

# Информационные технологии в управлении и экономике

2020, № 2

Электронная версия журнала размещена на сайте

<http://it-ugtu.ru>, <http://itue.ru/> и <http://итуэ.рф/>



ISSN 2225-2819

Information technology in management and economics

# Информационные технологии в управлении и экономике

2020, № 02 (19), 10.06.2020

Электронная версия журнала размещена на сайте  
<http://it-ugtu.ru>, <http://itue.ru/>, <http://итуз.рф/>

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Рочев К. В., канд. эконом. наук, доцент кафедры вычислительной техники, информационных систем и технологий УГТУ, главный редактор
- Беляев Д. А., канд. экон. наук, президент некоммерческого партнерства «ИТ-Ассоциация Республики Коми»
- Дорогобед А. Н., канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники, информационных систем и технологий УГТУ
- Каюков В. В., доктор экон. наук, профессор кафедры менеджмента УГТУ
- Крестовских Т. С., канд. экон. наук, и. о. директора института экономики, управления и информационных технологий УГТУ, заведующий кафедрой менеджмента УГТУ
- Куделин С. Г., канд. техн. наук, инженер-программист EPAM Systems
- Минцаев М. Ш., доктор техн. наук, ректор ГГНТУ имени акад. М. Д. Миллионщикова
- Михайлюк О. Н., доктор экон. наук, зав. кафедрой финансов и кредита Уральского государственного горного университета
- Назарова И. Г., доктор эконом. наук, заведующий кафедрой экономики УГТУ
- Павловская А. В., канд. эконом. наук, профессор кафедры менеджмента УГТУ
- Садыкова Р. Ш., доктор экон. наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления предприятием, АГНИ
- Семериков А. В., канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники, информационных систем и технологий УГТУ
- Смирнов Ю. Г., канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой вычислительной техники, информационных систем и технологий УГТУ

Журнал выходит 4 раза в год.

Учредитель ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет».

ISSN 2225-2819, свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС77-65216.

Электронная почта: [info@itue.ru](mailto:info@itue.ru)

Телефон редакции: +7 (8216) 700-308

Телефон главного редактора: +7 (904) 109-83-18

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Правила для авторов доступны на сайте журнала <http://itue.ru/pravila/>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Эмексузян А. Р., Балдин К. В. Методы оптимизации затрат на инновационную деятельность хозяйствующего субъекта .....	4
Рочев К. В., Семяшкина А. В. Анализ быстродействия строковых операций языка C# на разных платформах.....	13
Чекалина А. М., Окладникова С. В. Автоматизация процесса прогнозирования доходов медицинской организации .....	21
Семериков А. В. Оценка площади фигуры на основе метода Монте-Карло .....	35
Макриденко Е. Формы стимулирования инновационного развития малого бизнеса .....	41
Варламова С. А., Якушев М. В., Веселов Д. А. Прогнозирование количества пассажиров, перевезенных автобусами общего пользования в пермском крае .....	50
Сведения об авторах.....	59

# ЭМЕКСУЗЯН А. Р., БАЛДИН К. В. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ИННОВАЦИОННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

УДК 33, ВАК 08.00.00, ГРНТИ 06.00.00

Методы оптимизации затрат на инновационную деятельность хозяйствующего субъекта

Methods for optimizing the costs of innovative activities of an economic entity

А. Р. Эмексузьян<sup>1</sup>, К. В. Балдин<sup>2</sup>

A. R. Emeksuzyan<sup>1</sup>, K. V. Baldin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Коми республиканская академия государственной службы и управления, г. Сыктывкар

<sup>1</sup>Komi Republican Academy of Public Administration and Management, Syktyvkar

<sup>2</sup>Российский университет транспорта, г. Москва

<sup>2</sup>Russian University of Transport, Moscow

*В данной научной статье при рассмотрении вопросов оптимизации затрат на инновационные проекты предлагается простой визуальный метод оптимизации. Диаграммы использования общих ресурсов позволяют оценить степень использования ресурсов только по каждому инновационному проекту в отдельности. На практике же гораздо чаще необходимо провести оптимизацию совокупных затрат на внедрение пакета инновационных проектов. Расширение метода оптимизации затрат в инновационных проектах для пакета из произвольного количества инноваций носит итерационный характер.*

*In this scientific article, when considering the optimization of costs for innovative projects, a simple visual optimization method is proposed. The diagrams of the use of shared resources make it possible to assess the degree of use of resources only for each innovative project individually. In practice, it is much more often necessary to optimize the total costs of introducing a package of innovative projects. Extension of the method of cost optimization in innovative projects for a package of an arbitrary number of innovations is iterative.*

**Ключевые слова:** затраты, инновации, оптимизация, промышленность, инновационная деятельность.

**Keywords:** costs, innovation, optimization, industry, innovation.

## Введение

Оптимизация, как известно, предполагает нахождение компромисса между стремлениями минимизировать затраты на инновационную деятельность и получением максимального эффекта от освоения инновации при заданных ограничениях [1-3]. Рассмотрим общую схему оптимизации затрат на инновационную деятельность в рамках промышленного предприятия, представленную на рисунке 1.

На процедуру оптимизации влияет существующая структура предприятия, особенно такие её элементы, как производственный потенциал, кадровый потенциал и маркетинговый потенциал. Чем эффективнее можно использовать в инновационном процессе имеющийся потенциал предприятия, тем большего снижения затрат удастся достигнуть. Предлагаемый метод оптимизации можно представить в виде основных этапов:

- подготовка данных;
  - построение и анализ диаграмм;
  - выработка решения.
- Рассмотрим эти этапы подробнее.

### Подготовка данных

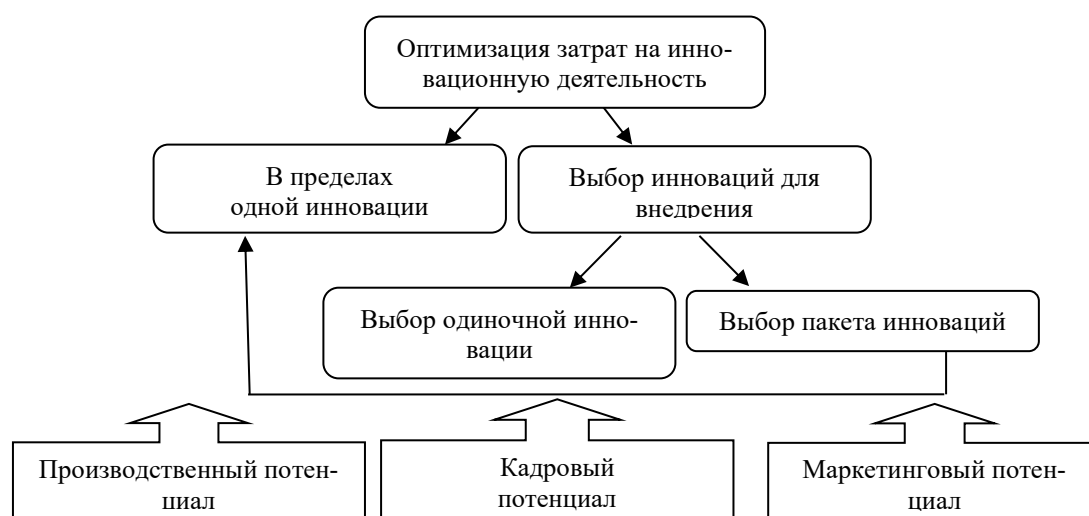


Рисунок 1. Оптимизация затрат на инновационную деятельность предприятия

Введем следующие обозначения:

$P$  – множество производственных ресурсов предприятия;

$M$  – множество маркетинговых ресурсов предприятия;

$K$  – множество кадровых ресурсов предприятия;

$N_i$  – множество ресурсов, необходимых для внедрения  $i$ -го инновационного проекта;

$P'$  – множество производственных ресурсов, необходимых для внедрения всех анализируемых инновационных проектов;

$M'$  – множество маркетинговых ресурсов предприятия, необходимых для внедрения всех анализируемых инновационных проектов;

$K'$  – множество кадровых ресурсов предприятия, необходимых для внедрения всех анализируемых инновационных проектов.

Задачей первого этапа является формирование и заполнение множеств  $P$ ,  $M$ ,  $K$ ,  $N_i^P$ ,  $N_i^M$ ,  $N_i^K$ ,  $P'$ ,  $M'$ ,  $K'$ . Прежде всего, необходимо определить имеющиеся в наличии ресурсы предприятия, из которых составляются множества  $P$ ,  $M$  и  $K$ . Под ресурсами подразумевается производственный, маркетинговый и кадровый потенциалы. При этом требуется как аналитическое, так стоимостное определение ресурсов.

Далее по каждому инновационному проекту производится оценка требуемых ресурсов (аналитически и в стоимостном выражении) и формирование множеств  $N_i^P$ ,  $N_i^M$ ,  $N_i^K$ .

В последнюю очередь формируются множества  $P'$ ,  $M'$  и  $K'$ . Для этого определяется предварительный состав множеств, после чего из них удаляются дублирующие компоненты.

$$\begin{aligned} P' &= \sum_i N_i^P - P \\ M' &= \sum_i N_i^M - M \\ K' &= \sum_i N_i^K - K \end{aligned}$$

где  $N_i^P$  – производственные ресурсы, необходимые для внедрения  $i$ -го проекта;  $N_i^M$  – маркетинговые ресурсы, необходимые для внедрения  $i$ -го проекта;  $N_i^K$  – кадровые ресурсы, необходимые для внедрения  $i$ -го проекта.

### Построение диаграмм

Описываемый метод оптимизации затрат на инновационные проекты основан на графическом сопоставлении данных. Несмотря на то, что современные информационные технологии позволяют использовать методы анализа, недоступные ранее из-за сложности вычислений (нейронные сети, генетические алгоритмы, деревья решений и так далее), популярность визуальных методов не уменьшается. Пожалуй, главной причиной этого является их интуитивная ясность. Значительная часть высшего руководства отечественных предприятий предпочитает простые, но понятные методы, сложным, в которых процесс получения результатов зачастую не может объяснить даже получивший их сотрудник.

Используемые методы пузырьковых диаграмм, в которых основными элементами являются окружности, площади которых пропорциональны значениям представляемых ими множеств. Пересечение окружностей на диаграмме математически соответствует пересечению множеств и означает, востребованность ресурса, либо взаимное его использование. В описываемом методе для оптимизации используются два вида диаграмм – диаграммы использования общих ресурсов и диаграммы взаимного использования ресурсов. Рассмотрим методику построения и анализа этих диаграмм.

Диаграммы использования общих ресурсов строятся вокруг множеств  $P$ ,  $M$ ,  $K$ ,  $P'$ ,  $M'$  или  $K'$ . Множество и соответствующую ему окружность назовём центральными. Площадь, занимаемая окружностью, представляющей множество, должна быть пропорциональна его суммарному стоимостному выражению. Поскольку площадь круга  $S = \pi r^2$ , при построении можно определять радиус отображаемых на диаграмме окружностей, как

$$r = k\sqrt{x}$$

где  $x$  – суммарное стоимостное выражение элементов отображаемого множества;

$k$  – коэффициент масштабирования.

После построения центральной окружности, по её периметру строятся окружности, соответствующие анализируемым инновационным проектам. Причем их площади пропорциональны суммарному стоимостному выражению требуемых под этот проект ресурсов того типа, который отображает центральная окружность, то есть, вокруг множеств  $P$  и  $P'$  строятся окружности, отображающие множества  $N_i^P$ , и т.п. Площади пересечений центральной окружности с периферийными пропорциональны объемам использования ресурса, соответствующим инновационным проектом. Диаграмма использования инновационными проектами существующих ресурсов, как правило, имеет вид, показанный на рисунке 2.

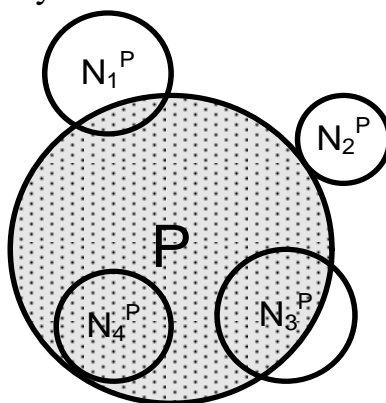


Рисунок 2. Диаграмма использования существующих ресурсов

При большом количестве рассматриваемых проектов соответствующие им окружности могут накладываться одна на другую. В подобных случаях либо строится  $i$  диаграмм, по количеству инновационных проектов, на каждой из которых отображается лишь две окружности – центральная и соответствующая одному из проектов, либо вместо центральной окружности изображается кольцо, которое может иметь ту же площадь при большем наружном диаметре (рисунок 3).

