер библиотечной деятельности, следует использовать показатели, отражающие степень активности работы библиотеки с посетителями. Следует также ограничить число этих показателей и обратить внимание на их информативность.

Авторами статьи предложено рассматривать систему показателей  $P$ , характеризующих библиотечную деятельность:

$$P = \langle P_1, P_2, P_3, P_4 \rangle,$$

где:

1. Показатель неравномерности загрузки мест обслуживания  $P_1$  (должен стремиться к минимуму):

$$P_1 = \sum_{i=1}^n (1 - k_{1i}), \text{ где } k_{1i} - \text{коэффициент загрузки библиотекарей.}$$

2. Среднее время нахождения в очереди  $P_2$ :

$$P_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{2i}, \text{ где } k_{2i} - \text{время нахождения в очереди всех посетителей.}$$

3. Отклонение длины очереди от заданной длины  $P_3$ :

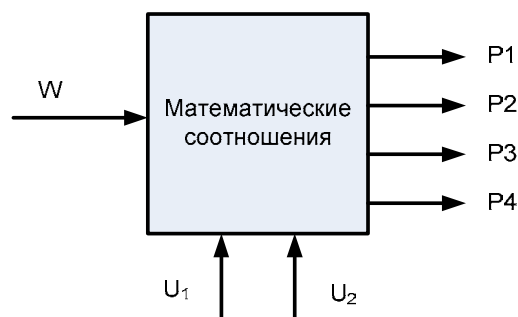
$$P_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (k_{3i} - 5)^2, \text{ где } k_{3i} - \text{средняя длина очереди.}$$

4. Суммарная заработная плата  $P_4$ :

$$P_4 = \sum_{i=1}^n k_{4i}, \text{ где } k_{4i} - \text{средняя заработная плата.}$$

Значения коэффициентов  $k_i, i = \overline{1,4}$  рассчитываются в имитационной модели, которая была ранее опубликована в [1].

Предложенные автором показатели позволяют дать количественную оценку качеству обслуживания. Задача управления библиотечной деятельностью на основе использования системы показателей  $P$  схематично представлена черным ящиком (рис. 1).



**Рисунок 1. Задача управления библиотечной деятельностью вуза**

В роли входных переменных выступает поток читателей  $W$ . Выходами системы являются показатели качества  $P = \langle P_1, P_2, P_3, P_4 \rangle$ . В роли управляющих переменных рассматривается вектор  $U = \langle U_1, U_2 \rangle$ , где  $U_1$  – количество точек обслуживания читателей конкретного отдела библиотеки,  $U_2$  – квалификационный уровень библиотекарей. Для учета квалификационных уровней авторами разработана шкала квалификационных уровней. Но в данной статье не ставится вопрос описания этой шкалы. Акцент исследования поставлен на описании методов и моделей, позволяющих проводить анализ качества обслуживания читателей.

Задача управления ставится следующим образом: при заданном потоке читателей найти такое значение входных управляемых переменных  $U$ , из множества допустимых значений  $U_D$ , при котором критерий качества  $P$  достигает оптимума:

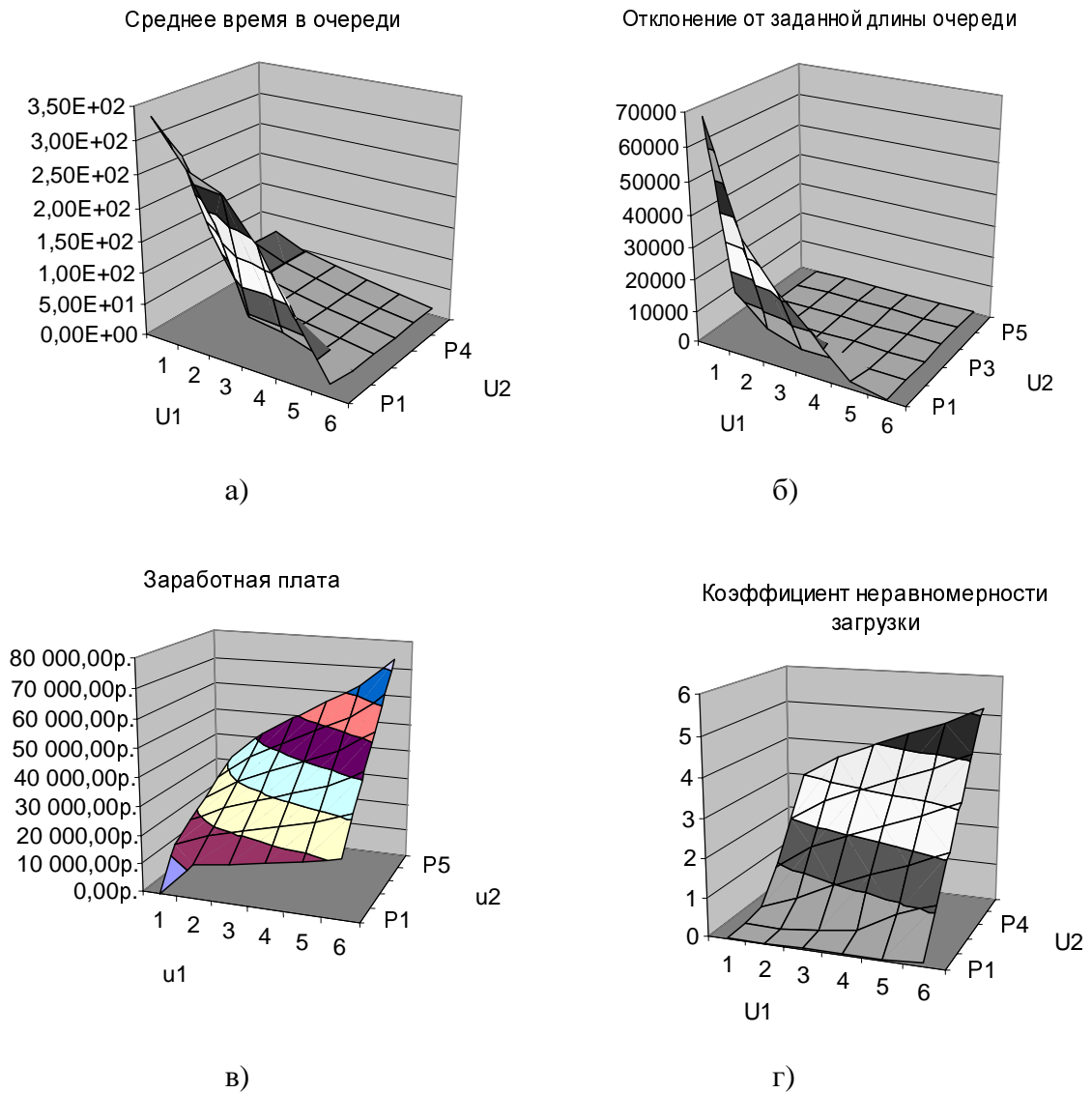
$$\forall W, \forall U, \exists U^* \in U_D / P(U^*) = \text{opt}P(U) \quad (1)$$

Применение предложенных показателей требует разработки и внедрения экономико-математических моделей. В связи со случайным характером изменения потока заявок читателей  $W$  в библиотеку вуза математическое описание процесса обслуживания читателей осуществлено в классе имитационного моделирования. Имитационная модель ИМ процесса обслуживания представлена взаимодействием следующих компонентов:

1. Генерация потока событий (заявок)  $\{x_i\}$ , где  $i = \overline{1, n}$  по экспоненциальному закону распределения  $F(x) = e^{-\lambda x}$ .
2. Реализация временной задержки обслуживания читателей  $t_i$ :  
 $t_{oc} = t_{ob} * l_{oc}$  – время, проведенное читателем в очереди;  
 $t_{ob}$  – время, затраченное библиотекарем на обслуживание читателя.
3. Имитация времени ожидания обслуживания читателей и их постановки в очередь.
4. Реализация обслуживания потока читателей группой библиотекарей с учетом образования и взаимодействия очередей  $q_i, i = \overline{1, k}$ .
5. Моделирование выбора читателем точки обслуживания (библиотекаря) исходя из следующих соображений:
  - а) если длина очереди обслуживания читателей  $i$ -м библиотекарем превышает значение некоторой величины  $m$  ( $q_i > m$ ), то читатель переходит в другую очередь с меньшей длиной или покидает очередь;
  - б) переход в другую очередь может быть обусловлен производственной необходимостью (технический перерыв и др.).