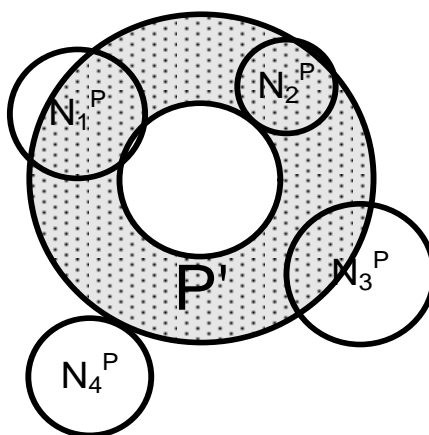


Рисунок 3. Кольцевая диаграмма использования ресурсов

Диаграммы использования общих ресурсов позволяют ЛПР визуально оценить степень использования инновационным проектом того или иного

ресурса. Основные варианты взаимного расположения окружностей на диаграмме и их интерпретация приведены в таблице 1.

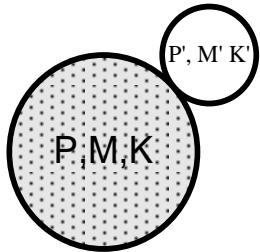
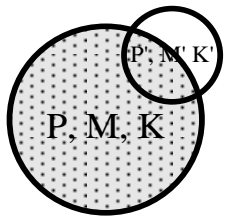
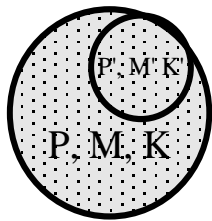
Пересечения множеств  $N_i$  на диаграммах использования общих ресурсов не имеют экономического смысла и поэтому не анализируются.

Диаграммы использования общих ресурсов, построение которых рассмотрено выше, позволяют оценить степень использования ресурсов только по каждому инновационному проекту в отдельности. На практике же гораздо чаще необходимо провести оптимизацию совокупных затрат на внедрение пакета инновационных проектов.

Рассмотрим работу метода для оптимизации пакета из двух инновационных проектов. Прежде всего, строится набор диаграмм по следующему алгоритму.

На первом шаге так же, как описано выше, строится центральная окружность, соответствующая множеству  $P$ . На втором шаге, на периметре центральной окружности строится окружность, соответствующая  $N_1$ , площадь пересечения которой с центральной окружностью соответствует степени использования ресурса инновационным проектом. Этот проект и соответствующее ему множество и окружность назовём базовыми.

Таблица 1. Основные варианты взаимного расположения множеств на диаграмме использования ресурсов

№	Вид графика	Описание
1		Ресурс не используется инновационным проектом Для множеств $P, M, K$ : в инновационном проекте не используются имеющиеся ресурсы предприятия Для множеств $P', M', K'$ : при внедрении проекта используются только покупные ресурсы
2		Ресурс используется инновационным проектом частично (пропорционально площади пересечения окружностей) Для множеств $P, M, K$ : частичное использование существующих ресурсов позволяет сократить затраты на внедрение Для множеств $P', M', K'$ : потребность в дополнительных ресурсах способствует повышению потенциала предприятия
3		Ресурс полностью используется инновационным проектом Для множеств $P, M, K$ : при внедрении проекта используется только имеющийся потенциал предприятия Для множеств $P', M', K'$ : при внедрении инновационного проекта не требуется дополнительных ресурсов, что ведет к снижению затрат, но замедляет развитие предприятия

На третьем шаге строятся окружности, соответствующие остальным  $N_i$ , причем площадь пересечения любой из этих окружностей с центральной окружностью, так же как и ранее, соответствует степени использования



инновационным проектом данного ресурса. А площадь её пересечения с сектором, образованным пересечением множеств центрального и базового множеств, соответствует степени использования  $i$ -м инновационным проектом тех же компонентов ресурса  $P$ , которые используются и базовым проектом ( $N_{IB}$ ). Для определения этих пересечений используются аналитические описания ресурсов, содержащиеся во множествах. Получившаяся в результате диаграмма будет иметь вид, показанный на рисунке 4.

Повторить для того же центрального множества со второго шага, используя в качестве базовых множеств все оставшиеся  $N_i$ .

Повторять с первого шага, используя в качестве центральных множеств все оставшиеся множества  $P, M, K, P', M', K'$ . В результате должно получиться  $6 \cdot i$  диаграмм (по  $i$  диаграмм для каждого из центральных множеств). Диаграммы взаимного пересечения ресурсов позволяют визуально оценить степень взаимного использования инновационными проектами тех или иных ресурсов. Экономическое содержание различных степеней пересечения сильно отличается для каждого типа ресурсов.

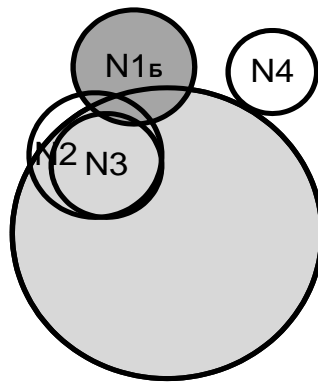


Рисунок 4. Диаграмма взаимного использования ресурсов

Основные варианты взаимного расположения окружностей на диаграмме и их интерпретация приведены в таблице 2. Экономический смысл имеют только пересечения множеств  $N_i$  с центральным множеством (аналогично диаграмме использования общих ресурсов) и с сектором, образованным пересечением центрального и базового множеств. При составлении таблицы учитывалось, что в множествах  $M, K, M', K'$  обычно присутствует значительная доля дублирующихся ресурсов.

### Принятие решений

Этапы подготовки данных и построения диаграмм являются наиболее трудоёмкими частями предлагаемого метода оптимизации затрат на инновационные проекты. При принятии решения ЛПР, руководствуясь таблицей 1 и 2, ориентируется на наиболее оптимальные варианты по загрузке имеющихся и закупке дополнительных ресурсов. Для снижения трудоёмкости принятия решений, прежде всего, отсеиваются все неоптимальные сочетания инновационных проектов и оставляются для детального анализа 3-4 наилучшие, с точки зрения ЛПР, комбинации.

Таблица 2. Основные варианты расположения множеств на диаграмме взаимного использования ресурсов

№ п/п	Вид диаграммы	Описание
1		<p>Проекту <math>N3</math> частично необходимы ресурсы, используемые базовым и центральным проектами</p> <p>Для центрального множества <math>P</math> – требуется дополнительный анализ ресурсов, используемых проектами <math>N3</math> и базовым. Однако, как правило, этот вариант неоптимален из-за слабой загрузки имеющихся ресурсов</p> <p>Для множества <math>P'</math> – оптимальный вариант, если в область пересечения входит дорогостоящее, или уникальное оборудование, способное обеспечить нужды двух проектов сразу. При отсутствии дублирования может быть достигнуто снижение расходов на закупку и монтаж однотипного оборудования, а также обучение кадров по работе с ним</p> <p>Для множеств <math>M, K, M', K'</math> – хорошее сочетание взаимного использования ресурсов. Желателен дополнительный анализ ресурсов на пересечении множеств</p>
2		<p>Ни один из проектов не претендует на ресурсы, используемые базовым и центральным проектами</p> <p>Для центрального множества <math>P</math> – один из наилучших вариантов, означающий значительное использование имеющегося потенциала, без взаимных претензий разных проектов на одно и то же оборудование</p> <p>Для множества <math>P'</math> – хороший вариант, при условии, что закупаемое оборудование будет полностью загружено</p> <p>Для множеств <math>M, K</math> – неоптимальное использование маркетингового и кадрового потенциала. Для <math>M' K'</math> – увеличение затрат на соответствующие ресурсы</p>
3		<p>Часть ресурсов, используемых базовым и центральным проектами, частично необходимы также для проектов <math>N3</math> и <math>N4</math></p> <p>Поскольку взаимные пересечения небазовых проектов не имеют экономической интерпретации, проекты <math>N3</math> и <math>N4</math> анализируются по отдельности. Поэтому для них справедливо описание, приведенное в строке 1 этой таблицы. Однако следует внимательно проанализировать диаграммы, на которых проекты <math>N3</math> и <math>N4</math> выступают в качестве базовых</p>
4		<p>Для реализации проекта <math>N2</math> полностью необходимы те же ресурсы, что используются базовым и центральным проектами. Часть из них необходима для реализации проектов <math>N3</math> и <math>N4</math></p> <p>Для проекта <math>N3</math> см. строку 1 этой таблицы</p> <p>Для проекта <math>N2</math> справедливо следующее:</p> <p>Для центрального множества <math>P</math> – неоптимальный вариант из-за слабой загрузки имеющихся ресурсов;</p> <p>Для множества <math>P'</math> – может быть достигнуто снижение расходов на закупку и монтаж однотипного оборудования, а также обучение кадров работе с ним;</p> <p>Для множеств <math>M, M'</math> – оптимальный вариант загрузки маркетинговых ресурсов;</p> <p>Для множеств <math>K, K'</math> – в целом оптимальный вариант, но требуется дополнительный анализ ресурсов на пересечении множеств</p>

Из оставшихся комбинаций выбирается наиболее оптимальная, для чего наряду с таблицами 1 и 2 используют аналитические части множеств  $P$ ,  $MK$ ,  $P'$ ,  $M' K'$  и  $N_i$ . Для повышения достоверности выбора можно также использовать метод расчета затрат на инновационные проекты. Критерием оптимальности выступают максимум использования существующих ресурсов и минимум закупки дополнительных ресурсов.

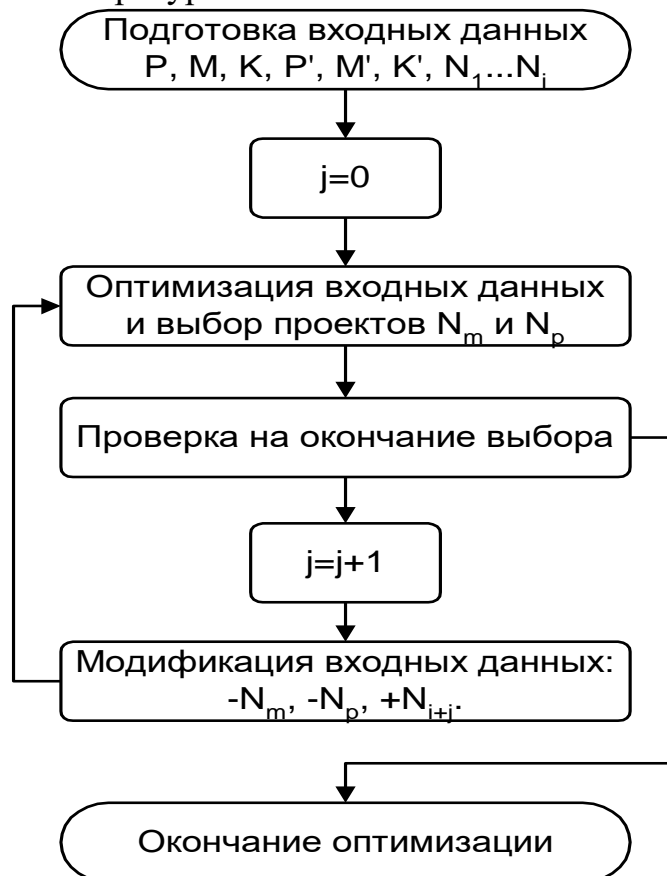


Рисунок 5. Схема итерационного метода оптимизации пакета из произвольного количества инноваций

Расширение метода оптимизации затрат в инновационных проектах для пакета из произвольного количества инноваций носит итерационный характер. Схема процесса оптимизации показана на рисунке 5.

На первом шаге описанным выше методом выбирается оптимальный пакет из двух инноваций. Предположим, что выбраны инновационные проекты  $N_m$  и  $N_p$ . На втором шаге производится модификация входных данных следующим образом: множества, соответствующие проектам  $N_m$  и  $N_p$ , удаляются, но добавляется множество  $N_{i+j}$ , представляющее собой сумму множеств  $N_m$  и  $N_p$ .

Иными словами, вместо двух реальных появляется один виртуальный проект, для осуществления которого требуются те же ресурсы, что и для реализации пакета из инновационных проектов  $N_m$  и  $N_p$  (с учетом дублирования ресурсов).

$$N_{i+j} = N_m \cup N_p$$

где  $j$  – порядковый номер итерации.

После модификации входных данных происходит возврат к первому шагу и повторная оптимизация пакета инновационных проектов. Однако теперь в качестве базового проекта всегда выбирается проект  $N_{i+j}$ , что позволяет избежать построения большого количества диаграмм и сократить затраты на реализацию метода.

Если полученный пакет из трёх реальных инновационных проектов удовлетворяет избранному ЛПР критериям оптимальности, то на этом процесс оптимизации останавливается, если нет – производится ещё одна итерация и так далее.

Модель является линейной и поэтому может быть оптимизирована с применением хорошо разработанного инструментария линейного программирования. Оптимизация модели позволяет найти наилучший с точки зрения затрат способ осуществления всех этапов каждого инновационного проекта, применительно к условиям конкретного предприятия.

### **Список использованных источников и литературы**

1. Дамодаран А. Инвестиционная оценка: Инструменты и методы оценки любых активов. Пер. с англ. – М., Издательство: Альпина Паблишер, 2016.
2. Новицкий Н. А. Современные проблемы и механизмы инвестирования инновационной деятельности в России. – М.: ИЭ РАН, 2017.
3. Чаленко А. Скрытые резервы метода В. Леонтьева «затраты–выпуск» // Вопросы экономики, 2014, №12.

### **List of references**

1. Damodaran A. Investment valuation: Tools and valuation methods of any assets. Per. from English - M., Publisher: Alpina Publisher, 2016.
2. Novitsky N. A. Current problems and mechanisms of investment of innovative activity in Russia. - M.: IE RAS, 2017.
3. Chalenko A. Hidden reserves of Leontief “costs - output” // Economic Issues, 2014, No. 12.

# РОЧЕВ К. В., СЕМЯШКИНА А. В. АНАЛИЗ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СТРОКОВЫХ ОПЕРАЦИЙ ЯЗЫКА C# НА РАЗНЫХ ПЛАТФОРМАХ

УДК 004.4`2, ВАК 05.13.00, ГРНТИ 20.00.00

Анализ быстродействия строковых операций языка C# на разных платформах

Analysis of the performance of C# string operations on different platforms

К. В. Рочев, А. В. Семяшкина

K. V. Rochev, A. V. Semyashkina

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Ukhta state technical university, Ukhta

*Данная публикация посвящена анализу результатов измерений быстродействия операций по обработке различных коллекций, предоставляемых средой .NET CLR в разных окружениях, таких как WPF, Windows forms, Unity. Рассмотрены несколько версий инструментальных средств разработки и запуска кода, включая Mono, .NET Core и традиционный .NET Framework с тем, чтобы показать, есть ли разница в скорости выполнения тех или иных функций.*

*This publication is devoted to the analysis of the results of measuring the speed of processing operations on various collections provided by the .NET CLR in various environments, such as WPF, Windows forms, Unity. Several versions of the code development and launch tools have been reviewed, including Mono, .NET Core, and the traditional .NET Framework, in order to show if there is a difference in the speed of execution of certain functions.*

**Ключевые слова:** быстродействие, оптимизация кода, производительность, C#, WPF, Windows Forms, DOT.NET Framework, Unity, Core, CLR, коллекции.

**Keywords:** code optimization, performance, C#, WPF, Windows Forms, DOT.NET Framework, Unity, Core, CLR, collections.

## Введение

Вычислительные возможности современных ЭВМ достаточно велики. Тем не менее, растущие объёмы данных, зачастую, требуют применения оптимальных алгоритмов их обработки. Часто в программировании одного и того же результата можно добиться множеством разных способов, некоторые из которых будут работать в тысячи или даже миллионы раз быстрее других. При обработке больших объёмов данных наибольший прирост и падение производительности вычислений, производимых в оперативной памяти ЭВМ, обычно зависит от правильности использования данных, собранных в последовательности, обычно называемые коллекциями.

Для увеличения производительности программного обеспечения используются различные методы. Наиболее распространёнными из них являются:

- 1) оптимизация кода средствами разработки, применяемая на разных фазах компиляции [1];
- 2) механизмы распараллеливания задач для их выполнения на нескольких ядрах вычислительной системы одновременно [2];
- 3) профилирование быстродействия программного кода на основе инструментальных средств, предоставляемых средой разработки [3];
- 4) профилирование с помощью собственной реализации замеров быстродействия под конкретную задачу;
- 5) написание эффективных алгоритмов, правильное использование структур данных и функций над ними, которое, зачастую, требует наибольших знаний и предварительных исследований.

Настоящая статья посвящена методам оптимизации программного обеспечения, обозначенным в п. 3 и 4 представленного списка. Основной упор делается на изучение быстродействия коллекций. Анализ производится на примере языка C# в разных окружениях, таких как WPF, Windows forms, Unity. Рассмотрены несколько версий средств разработки и запуска кода (далее – фреймворк) и видов выполняемого проекта с тем, чтобы оценить различие в скорости выполнения тех или иных функций.

Для измерения производительности участков кода авторами реализована компактная библиотека классов, которая подключается к разным средам её выполнения. Реализация данной библиотеки представлена ранее [4].

### **Методы профилирования**

Профилирование программного кода на предмет скорости его выполнения реализуется по следующему алгоритму.

1) проводится несколько измерений, например, 10 (таблица 1). В каждом из них изучаемый участок кода запускается в бесконечном цикле в течение определенного времени, в данном исследовании по 1 миллисекунде. Подсчитывается количество запусков за эту миллисекунду и, путём деления времени тестирования на это количество запусков определяется время выполнения изучаемого участка кода (как видно в таблице 1 и на рисунке 1, время выполнения теста примерно на 0,5 миллисекунды больше установленного минимального времени из-за ожидания переключения потока).

2) рассчитывается среднее и медианное время выполнения кода по всем измерениям. При этом, далее для анализа использовано медианное значение, т.к. на него не влияют так называемые «выбросы» – экстремальные значения, например, при первом измерении или при переключении процессора на другие потоки.

3) дополнительно вычисляется среднеквадратичное отклонение для того, чтобы можно было оценить разброс результатов измерений. Подсчитывается количество срабатываний сборщика мусора, чтобы отследить и нивелировать его влияние на результаты измерений.

4) Все эти данные сохраняются в CSV-формате (рисунок 1) для дальнейшей обработки, например, в Excel.

Относительные результаты измерения быстродействия по рассмотренным группам операций оценивались относительно WPF по формуле

$$X = \frac{\sum S_t \cdot 2}{\sum S_t + S_{WPF}}, \quad (1)$$

где  $X$  – относительное быстродействие;

$S_t$  – результат на рассматриваемой платформе;

$S_{WPF}$  – результат на WPF.

### Результаты измерений

Измерение проводилось на компьютере ASUS X556UQ: i7-7500U, 2.7 GHz, 20Г ОЗУ, Windows 10 x64. Для оценки быстродействия реализованного тестового окружения (а именно того, насколько велики накладные расходы на вызов функций по ссылкам) были выбраны такие операции, как обращение к функциям, к полям и к свойствам класса (табл. 1) [4, 5]:

Таблица 1. Результаты тестовых измерений на примере проекта WPF в Release-режиме (десять тестов при среднем числе сборки мусора на тест 0)

Функция	Среднее время на выполнение, нс	Медианное время на выполнение, нс	Среднеквадратичное отклонение	Среднее к-во запусков за тест, раз	Среднее время теста, мс
() => { }	0,61	0,54	0,43	3381908	1,60
() => { ++localInt; }	1,7	2,58	1,18	2409092	1,47
() => { ++ClassIntField; }	1,02	0,33	1,10	3631160	1,49
() => { ++StaticIntField; }	1,58	1,46	0,99	2119760	1,50
() => { ++ClassIntProperty; }	1,45	1,30	0,89	1863567	1,55
() => { ++StaticIntProperty; }	1,98	1,02	1,92	1944740	1,46
StaticFunc() { }	1,22	1,12	0,48	1268418	1,45

По результатам измерений (таблицы 1 и 2) быстродействие тестовой инфраструктуры примерно сопоставимо с обращением к переменной или к пустой функции. Таким образом, можно считать, что тестовая инфраструктура не оказывает существенного воздействия на результаты измерений и может быть применена для дальнейшего профилирования.

Измерения скорости выполнения операций проводились в различных режимах сборки. К их числу относится фаза отладки в Debug-режиме, а также фаза выпуска приложения в режиме Release. Это важно, поскольку во второй фазе компиляции при создании Release-приложения используются дополнительные механизмы оптимизации [3]. Как показали более ранние исследования, элементарные операции довольно существенно оптимизируются при переводе проекта

в фазу выпуска. Например, обращение к свойствам ускоряется в 10-20 раз и становится почти таким же быстрым, как и обращение к полям класса) [4, 5]. Далее перейдём непосредственно к оценке быстродействия при работе с коллекциями для сопоставления результатов оценки быстродействия кода на разных фреймворках, рассмотрим наиболее актуальный режим запуска – Release.

### Результаты оценки быстродействия при работе с коллекциями

В таблицах 3-6 представлены результаты измерений быстродействия выполнения различных операций с коллекциями. Рассмотрим результаты измерений в Release-режиме для WPF, Windows Forms, Unity и ASP.NET Core. Рассмотрим также отношение результатов оценок быстродействия для кода Unity и Core применительно к WPF с учетом формулы (1).

Таблица 3. Результаты измерений быстродействия операций с массивом

Функция	WPF, нс	Windows Forms, нс	Unity, нс	Core, нс	Unity/WPF, %	Core/WPF, %
() => Array[1].Contains(ExistElement)	42	41	58	31	116%	85%
() => Array[1].Contains(NotExistElement)	42	43	58	32	116%	86%
() => Array[1].Count(x => x == ExistElement)	32	33	74	26	140%	90%
() => Array[1].Count(x => x == NotExistElement)	36	34	77	29	136%	88%
() => Array[1].FirstOrDefault()	36	23	17	42	63%	108%
() => Array[1].FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	29	29	72	32	143%	106%
() => Array[1].FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	34	35	74	35	137%	101%
() => Array[16].Contains(ExistElement)	51	57	269	40	168%	88%
() => Array[16].Contains(NotExistElement)	68	71	775	50	184%	85%
() => Array[16].Count(x => x == ExistElement)	176	175	333	168	131%	98%
() => Array[16].Count(x => x == NotExistElement)	187	165	311	180	125%	98%
() => Array[16].FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	56	119	133	94	141%	126%
() => Array[16].FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	163	172	313	193	132%	109%
() => Array[1024].Contains(ExistElement)	1063	1120	15036	840	187%	88%
() => Array[1024].Contains(NotExistElement)	1835	1826	47786	1257	193%	81%
() => Array[1024].Count(x => x == ExistElement)	9217	9229	16667	9398	129%	101%
() => Array[1024].Count(x => x == NotExistElement)	9281	8351	16215	8786	127%	97%
() => Array[1024].FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	4685	5470	4664	6318	100%	115%
() => Array[1024].FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	8299	8643	16152	8592	132%	102%
() => Array[8192].Contains(ExistElement)	5260	5610	167150	4795	194%	95%
() => Array[8192].Contains(NotExistElement)	14222	14733	334267	9892	192%	82%
() => Array[8192].Count(x => x == ExistElement)	68359	71657	167017	72177	142%	103%
() => Array[8192].Count(x => x == NotExistElement)	75180	68314	136427	71832	129%	98%
() => Array[8192].FirstOrDefault()	40	39	21	41	69%	101%
() => Array[8192].FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	24527	35688	55711	25440	139%	102%
() => Array[8192].FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	62679	68327	125313	68626	133%	105%



В таблице 3 представлены измерения быстродействия некоторых операций при работе с массивами. В столбцах, показывающих отношение производительности Mono (Unity) и .Net Core к традиционному .Net Framework (WPF), значение 200% означает уменьшение быстродействия в бесконечность раз. Так можно заметить, что операции проверки вхождения элемента в массив с помощью LINQ-функции Contains выполняются в Mono существенно медленнее, чем в классическом .Net – при 1024 элементов массива – в 18 раз, а при 8192 – в 35 раз. В то время, как получение первого элемента с помощью LINQ проходит быстрее на 30-40%. Надо отметить, что быстродействие функций LINQ на платформе Mono постепенно улучшается и в последних версиях уже существенно лучше, чем несколько лет назад.

По итогам оценки прироста быстродействия выполнения поиска элементов в массиве при увеличении размера массива можно отметить, что затраты на создание перечислителя при запуске поиска LINQ-функции весьма незначительны – сопоставимы с затратами на перебор 1 дополнительного элемента. Тем не менее созданный перечислитель попадает в виртуальную память, управляемую сборщиком мусора, и может в последующем дополнительно повлиять на производительность – эти затраты тестом не учтены, ввиду минимизации влияний сборки мусора на процесс изменений, предпринятой для снижения флуктуаций вычислений.