Имитационная модель ИМ процесса обслуживания создана в среде Object GPSS. На основе использования построенной имитационной модели проведен вычислительный эксперимент, в результате которого получены следующие зависимости:

- коэффициента неравномерности  $P_1$  от количества точек обслуживания  $U_1$  и квалификационного уровня  $U_2$  (рис. 2, а)  $P_1 = f_1(U_1, U_2)$ ;
- среднего времени нахождения читателя в очереди  $P_2$  от количества точек обслуживания  $U_1$  и квалификационного уровня  $U_2$  (рис. 2, б)  $P_2 = f_2(U_1, U_2)$ ;
- отклонения длины очереди от заданной длины  $P_3$  от количества точек обслуживания  $U_1$  и квалификационного уровня  $U_2$  (рис. 2, в)  $P_3 = f_3(U_1, U_2)$ ;
- суммарной заработной платы  $P_4$  от количества точек обслуживания  $U_1$  и квалификационного уровня  $U_2$  (рис. 2, г)  $P_4 = f_4(U_1, U_2)$ .



**Рисунок 2. Функциональные зависимости критериев качества**

Очевидна противоречивость поведения функциональных зависимостей критериев качества  $P_1, P_2, P_3, P_4$  от вариации независимых переменных  $U_1$  и  $U_2$ . Так, коэффициент неравномерности загрузки  $P_1$  возрастает с ростом аргументов (рис.2, г). Подобное можно отметить в отношении суммарной заработной платы  $P_4$  (рис.2, в). Значения критерия отклонения очереди от заданной длины  $P_3$  резко возрастает при приближении значений аргумента к минимальным значениям (рис.2, б). Возрастание значений среднего времени ожидания в очереди  $P_2$  наблюдается при приближении переменной  $U_2$  к минимальному значению (рис.2, а). Таким образом, можно заключить, что при выявлении характера

поведения критериев  $P_1, P_2, P_3, P_4$  невозможно обеспечить одновременно минимизацию по всем критериям. Противоречивость поведения коэффициента неравномерности загрузки и средней длины очереди, а также отклонения длины очереди от заданной и суммарной заработной платы требует решения задачи оптимизации в конфликтных ситуациях.

На основе полного факторного эксперимента определялись оптимальные значения переменных  $U_1$  и  $U_2$  относительно локальных критериев  $P_1, P_2, P_3, P_4$ .

Оптимальные значения  $U_1, U_2$  относительно критериев  $P_1, P_2, P_3, P_4$  обозначим соответственно  $U_1^*(P_1), U_2^*(P_2), U_3^*(P_3), U_4^*(P_4)$ . Значения  $U_i^*(P_1), U_i^*(P_2), U_i^*(P_3), U_i^*(P_4), i = \overline{1,2}$  дают возможность определить их компромиссные значения. Компромиссные значения указанных величин авторами предложено определять, используя математический аппарат теории игр Фон-Неймана [2]. Для этого, используя имитационную модель, определяют относительные отклонения оптимальных значений критериев  $P_i$  от значений этих критериев, вычисленных при оптимальных значениях  $U_1, U_2$  относительно критерия  $P_j, i \neq j$  (в качестве  $P_i$  и  $P_j$  рассматриваются  $P_1, P_2, P_3, P_4$ ).