Далее рассмотрим результаты изменения быстродействия более разнообразных функций различных коллекций размером 1024 элементов (таблица 4).

Таблица 4. Результаты измерений быстродействия некоторых функций различных коллекций объемом 1024 элементов

Функция	WPF, нс	Windows Forms, нс	Unity, нс	Core, нс	Unity/WPF, %	Core/WPF, %
Array.Contains(ExistElement)	1063	1120	15036	840	187%	88%
Array.Contains(NotExistElement)	1835	1826	47786	1257	193%	81%
Array.Count(x => x == ExistElement)	9217	9229	16667	9398	129%	101%
Array.Count(x => x == NotExistElement)	9281	8351	16215	8786	127%	97%
Array.FirstOrDefault()	37	38	17	42	64%	106%
Array.FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	4685	5470	4664	6318	100%	115%
Array.FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	8299	8643	16152	8592	132%	102%
Dictionary.Contains(ExistElement)	15	16	44	12	149%	88%
Dictionary.Contains(NotExistElement)	8	8	18	9	138%	105%
Dictionary.ContainsValue(ExistElement)	3355	3538	8648	3634	144%	104%
Dictionary.ContainsValue(NotExistElement)	3637	3555	7973	3522	137%	98%
HashSet.Contains(ExistElement)	15	14	39	14	145%	99%
HashSet.Contains(NotExistElement)	9	10	16	11	127%	106%
HashSet.Count(x => x == ExistElement)	10639	11572	13200	11241	111%	103%
HashSet.Count(x => x == NotExistElement)	11231	12533	12123	11803	104%	102%

HashSet.FirstOrDefault()	40	40	66	42	125%	103%
HashSet.FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	9521	6572	4940	3524	68%	54%
HashSet.FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	12535	11339	12082	10101	98%	89%
List.Any(x => x == ExistElement)	3275	6041	9926	6603	150%	134%
List.Any(x => x == NotExistElement)	8355	8643	11147	8671	114%	102%
List.Contains(ExistElement)	927	1862	5249	942	170%	101%
List.Contains(NotExistElement)	2681	2944	7468	1340	147%	67%
List.Count(x => x == ExistElement)	10096	10447	10897	11140	104%	105%
List.Count(x => x == NotExistElement)	10407	11478	10870	10984	102%	103%
List.Exists(x => x == ExistElement)	1016	2553	2446	2549	141%	143%
List.Exists(x => x == NotExistElement)	3474	3605	3672	2526	103%	84%
List.Find(x => x == ExistElement)	418	932	2767	1864	174%	163%
List.Find(x => x == NotExistElement)	3657	3633	3225	3189	94%	93%
List.FirstOrDefault()	18	19	13	19	85%	102%
List.FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	3251	7197	7164	7051	138%	137%
List.FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	9039	9465	10661	10824	108%	109%
List.LastOrDefault()	16	16	15	18	96%	106%
List.LastOrDefault(x => x == ExistElement)	9495	10160	939	1249	18%	23%
List.LastOrDefault(x => x == NotExistElement)	8952	8693	7062	5343	88%	75%
List.Sort()	20319	19430	81346	10467	160%	68%
ObservableCollection.Contains(ExistElement)	1673	1460	3687	656	138%	56%
ObservableCollection.Contains(NotExistElement)	2694	2687	7318	1326	146%	66%
ObservableCollection.FirstOrDefault()	20	19	19	24	96%	109%
ObservableCollection.FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	4823	5223	6007	6031	111%	111%
ObservableCollection.FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	9527	10588	10664	10514	106%	105%
SortedList.ContainsKey(ExistElement)	57	55	98	56	127%	100%
SortedList.ContainsKey(NotExistElement)	50	49	103	54	135%	104%
SortedList.ContainsValue(ExistElement)	1782	1767	4736	1196	145%	80%
SortedList.ContainsValue(NotExistElement)	1806	1906	4763	1252	145%	82%
SortedList.Count(x => x.Key == ExistElement)	14608	14601	23279	21235	123%	118%
SortedList.Count(x => x.Key == NotExistElement)	14334	14461	23321	22676	124%	123%
Stack.Contains(ExistElement)	1713	1163	6876	679	160%	57%
Stack.Contains(NotExistElement)	2957	3544	8042	1240	146%	59%
Stack.FirstOrDefault()	50	49	82	36	124%	83%
Stack.FirstOrDefault(x => x == ExistElement)	6155	3980	5303	3068	93%	67%
Stack.FirstOrDefault(x => x == NotExistElement)	13064	11747	12690	11408	99%	93%

По итогам изучения данной таблицы и данных, не вошедших в неё можно отметить такие особенности, как:

1) Функции LINQ, такие как FirstOrDefault и Contains, работают с относительно одинаковой скоростью в разных коллекциях и фреймворках, хотя расхождения доходят иногда до 30%. Это вполне закономерно – реализация функции сходная для фреймворков и одинакова для разных коллекций одного фреймворка.

2) Получение данных по ключу (Dictionary, HashSet) наглядно показывает своё существенное преимущество, начиная уже с 3-х элементов (собственно, эти коллекции для того и реализованы, хотя в зависимости от типа данных ключа,

время обращения по нему может возрастать в несколько раз, например из-за, боксинга – упаковки значимых типов в object для получения hash-функции). Dictionary получает данные по ключу на 30-70% быстрее, чем HashSet, а SortedList – на 20-30% медленнее.

3) Для примера представлена функция Sort коллекции List. Как можно заметить, для 1000 элементов она всего вдвое дольше, чем поиск элемента (не существующего в списке, т.к. существующий, в среднем, находится за половину времени полного перебора в случайном списке). А для 8000 элементов – в 4 раза.

4) Функции Find и Contains (для List и похожих коллекций), реализованные в самих коллекциях быстрее, чем аналогичные LINQ-функции FirstOrDefault и Any, в среднем, в 3 раза для коллекций разного размера (с 1 до 8000 элементов).

5) Из рассмотренных функций наибольшим быстродействием в .Net Core по сравнению с .Net Framework обладают List.Sort для (в 1,5-2 раза быстрее на 1000-4000 элементов), а наименьшим – FirstOrDefault для ObservableCollection. Для остальных функций отклонения менее существенны.

6) Для Mono быстрее других, по сравнению с .Net Framework, работают FirstOrDefault на массиве и списке (в 1,1-1,5 раза), а медленнее – List.Sort (в 4 раза), добавление в ObservableCollection и, как ни странно, FirstOrDefault на стэке и хэшсете (в 1,5-2 раза).

## Заключение

При сравнении результатов быстродействия кода WPF и WindowsForms в Release-режиме получено, что средняя разница быстродействия операций по разным группам составляет до 10%, что может быть обусловлено погрешностями измерений. В целом же все операции выполняются примерно с одинаковой скоростью, что неудивительно, т.к. используется единый фреймворк. Разница быстродействия с .NET Core тоже не очень велика, хотя для отдельных функций доходит до 2х раз. Различия быстродействия .NET и Mono более существенны и в обработке аналогичных коллекций доходят до 4х раз (а при небольших размерах коллекций и до десятков).

В среднем, по всем проведенным измерениям, Mono (Unity) медленнее, чем .Net Framework (WPF) в 1,9 раз (125% по формуле (1)), а .Net Core на 2% быстрее.

Таким образом можно заметить, что при близких результатах измерений по большинству рассмотренных операций, даже в родственных средах разработки в отдельных случаях есть принципиальные различия быстродействия часто используемых операций. Такие различия следует учитывать при написании программного обеспечения, хотя куда более существенное влияние на быстродействие ПО оказывает правильный выбор алгоритмов и типов данных, например, использование словарей, хэш-коллекций и иных специально оптимизированных под конкретные задачи решений.

### Список использованных источников и литературы

1. Четверина О. А. Повышение производительности кода при однофазной компиляции // Программирование. – 2016. № 1. – С. 51-59.
2. Джойша П. Г., Шрайбер Р. С., Банерджи П., Боэм Х.-Дж., Чакрабартти Д.Р. О методике прозрачного расширения возможностей классических оптимизаций компилятора для многопоточного кода // Транзакции АСМ для языков программирования и систем. – 2012. – Т. 34. № 2.
3. Дараган Е. И. Система анализа производительности программного кода // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 9-2. – С. 89-94.
4. Рочев К. В. Анализ быстродействия типовых операций языка C# на платформах DOT.NET и Mono // Информационные технологии в управлении и экономике. – 2019. – № 1. – С. 7-19.
5. Рочев К. В. Анализ быстродействия строковых операций языка C# на разных платформах // Программная инженерия. – 2019. – № 6. – С. 274-280.

### List of references

1. Chetverina O. A. Improving the performance of the code during single-phase compilation // Programming. – 2016. No. 1. – P. 51-59.
2. Joisha P. G., Schreiber R. S., Banerjee P., Boehm H.-J., Chakrabarti D. R. On a technique for transparently empowering classical compiler optimizations on multi-threaded code // ACM Transactions on Programming Languages and Systems. – 2012. – V. 34. No. 2.
3. Daragan E. I. System analysis of the performance of program code // Bulletin of Tula State University. Technical science. – 2013. No. 9-2. – P. 89-94.
4. Rochev K.V. Analysis of the speed of typical C# language operations on the DOT.NET and Mono platforms // Information Technologies in Management and Economics. – 2019. No 1. – P. 7-19.
5. Rochev K.V. Analysis of the performance of string operations of the C # language on different platforms // Software Engineering. – 2019. No. 6. – P. 274-280.

# **ЧЕКАЛИНА А. М., ОКЛАДНИКОВА С. В. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОХОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

УДК 004.942 : 338.27, ВАК 05.13.00

Автоматизация процесса  
прогнозирования доходов  
медицинской организации

Automation of the forecasting medical  
organization revenues

**А. М. Чекалина, С.В. Окладникова**

**A. M. Chekalina, S. V. Okladnikova**

Астраханский государственный  
университет, г. Астрахань

Astrakhan State University,  
Astrakhan

*В статье авторы проводят оценку и выбор методики прогнозирования с использованием временных рядов доходов медицинских организаций, приводят общий алгоритм проведения данного процесса, анализируют возможность использования существующих программных продуктов с целью их применения при прогнозировании доходов. На основе полученных в ходе обработки статистических данных рассчитываются числовые значения критериев оценки результатов прогноза доходов медицинской организации, проводится оценка их достоверности посредством вычисления ошибки между прогнозным значением дохода и фактическим. В соответствии с выбранным методом описывается уточненный алгоритм прогнозирования, включающий предварительную обработку данных, построение и выбор оптимальной модели. Практической реализацией разработанного алгоритма является программный модуль «Прогнозирование», являющийся частью информационной системы мониторинга исполнения плановых показателей доходов медицинской организации.*

*In the article, the authors evaluate and select the forecasting method using time series of revenue of medical organizations, give a general algorithm for conducting this process, analyze the possibility of using software products for statistical data processing with a view to their use in forecasting revenues. Based on the statistical data obtained during processing, the numerical values of the criteria for evaluating the results of the forecast of the revenue of a medical organization are calculated, their reliability is estimated by calculating the error between the predicted and the actual values of revenues. In accordance with the chosen method, a refinement forecasting algorithm is described, including preliminary data processing, construction and selection of the optimal model. The practical implementation of the developed algorithm is the software module "Forecasting".*



**Ключевые слова:** медицинская организация, доходы медицинской организации, прогнозирование доходов медицинской организации, автоматизация процесса прогнозирования доходов медицинской организации, метод прогнозирования доходов медицинской организации, методика прогнозирования доходов медицинской организации, алгоритм прогнозирования доходов медицинской организации.

**Keywords:** medical organization, medical organization revenues, revenues forecasting of medical organizations, automation of the forecasting medical organization revenues, medical organization revenues forecasting method, methodology for forecasting revenues of medical organization, algorithm of forecasting revenues of medical organization.

## Введение

В современных условиях дефицита финансовых ресурсов эффективная работа медицинских организаций всех видов, размеров и любой специализации невозможна без использования собственных средств, под которыми подразумеваются доходы, независимые от политики государства в области здравоохранения. Доходная часть бюджета медицинской организации – ключевой момент распределения имеющихся финансовых средств. Мониторинг и контроль основных показателей и правильное перспективное планирование со стороны менеджмента в этой области обеспечивают стабильное функционирование медицинской организации, выполнение первоочередных задач.

Вне зависимости от формы собственности, сложность структуры доходов медицинской организации и многообразие источников их поступления усугубляет неопределенность в отношении их планирования и прогнозирования. Государственные и бюджетные организации в условиях недофинансирования вынуждены работать в условиях конкуренции, а коммерческие медицинские организации принимать участие в программе обязательного медицинского страхования, делая, таким образом, свои доходы зависимыми от политики государства в области здравоохранения.

Доходы в медицине формируются на основе информации об оказанных услугах. В современных условиях, требующих оперативности и точности получения данных, обеспечения обоснованности и оперативности принятия управленческих решений [1], медицинские организации, оказывающие внушительное количество услуг ежедневно, активно используют для хранения и учета медицинские информационные системы (МИС), хранящие данные, которые служат информационной базой для прогнозирования ключевых показателей деятельности.

Прогнозирование представляет собой сложный процесс, автоматизация которого, кроме доступа к исходным данным, требует проведения довольно объемных расчетов. Вследствие ускорения темпов принятия решений и потребности быстрого реагирования на ситуацию, существует необходимость в простых для

восприятия информационно-технологических инструментах, позволяющих получать оценки в реальном времени, а также в перспективе. Разработка таких инструментов должна производиться на основании современного научно-методического аппарата прогнозирования и моделирования.

Моделировать динамику изменения доходов медицинской организации возможно с использованием различных моделей, например, трендовых, сезонных, связанных временных рядов [2]. Применение каждого метода реализуемо только при наличии соответствующей информационной базы. Построение тенденции основано на анализе одномерных временных рядов реально существующих статистических показателей, которые способны адекватно охарактеризовать поведение исследуемого показателя. Оценка ошибок прогнозов, которые являются неотъемлемой частью любой процедуры, является важным этапом.

### **Анализ существующих инструментов для прогнозирования доходов медицинской организации.**

В статье [3] проведен анализ возможностей крупнейших МИС российского производства в разрезе основных подсистем. На основании данной информации, можно рассмотреть более конкретно возможности данных программных продуктов для целей управления, а точнее, прогнозирования доходов медицинской организации. Наивысшие оценки за реализацию подсистем анализа деятельности медицинской организации получили следующие системы: Авиценна, ТеКоМед, Интерин PROMIS, Инфоклиника. Изучение возможностей данных программных продуктов показало, что, несмотря на широкие возможности учета и анализа медицинской и экономической информации, функции планирования и прогнозирования, в том числе и в части формирования доходов не реализованы.

Наряду с медицинскими информационными системами следует рассмотреть категорию программных продуктов, специализирующихся на аналитике, планировании, прогнозировании показателей формирующих доходы. Изучение их функционала интересно с точки зрения современных методологий прогнозирования. На настоящий момент существует достаточное количество подобных приложений (Novo Forecast, Forecast Pro, Lokad), использующих в своей работе следующие методы прогнозирования: метод скользящего среднего, модели экспоненциального сглаживания и классических кривых тренда, авторегрессионные и регрессионные модели, а также вероятностное прогнозирование, основанное на роботизации с использованием искусственного интеллекта и сеток графических процессоров.

Представленные выше программные решения в области прогнозирования являются передовыми в своем секторе, предлагают широкие возможности. Среди пользователей – крупнейшие мировые и российские производители товаров и услуг. Следует отметить, медицинских организаций среди них нет, что может говорить о специфичности прогнозирования в этой отрасли. В то же время, стоимость использования данных решений довольно высока.

## Выбор метода прогнозирования доходов медицинской организации с использованием временных рядов.

Рассмотрим возможность получения прогнозных данных с использованием временного ряда совокупных доходов абстрактной медицинской организации. Какой именно источник финансирования преобладает в структуре ее доходов неизвестно, поэтому невозможно оценить уровень влияния конкурентной среды и государственной политики. По этой причине в качестве основной гипотезы следует принять предположение, что вся совокупность факторов, влияющих на изменение доходов медицинской организации к настоящему моменту, будет иметь равное влияние и в будущем. Уровнями ряда  $Y_t$  будут являться фактические доходы за равные промежутки времени.

В соответствии с основной гипотезой предполагается невозможность выделения влияния конкретного фактора на анализируемый процесс. В данном случае ход изменения показателя доходов связываем с течением времени, общая модель временного ряда доходов медицинской организации будет выглядеть следующим образом:

$$Y_t = f(T_t, \varepsilon_t), \quad (1)$$

где:

$T$  – детерминированная неслучайная компонента процесса (тенденция и сезонные колебания);

$\varepsilon$  – случайная компонента процесса.

Для выполнения поставленной задачи могут быть использованы различные методики. Стандарты в области менеджмента качества определяют возможность использования статистических методов для осуществления прогнозирования. С целью нахождения наиболее подходящего метода прогнозирования доходов МО в части определения закономерности прогноза должна быть проведена работа по реализации существующих теоретических методов и моделей.

Очевидно, что перед построением прогноза следует исследовать исходные данные на предмет наличия общей тенденции. Для этой цели наиболее эффективен и дает хорошие результаты такой метод как кумулятивный Т-критерий [4]. Кумулятивный Т-критерий позволяет определить наличие не только самой тенденции, но и ее математического выражения – тренда. Выдвигается основная гипотеза об отсутствии тенденции в исходном временном ряду.

Расчетное значение критерия определяется по формуле:

$$T_p = \frac{\sum_n Z_n^2}{\sigma_y^2}, \quad (2),$$

где

$Z_n$  — накопленный итог отклонений эмпирических значений уровней исходного ряда от среднего его уровня;

$\sigma_y$  — общая сумма квадратов отклонений.

Расчетное значение кумулятивного Т-критерия сравнивается с критическими при заданном уровне значимости  $\alpha$ . Если расчетное значение  $T_p$  превышает критическое значение критерия  $T_{кр}$ , то гипотеза об отсутствии тенденции отвергается.



Убедившись в наличии основных тенденций временного ряда фактических доходов медицинской организации, можно перейти к построению закономерности. Данный этап предполагает, что основой построения прогноза является разработка достаточно адекватной функциональной зависимости, обладающей прогностическими свойствами. В данном случае ее достоверность будет зависеть от выбранного метода прогнозирования. Следует отметить, что не существует универсального метода прогнозирования. Его выбор всегда обусловлен в первую очередь спецификой прогнозируемых ситуаций и изучаемых систем [5].

Результатом обработки данных определенным методом и дальнейшей экстраполяции выбранной модели служит ряд прогнозных значений  $\tilde{Y}_t$  – ряд значений целевой функции во времени. Для последующей проверки точности применяется прогнозирование на недавно прошедшие периоды, для которых показатель исследуемой величины уже известен. Ошибкой прогноза является разность между действительным значением и его прогнозом [2]. На данном этапе дается оценка процесса прогнозирования на основе расчета и анализа показателей точности прогноза.

### **Критерии оценки результатов прогноза доходов медицинской организации.**

В одном из способов оценки методов прогнозирования используется суммирование абсолютных ошибок в виде среднего абсолютного отклонения (mean absolute derivation, mad). Наиболее полезно применение данного показателя в тех случаях, когда необходимо измерить ошибку в тех же единицах, что и исходный ряд:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |y_t - \tilde{y}_t|}{n} \quad (3)$$

При вычислении среднеквадратической ошибки (Mean Squared Error, MSE) каждая разница ошибки или погрешность возводится в квадрат, что подчеркивает большие ошибки прогноза. Данная особенность важна, так как метод прогнозирования, дающий средние по величине ошибки предпочтительней того, который обычно дает малые, а в некоторых случаях очень большие ошибки. Данный показатель вычисляется по формуле:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_t - \tilde{y}_t)^2}{n} \quad (4)$$

Средняя ошибка прогноза в процентах (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) – абсолютная ошибка прогноза в определенный момент времени деленная на действительное значение с последующим усреднением полученных процентных ошибок. Данный показатель измеряет относительные отклонения прогнозных значений от фактических, подчеркивает насколько велики ошибки прогноза по сравнению с действительными значениями ряда. MAPE вычисляется с помощью уравнения:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \tilde{y}_t|}{y_t} \quad (5)$$

Часто существует необходимость определить, является ли метод прогнозирования несмещенным (полученный прогноз оказывается заниженным или завышенным). В этих случаях используется средняя процентная ошибка (Mean Percentage Error, MPE):

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \quad (6)$$

Если метод прогнозирования является несмещенным, то показатель будет давать значение близкое к нулю. Если в результате получаем большое отрицательное (положительное) значение MPE, то метод прогнозирования является последовательно переоценивающим (недооценивающим). В формулах (3-6)  $n$  - количество элементов временного ряда. Чем меньше значение ошибок, тем функция наилучшим образом описывает тенденцию исходного временного ряда [2].

### Эксперимент по выбору метода прогнозирования доходов медицинской организации.

На основании описанной выше методики проведен ряд экспериментов по получению прогнозных данных доходов медицинской организации. На первом шаге сформирован исходный временной ряд  $Y_t$  фактических доходов медицинской организации за равные промежутки времени (рисунок 1). Конечный результат эксперимента – набор прогнозных значений исследуемого показателя  $\hat{Y}_t$ .



Рисунок 1. График изменения доходов МО

Установим наличие тенденции временного ряда доходов медицинской организации, вычислив значение кумулятивного Т-критерия в начальном предположении  $H_0$  об отсутствии тенденции в исходном временном ряду. На основании данных табл. 1 и (2)  $T_p = 23,56$ , что больше табличного значения для числового ряда данной длины  $T_p = 9,22$  [4]. В данном случае начальная гипотеза  $H_0$  неверна, для временного ряда доходов медицинской организации тенденция существует.

На следующем этапе в соответствии с методикой можем перейти к определению метода прогнозирования. С целью нахождения наиболее подходящего метода прогнозирования доходов медицинской организации в части определения закономерности прогноза проведена работа по реализации существующих теоретических методов и моделей [6] для временного ряда доходов медицинской организации:

- Метод экстраполяции;
- Метод скользящих средних;
- Метод экспоненциального сглаживания;
- Модель авторегрессии.

Таблица 1. Данные для расчета кумулятивного Т-критерия

№	$y_t$	$y_t^2$	$y_t - \bar{y}$	$Z_n$	$Z_n^2$
1	50,29	2529,08	6,0635	6,0635	36,766032
2	47,78	2282,93	8,5735	14,637	214,24177
3	63,97	4092,16	-7,6165	7,0205	49,28742
4	52,99	2807,94	3,3635	10,384	107,82746
5	47,11	2219,35	9,2435	19,6275	385,23876
6	50,6	2560,36	5,7535	25,381	644,19516
7	47,18	2225,95	9,1735	34,5545	1194,0135
8	48,29	2331,92	8,0635	42,618	1816,2939
9	51,79	2682,2	4,5635	47,1815	2226,0939
10	52,37	2742,62	3,9835	51,165	2617,8572
11	57,09	3259,27	-0,7365	50,4285	2543,0336
12	52,92	2800,53	3,4335	53,862	2901,115
13	51,67	2669,79	4,6835	58,5455	3427,5756
14	60,53	3663,88	-4,1765	54,369	2955,9882
15	68,21	4652,6	-11,8565	42,5125	1807,3127
16	65,42	4279,78	-9,0665	33,446	1118,6349
17	67,47	4552,2	-11,1165	22,3295	498,60657
18	62,61	3920,01	-6,2565	16,073	258,34133
19	65,82	4332,27	-9,4665	6,6065	43,645842
20	62,96	3963,96	-6,6065	-5,684E-14	3,231E-27
<b>ИТОГО</b>		<b>64568,8</b>	<b>-5,684E-14</b>	<b>64568,8149</b>	<b>24846,069</b>

В таблице 2 представлены результаты эксперимента в виде полученных функциональных зависимостей для каждого метода прогнозирования, а также совокупность рассчитанных погрешностей для каждого из них.

Результат эксперимента оценивался с точки зрения достоверности посредством вычисления ошибки между прогнозным значением дохода и фактическим. Погрешности прогноза, рассчитанные для каждого примененного метода, позволяют определить наиболее подходящий вариант для данного набора данных. По совокупности показателей для автоматизации процесса прогнозирования временного ряда доходов медицинской организации, наиболее предпочтительным является использование модели авторегрессии с точки зрения минимизации погрешности полученного результата.