Обозначим через  $U_i^* = (U_{i1}^*, U_{i2}^*)$  значения вектора  $U = \langle U_1, U_2 \rangle$ , являющиеся оптимальными относительно критерия  $P_i$ . Упомянутые относительные отклонения вычисляются следующим образом:

$$c_{ij} = \frac{P_i(U_i^*) - P_i(U_j^*)}{P_i(U_i^*)}, i = \overline{1,4}, j = \overline{1,4}.$$

Величины  $c_{ij}$  сводятся в квадратную матрицу [2]:

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$U_1^*$	0	$-c_{12}$	$-c_{13}$	$-c_{14}$
$U_2^*$	$-c_{21}$	0	$-c_{23}$	$-c_{24}$
$U_3^*$	$-c_{31}$	$-c_{32}$	0	$-c_{34}$
$U_4^*$	$-c_{41}$	$-c_{42}$	$-c_{43}$	0

В виду отсутствия седловой точки решение игры ищется в форме смешанных стратегий. Алгоритм реализован с помощью приближенного метода итерации Брауна-Робинсона, описанного в [1]. Поиск производится на протяжении 5 тысяч итераций.

Согласно положениям теории игр, требуется определение оптимальных стратегий  $\lambda_k^U, \lambda_k^F, k = \overline{1,4}$ , в данном случае имеющее следующий смысл:

1) для векторов оптимальных значений частных критериев  $\lambda_k^U$  – их весовые коэффициенты в составе оптимального решения  $U_{\rightarrow\phi\phi}^*$ :

$$U_{\rightarrow\phi\phi}^* = \sum_{k=1}^s \lambda_k^U U_k^* ;$$

2) для критериев оптимизации – их весовые коэффициенты  $\lambda_k^F$  в составе аддитивной функции цели:

$$F(U) = \sum_{k=1}^s \lambda_k^F F_k^*(U),$$

где  $\lambda_k^U, \lambda_k^F$  – степень полезности  $k$ -го критерия (весовые коэффициенты).

Описанные методы оценки качества обслуживания легли в основу разработанного авторами комплекса программных средств «Планер», который реализует следующие возможности:

1. Ввод исходных данных в интерактивном режиме.

2. Расчет критериев оценки качества в заданной точке с помощью средств имитационного моделирования Object GPSS.
3. Поиск оптимальных значений частных критериев качества.
4. Нахождение компромиссных решений на основе численных методов теории игр.

Таким образом, рассмотренный выше комплекс математических и имитационных моделей позволяет при исходных данных, получаемых в реальных условиях функционирования обслуживающего подразделения, получить оптимальное штатное расписание при удовлетворении требований нескольких противоречивых критериев.

В статье получены результаты, отличающиеся научной новизной:

1. Предложены показатели качества  $P_1$  – коэффициент неравномерности загрузки мест обслуживания,  $P_2$  – среднее время нахождения читателя в очереди,  $P_3$  – отклонение длины очереди от заданной длины,  $P_4$  – суммарная заработная плата, отличающиеся от существующих возможностью количественной оценки результатов работы библиотекарей.

2. Разработана имитационная модель, позволяющая реализовать процесс функционирования отделов выдачи библиотеки вуза в условиях риска, преимущество которой состоит в возможности учета случайного характера поступления заявок в различные периоды активности пользования библиотечными ресурсами, а также в возможности оценки качества обслуживания.

3. Разработана экономико-математическая модель для поиска оптимальных значений количества точек обслуживания в отделах выдачи библиотеки вуза и их квалификационных уровней относительно введенных критериев эффективности.

4. Предложена игровая модель нахождения компромиссных значений количества библиотекарей и их квалификации относительно противоречивых целевых функций, в роли которых выступают показатели качества.

#### **Примечания:**

1. Стрельцова Е.Д., Яблонская М.О., Ковалев О.Ф. Имитационное моделирование системы обслуживания информационными ресурсами в библиотеке вуза // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-23: сб. тр. XXIII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 9 / Ин-т вычислит. математики РАН. Саратов: СГТУ, 2010. С. 248-250.
2. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. М.: Сов. радио, 1964. 384 с.

#### **References:**

1. Streltsova E.D., Yablonskaya M.O., Kovalev O.F. Imitating modeling of system of service by information resources in higher school library // Mathematical methods in the technics and technologies – MMTT-23: Proc. 23rd Intern. Sci Conf.: in 12 v. V. 9 / Institute of Computational Mathematics of the Russian Academy of Sciences. Saratov: SGTU, 2010. P. 248-250.
2. Ventsel E.S. Introduction in research of operations. M.: Sov. Radio, 1964. 384 p.