Таблица 2. Результаты эксперимента

Метод прогнозирования / Функция, характеризующая временной ряд	MAD	MSE	MAPE	MPE
Линейная экстраполяция $y = 0.8973x + 46,932$	3,9667	25,9351	0,0706	-0,0080
Полиномиальная экстраполяция $y = -0,0113x^3 + 0,4222x^2 - 3,5691x + 58,095$	3,7305	21,9680	0,0650	-0,0068
Экспоненциальная экстраполяция $y = 47,331e^{0,0158x}$	3,9043	25,2395	0,0690	-0,0035
Метод экспоненциального сглаживания $L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} - T_{t-1})$ $T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$ $\widehat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t$	3,9831	35,5427	0,0676	0,0276
Скользящей средней $\widehat{y}_{t+1} = \frac{1}{m} \sum_{i=t-m+1}^t y_i, m = 2$	4,2486	36,5768	0,0739	0,0157
Авторегрессия $Y_i = 19,50 + 0.66Y_{i-1} + \delta_i$	3,6756	21,1770	0,0655	-0,0034

**Описание методики прогнозирования доходов МО с применением модели авторегрессии и проведение вычислительного эксперимента.**

В качестве инструмента для построения прогноза принята модель авторегрессии. Эта модель представляет собой величину корреляции между значениями, разделенными  $p$  временными интервалами и выглядит следующим образом [0]:

$$Y_i = A_0 + A_1 Y_{i-1} + A_2 Y_{i-2} + \dots + A_p Y_{i-p} + \delta_i \quad (7)$$

где

$Y_{i-p}$  – наблюдаемое значение временного ряда в момент  $(i - p)$ ,

$A_n$  – коэффициенты модели авторегрессии,

$p$  – порядок модели авторегрессии.

Параметром алгоритма является уровень упреждения прогноза, количество периодов  $m$  на которое будет составлен прогноз. Исходный временной ряд доходов МО не всегда принимает вид, аналогичный представленному на рисунке 1. Изучение графиков изменения различных источников доходов показало возможность присутствия трендовых и сезонных составляющих во временных рядах (рисунок 2). Данный результат следует учесть при построении модели авторегрессии.

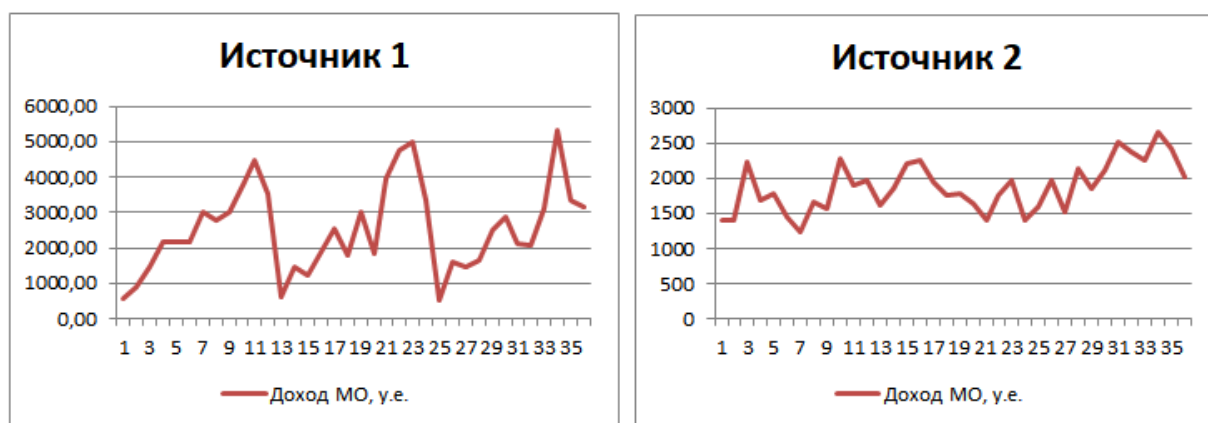


Рисунок 2. Изменение доходов различных источников

Обязательным условием применения авторегрессионной модели для прогнозирования является стационарность временного ряда – постоянство характеристик во времени. Наличие сезонности и тренда предполагает приведение исходного временного ряда к стационарности, что может быть реализовано посредством предварительной обработки исходных данных:

- Логарифмирование – уменьшает вариацию исходных данных, стабилизирует дисперсию:

$$Y_{lni} = \ln(Y_i) \quad (8)$$

- Вычисление разностного ряда в соответствии с сезонной структурой временного ряда, при условии, что сезонный лаг равен  $u$ :

$$\Delta_u^1 Y_{Dlni} = Y_{lni} - Y_{lni-u} \quad (9)$$

- Вычисление последовательных разностей для приведения временного ряда к стационарному виду:

$$Y_{Dlni} = Y_{lni} - Y_{lni-u} \quad (10)$$

Последнее преобразование осуществляется в случае, если предыдущие операции не привели к ожидаемому результату. Предварительную обработку исходного временного ряда необходимо завершить в тот момент, когда он приведен к стационарному виду. Для выявления этого события используется тест Дики-Фуллера.

Далее построение модели сводится к расчету коэффициентов  $A_n$ . Модель можно рассматривать как линейную множественную регрессию, коэффициенты которой можно оценить на основе классического метода наименьших квадратов, записав для модели следующее уравнение регрессии [7]:

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 y_{i-1} + b_2 y_{i-2} + \dots + b_p y_{i-p}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (11)$$

Коэффициенты уравнения являются оценками для  $A_0, A_1, \dots, A_p$  соответственно. Реализацию метода наименьших квадратов будем проводить в матричной форме по формуле:

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y, \quad (12)$$

где  $b$  – матрица коэффициентов модели авторегрессии:

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_p \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$X$  – матричная запись системы нормальных уравнений, имеющей вид:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & y_0 & y_{-1} & y_{-p+1} \\ 1 & y_1 & y_0 & y_{-p+2} \\ 1 & y_2 & y_1 & y_{-p+3} \\ 1 & \dots & \dots & \dots \\ 1 & y_{n-1} & y_{n-2} & y_{n-p} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

$y$  – матрица значений исходного временного ряда:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad (15)$$

Начальные значения  $y_0, y_{-1}, \dots, y_{-p+1}$ , входящие в матрицу  $X$ , как правило, неизвестны, и поэтому их необходимо доопределить. Определим  $y_0 = \bar{y}$  – среднее значение наблюдаемых значений,  $y_{-1} = y_{-2} = \dots = y_{-p+1} = 0$ .

На основании исчисленных коэффициентов могут быть получены прогнозные значения доходов медицинской организации, путем подстановки элементов исходного временного ряда в полученную формулу и финишной обработки, предполагающей процесс обратный предварительной.

Выбор порядка авторегрессионной модели производится на основании информационного критерия Акаике [8]:

$$AIC = \ln \widetilde{\sigma^2} + \left(\frac{r}{n}\right) \times r, \quad (16)$$

где:

$\widetilde{\sigma^2}$  – сумма квадратов остатков прогноза, деленная на количество наблюдений,

$n$  – число наблюдений,

$r$  – число оцененных параметров модели.

Первое слагаемое представляет собой штраф за большую дисперсию, второе – штраф за использование дополнительных переменных. Критерии рассчитываются для каждой построенной модели. При сравнении типов моделей предпочтение отдается спецификации, которая имеет наименьшие значения критерия:

$$d = \text{Min}(AIC_i), i = 1, 2 \dots p \quad (17)$$

Таким образом, описанный выше методика может быть представлена в виде схемы, изображенной на рисунке 3.

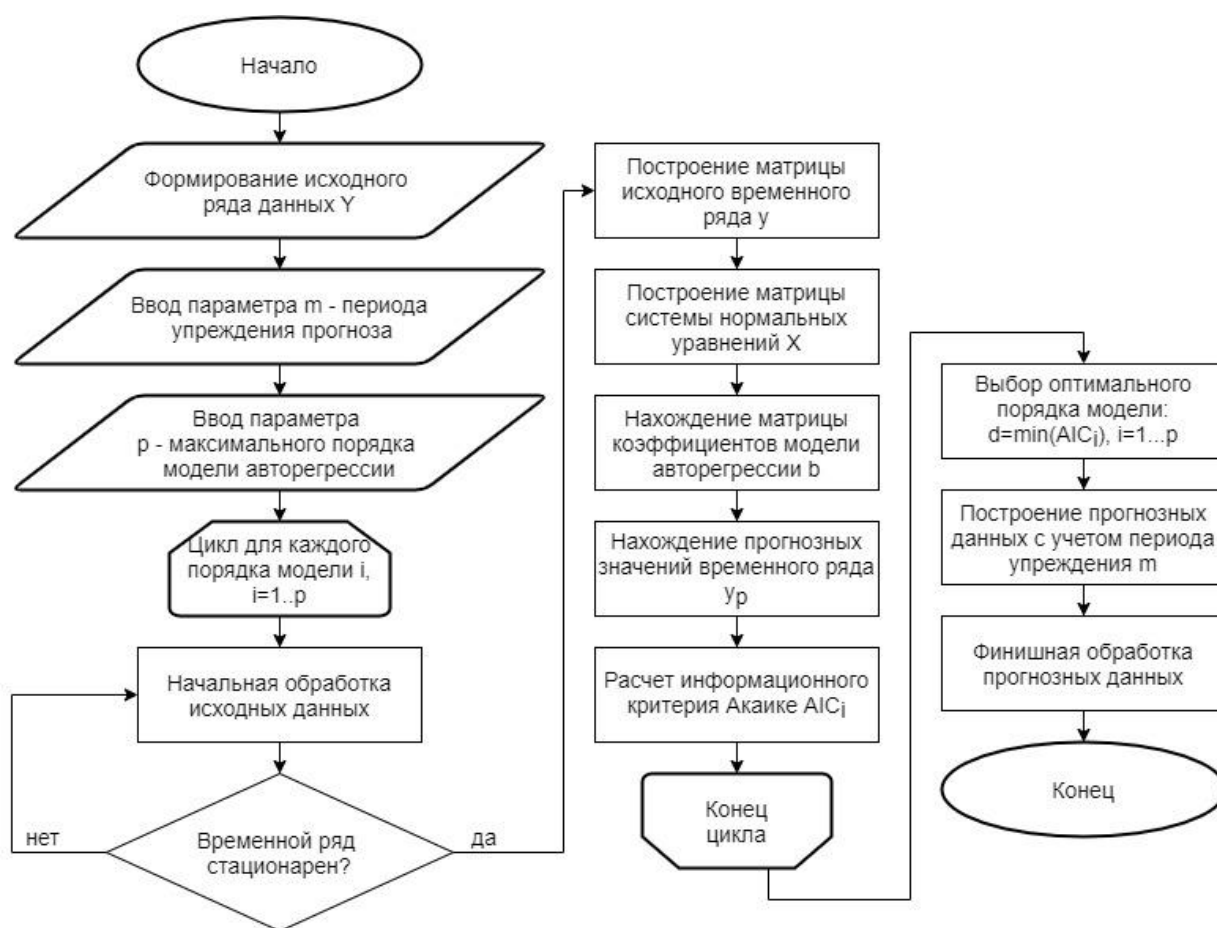


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма прогнозирования доходов МО с использованием модели авторегрессии

### Описание программного модуля прогнозирования доходов медицинской организации.

Программный модуль «Прогнозирование», разработанный на основании описанной выше методики и алгоритма прогнозирования доходов медицинской организации с использованием модели авторегрессии, является частью информационной системы мониторинга исполнения плановых показателей доходов медицинской организации.

Исходными данными для проведения процесса прогнозирования являются данные о фактических доходах медицинской организации, хранящиеся в базе данных информационной системы. Для формирования базового временного ряда для прогнозирования пользователю необходимо определить временной интервал, а также указать уровень детализации расчетных данных, позволяющий получить прогноз доходов в рамках источника финансирования, услуги, договора или контрагента.

Интерфейс прогнозирования определяет ввод параметров прогнозирования: периода упреждения прогноза, максимального порядка авторегрессионной модели (согласно методике  $m$  и  $p$  соответственно). После визуального осмотра графика сформированного временного ряда (рисунок 4) необходимо оценить сезонный лаг и задать амплитуду сезонности. Данное начальное условие необходимо

для проведения алгоритмом предварительной обработки данных и приведения ряда к стационарному виду.

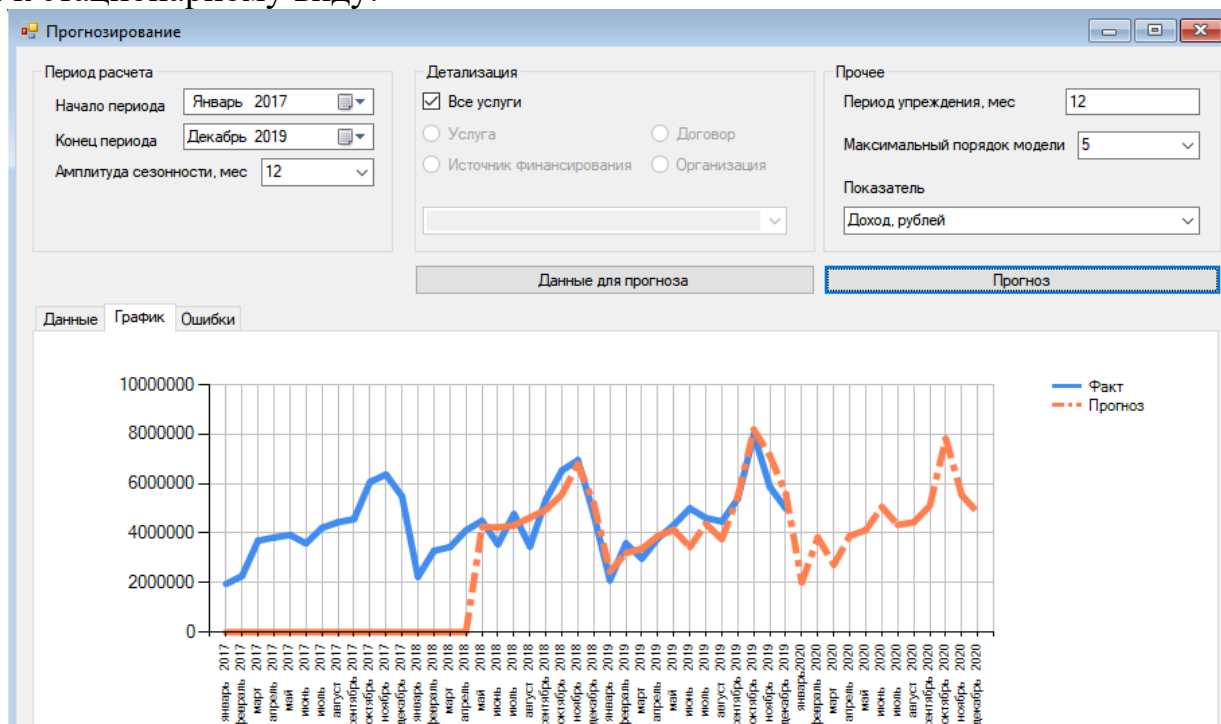


Рисунок 4. Интерфейс модуля «Прогнозирование» ИС мониторинга исполнения плановых показателей доходов медицинской организации

На основании введенных данных после проведения обработке алгоритм модуля создает авторегрессионные модели различных порядков до  $p$ . Результаты прогноза оптимальной модели интерпретируются в табличном и графическом представлении. В рамках работы модуля предусмотрен вывод результатов оценки результата модели прогнозирования.

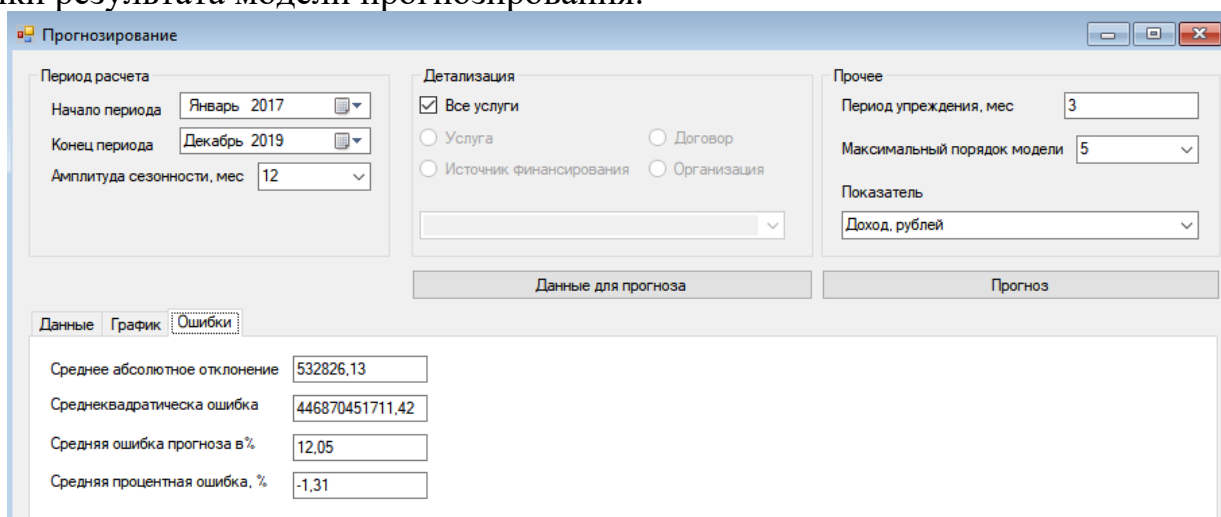


Рисунок 5. Вывод результатов оценки модели модуля «Прогнозирование» ИС мониторинга исполнения плановых показателей доходов медицинской организации



## Заключение

С целью получения прогноза доходов медицинской организации описана методика, осуществляющая прогнозирование на основании имеющейся информационной базы – временного ряда доходов медицинской организации за равные промежутки времени. В рамках эксперимента по выбору метода для прогнозирования выполнено моделирование исходных данных с использованием нескольких методов прогнозирования, построены соответствующие функциональные зависимости.

Результат эксперимента оценивался с точки зрения достоверности посредством вычисления ошибки между прогнозным значением дохода и фактическим. Погрешности прогноза, рассчитанные для каждого примененного метода, позволяют определить наиболее подходящий вариант для данного набора данных. По совокупности показателей для автоматизации процесса прогнозирования временного ряда доходов медицинской организации, наиболее предпочтительным является использование модели авторегрессии с точки зрения минимизации погрешности полученного результата.

Для выбранного метода разработан алгоритм, ставший основой для автоматизации процесса прогнозирования доходов медицинской организации. В рамках информационной системы мониторинга исполнения плановых показателей доходов медицинской организации создан модуль прогнозирования, позволяющий реализовать ввод параметров моделирования, сформировать исходный ряд данных, выбрать и реализовать оптимальную модель.

## Список использованных источников и литературы

1. Методические рекомендации по обеспечению функциональных возможностей медицинских информационных систем медицинских организаций (МИС МО). Утверждены министром здравоохранения РФ В. И. Скворцовой 01.02.2016. (письмо Минздрава РФ № 18–0/10/2–603 от 05.02.2016).
2. Ханке Дж. Э., Рейч А. Г., Вихерн Д. В. Прогнозирование бизнеса. – Верхняя Река Седла, Нью-Джерси : Прентис Холл. – 2001. – Т. 9.
3. Киреев В. С., Агамов Н. А. Сравнительный обзор медицинских информационных систем, представленных на российском рынке. Теория. Практика //Инновации. – 2017. – Т. 7. – №. 19. – С. 184-93.
4. Садовникова Н. А., Шмойлова Р. А. Анализ временных рядов и прогнозирование. Вып. 3: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ, 2009. – 264 с.
5. Капитанова О. В. Прогнозирование социально-экономических процессов: Учебно-методическое пособие // Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет. – 2016. – 74 с.
6. Семиохин С. И. Обзор современных подходов к прогнозированию временных рядов, Молодежный научно-технический вестник. – 2017. № 12. – С. 3.
7. Воскобойников Ю. Е. Эконометрика в Excel : учеб. пособие. Ч. 2. Анализ временных рядов / Ю. Е. Воскобойников : Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2008. – 152 с.

8. Трегуб А. В., Трегуб И. В. Методика построения модели ARIMA для прогнозирования динамики временных рядов //Лесной вестник/Forestry bulletin. – 2011. – №. 5.

9. Садыкова Ю. Ж. Оценка трендов, характеризующих уровень развития здравоохранения в России //Дискуссия. – 2017. – №. 5 (79).

### List of references

1. Methodological recommendations to ensure the functional capabilities of medical information systems of medical organizations (MIS MO). Approved by the Minister of Health of the Russian Federation V. I. Skvortsova 02/01/2016. (Letter of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 18–0 / 10 / 2–603 of 02/05/2016).

2. Hanke J. E., Reitsch A. G., Wichern D. W. Business forecasting. – Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall. – 2001. – Т. 9.

3. Kireev V. S., Agamov N. A. Comparative review of medical information systems presented on the Russian market. Theory. Practice // Innovations. – 2017. – Т. 7. – No. 19. – P. 184-93.

4. Sadovnikova N. A., Shmoylova R. A. Analysis of time series and forecasting. Vol. 3: Educational complex. – M.: Publishing. EAOI Center, 2009. – 264 p.

5. Kapitanova O. V. Forecasting of socio-economic processes: educational-methodical manual. // Nizhny Novgorod : Nizhny Novgorod State University. – 2016. – 74 s.

6. Semiokhin S. I. Review of modern approaches to forecasting time series, Youth Scientific and Technical Bulletin. – 2017. No. 12. – P. 3.

7. Voskoboinikov Yu. E. Econometrics in Excel: textbook. allowance. Part 2. Analysis of time series / Yu. E. Voskoboinikov: Novosib. state architecture.-builds. un-y – Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2008 . – 152 p.

8. Tregub A.V., Tregub I.V. Methodology for constructing the ARIMA model for predicting the dynamics of time series // Forestry Bulletin / Forestry bulletin. – 2011. – No. 5.

9. Sadykova Yu. Zh. Assessment of trends characterizing the level of health care development in Russia // Discussion. – 2017. – No. 5 (79).

# СЕМЕРИКОВ А. В. ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ФИГУРЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

УДК 378.141.21:330.47, ВАК 05.13.01

Оценка площади фигуры на основе  
метода Монте-Карло

Estimation of the area of a figure  
based on the Monte Carlo method

**А. В. Семериков**

**A. V. Semerikov**

Ухтинский государственный  
технический университет, г. Ухта

Ukhta State Technical University,  
Ukhta

*В статье рассматривается модель оценки площади разнообразных плоских фигур методом Монте-Карло. Представлены конкретные результаты работы модели. Точность расчетов оценивалась путем сравнения полученных результатов с классическими формулами определения площади. Модель реализована на платформе 1С Предприятие и инструментальном средстве AnyLogic.*

*The article deals with the model of estimating the area of various planar figures. The specific results of the model are presented. The accuracy of the calculations was evaluated by comparing the results obtained with the classical area determination formulas. The model is implemented on the platform 1C Enterprise and tool AnyLogic.*

**Ключевые слова:** метод Монте-Карло, имитационное моделирование, инструментальное средство AnyLogic, площадь плоской фигуры датчик псевдослучайных чисел, равномерно распределенные точки, площадь плоской фигуры

**Keywords:** Monte Carlo method, simulation, tool, AnyLogic, area of a flat figure pseudo-random number sensor, uniformly distributed points, area of a flat figure.

## Введение

На практике очень часто встречаются задачи по определению площади плоских фигур и объема трехмерных фигур. Хорошо известны формулы для определения площади или объема для прямоугольника, треугольника, конуса и так далее. Для определения площади неклассических фигур используется метод Монте-Карло [1, 2]. Идея данного метода состоит в использовании случайных чисел для получения оценки площади разнообразных фигур.

Для наглядной иллюстрации работы алгоритма по оценке площади фигуры рассмотрим имитационную модель по определению площади круга радиусом  $R$ , уравнение окружности которого с центром в начале координат имеет вид  $x^2 + y^2 = R^2$ . Последовательность действий состоит в следующем.

1. Круг вписывается в квадрат со стороной  $2 \cdot R$ .

2. С помощью датчика псевдослучайных чисел определяем равномерно распределенную точку с координатами  $(x, y)$  внутри квадрата.

3. Определяется принадлежность точки на основе выполнения условия

$$x^2 + y^2 \leq R^2.$$

4. Определяется оценка площади  $F$  круга по формуле  $F = m/n * R^2$ , где  $m$  – количество точек внутри круга,  $n$  – количество испытаний.

5. Определяется доверительный интервал

$$\bar{F} - \frac{s}{\sqrt{N}} t_{\alpha/2, N-1} \leq F \leq \bar{F} + \frac{s}{\sqrt{N}} t_{\alpha/2, N-1}, \quad (1)$$

где  $t_{\alpha/2, N-1}$  – коэффициент Стьюдента,  $\bar{F}$  – среднее значение площади,  $N$  – количество прогонов,  $\alpha$  – коэффициент значимости,  $s^2$  – дисперсия.

Из выражения (1) по определению доверительного интервала видно, что погрешность вычисления пропорциональна квадратному корню от количества испытаний. То есть для уменьшения погрешности в 10 раз надо увеличивать количество испытаний в 100 раз. Поэтому при конкретной реализации рассматриваемого метода представляется необходимым проведения мероприятий для снижения количества испытаний без увеличения погрешности.

На практике для вычисления площади круга, прямоугольника и тому подобных всем известных фигур использовать метод Монте-Карло не имеет смысла, так как имеются формулы определения площади, применение которых гораздо эффективнее, чем имитационный метод. В то же время, если фигура имеет сложные очертания, имитационный метод может оказаться весьма эффективным и даже единственным.

### Экспериментальная часть.

В настоящей статье представлено описание реализации метода Монте-Карло для определения площади разнообразных фигур. Для иллюстрации работы алгоритма расчета рассмотрим фигуру (рисунок 1).

На рисунке 1 изображены точки, которые принадлежат эллипсу. В рассматриваемом случае линия очертания является эллипсом.

Центр эллипса располагается в точке  $(5, 4)$ .

$$\frac{(x-5)^2}{5^2} + \frac{(y-4)^2}{4^2} = 1 \quad (2)$$

Площадь эллипса легко вычисляется. Она равно  $3,14 * 5 * 4 = 62,8$

Реализация алгоритма расчета в этом случае не вызывает затруднений, так как для определения принадлежности случайной точки  $x_i, y_i$  к искомой площади легко определяется из условия

$$\frac{(x-5)^2}{5^2} + \frac{(y-4)^2}{4^2} \leq 1 \quad (3)$$

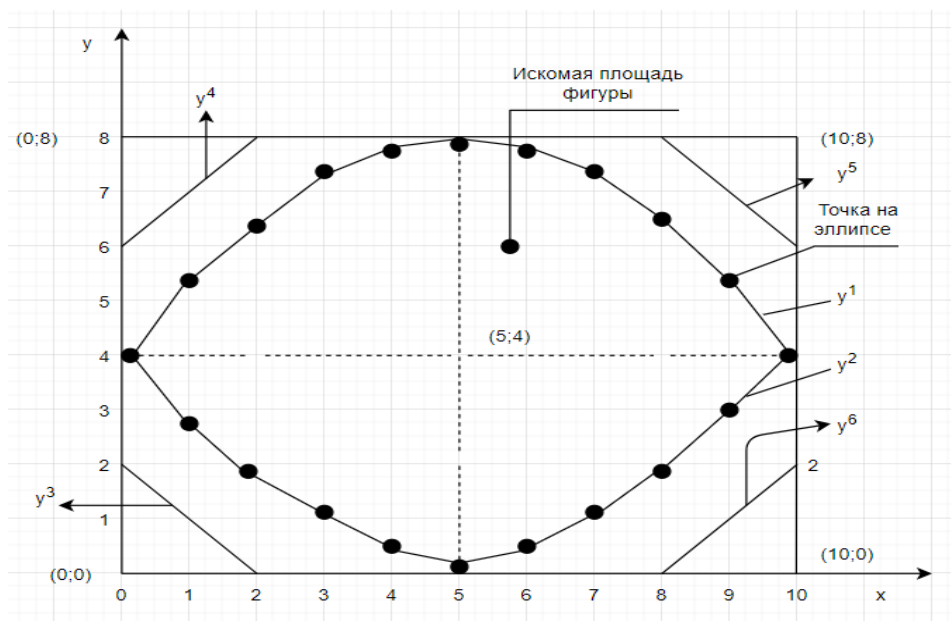


Рисунок 1. Эллипс с нанесенными точками, которые соединены прямыми линиями.

Пригодность рассматриваемой модели расчета проверялась в начале на расчете оценки  $F$  площади эллипса, при проведении 10 прогонок, в каждой из которой были определены координаты 10000 равномерно распределенные точек. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ про- гонки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$	62,367	62,96	62,856	62,616	63,096	62,456	62,926	63,24	62,96	62,992nf

Как видно из таблицы 1 оценки площади имеют разброс. Результат эксперимента согласно выражения (1) при уровне значимости 0,05 имеет доверительный интервал  $62,65 \leq F \leq 63,04$ . При этом истинное значение площади эллипса равно 62,8.

Далее проверим работу алгоритма на фигуре, очертания которой выполнены путем соединения прямыми линиями соседних точек (рисунок 1).

Значения координат  $(x, y)$  точек в рассматриваемом случае можно определить из выражения (2). Эллипс был выбран исключительно для демонстрации и контроля правильности проводимых расчетов. В других случаях координаты точек могут быть определены путем простого измерения и представлены в виде двухмерных массивов, таблица 1. Тем самым можно моделировать различные комбинации изгибов линий очертания всевозможных фигур.

Таблица 2

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$y_i^1$	4	6,4	7,2	7,666	7,919	8	7,919	7,666	7,2	6,4	4
$y_i^2$	4	1,6	0,8	0,333	1,6	0	0,081	0,333	0,8	1,6	4

Количество точек в рассматриваемом примере выбрано 11. Естественно при увеличении их количества очертания линий будут приближаться очертанию эллипса. Уравнения линий, соединяющие соседние точки имеют вид.

Для строки  $y_i^1$

$$y = y_i^1 - \frac{y_{i+1}^1 - y_i^1}{x_{i+1} - x_i} (x_i - x) \quad (4)$$

Для строки  $y_i^2$

$$y = y_i^2 - \frac{y_{i+1}^2 - y_i^2}{x_{i+1} - x_i} (x_i - x) \quad (5)$$

Линия очертания фигуры изображается в виде произвольной ломаной линии, поэтому в этом случае необходимо организовать мероприятия по определению принадлежности случайной точки к области, для которой выполняется оценка площади. Воспользоваться простым выражением (1) не представляется возможным.

Последовательность действий в данном примере состоит в следующем.

1. Определяется случайное значение  $x$ , которое может принимать значение от 0 до 10.
2. Определяется согласно таблицы 1 интервал  $x_i, x_{i+1}$  попадания текущего значения  $x$
3. Определяются значения  $y$  для  $y_i^1, y_i^2$  (рисунок 1).
4. Определяется случайное значение  $y$ , которое может принимать значение от 0 до 8.
5. Определяется принадлежность точки к пространству, для которого вычисляется площадь, по условиям

$$y_i^2 \leq y \leq y_i^1, \quad (6)$$

Оценки  $F$  площади фигуры, построенной согласно таблицы 2, при проведении 10 прогонок, в каждой из которой были определены координаты 10000 равномерно распределенные точек, представлены в таблице 3.

Таблица 3

№ прогонок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$	60,304	60,672	60,72	60,368	61,056	60,384	60,912	60,92	60,088	60,064

Как видно из таблицы 3 оценки площади имеют разброс. Результат эксперимента выразим согласно выражения (1) через доверительный интервал, который при уровне значимости 0,95 имеет вид  $60,53 \leq F \leq 60,96$ . При этом истинное значение площади фигуры равно 60,74.

Разработанная имитационная модель оценки площади фигуры позволяет установить влияние уменьшения размера площади, в которую вписана исследуемая фигура, на оценку искомой площади. В рассматриваемом примере выполнено отсечение углов (рис.1) с помощью линий, уравнения которых имеют следующие виды.

$$y^3 = 2 - x; y^4 = 6 + x; y^5 = -8 + x; y^6 = 16 - x; \quad (7)$$

Оценки  $F$  площади фигуры при проведении 10 прогонок, в каждой из которой были определены координаты 10000 равномерно распределенных точек, представлены в таблице 4.

Таблицы 4

№ про- гонки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$	60,92	60,69	60,44	60,47	60,37	60,92	60,41	60,78	61,02	61,18

Согласно данных эксперимента, представленных в таблице 4 доверительный интервал при уровне значимости 0,05 имеет вид  $60,52 \leq F \leq 60,92$ . Сравнивая последний с предыдущим доверительным интервалом, можно заметить положительное влияние уменьшения описывающей площади на оценку искомой площади.

Выше проиллюстрированы результаты экспериментов на достаточно простой фигуре. В то же время разработанная модель расчета может быть использована и для оценки площади более сложных фигур. Для этого достаточно нанести точки и соединить линиями, уравнения которых могут быть и не линейными.

На рассматриваемой модели оценки площади фигуры проводились эксперименты на случай определения площади разнообразных фигур. Так на пример, модель расчета позволяет вычислить площадь фигуры, представленной на рис 2, на котором внутри эллипса находится пустое пространство в виде эллипса.

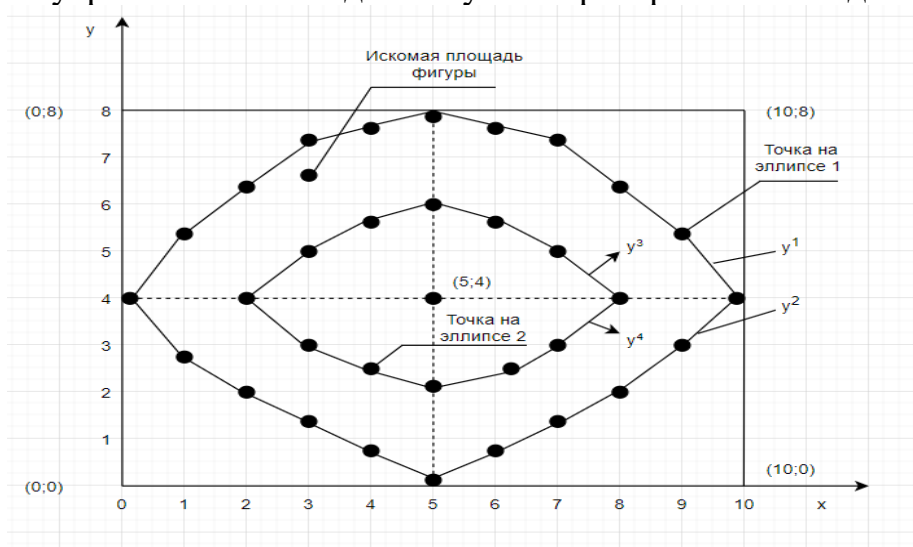


Рисунок 2. Определение площади фигуры с пустым пространством.

Точки на рисунке 2 соединены прямыми линиями, согласно данным в таблице 5.

Координаты точек при этом определяются согласно выражения (8).

$$\frac{(x-5)^2}{3^2} + \frac{(y-4)^2}{2^2} = 1 \quad (8)$$

Их значения представлены двумя новыми строчками  $y_i^3, y_i^4$  в таблице 5.

Таблица 5

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$y_i^1$	4	6,4	7,2	7,666	7,919	8	7,919	7,666	7,2	6,4	4
$y_i^3$	0	0	4	5,49	5,88	6	5,88	5,49	4	0	0
$y_i^4$	0	0	4	2,51	2,11	2	2,11	2,5	4	0	0
$y_i^2$	4	1,6	0,8	0,333	1,6	0	0,081	0,333	0,8	1,6	4

В результате проведенных 10 экспериментов, представленных в таблице 6, можно утверждать, что искомая величина площади фигуры с вероятностью 0,95 находится в доверительном интервале  $43,46 \leq F \leq 43,83$

Таблица 6

№ про- гонки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$	43,68	43,67	43,96	43,11	43,43	43,56	43,77	43,87	43,78	43,75

### Заключение

1. Представлены результаты расчета оценки площади фигур, очертания которых представлены прямыми линиями, соединяющие точки, координаты которых могут иметь произвольные значения. Для запуска программы достаточно заполнить массивы с координатами точек.

2. Проиллюстрирована эффективность работы алгоритма на примерах расчета площади эллипса, величину которой можно легко вычислить по классической формуле.

3. Представленную модель расчета можно использовать для оценки объема разнообразных фигур. Для этого достаточно выполнить расчет по определению площади вложенных фигур (рисунок 2) в заданном количестве и применить формулы для усеченного конуса.

4. Реализация модели расчета осуществлялась на платформе 1С «Предприятие» [3] и инструментальном средстве Anylogic [4].

### Список использованных источников и литературы

1. Соболев И. М. Метод Монте-Карло – М.: Наука, 1985. – 80 с.
2. Таха Х. А. Введение в исследование операций / Х. А. Таха. – 7-е изд.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
3. 1С: Предприятие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www/1c.ru> (Дата обращения: 13.05.2020)
4. Компания AnyLogic. AnyLogic Помощь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.anylogic.com/anylogic/help/](http://www.anylogic.com/anylogic/help/) (Дата обращения: 21.05.2020)

### List of references

1. Sobol I. M. Monte Carlo Method – M.: Science, 1985. – 80с.
2. Kh. Taha Introduction to the study of operations / Kh. A. Taha. - 7th ed .; trans. with English. – M .: Williams Publishing House, 2005. – 912 p.
3. 1C Enterprise, <http://www/1c.ru>, accessed May 13, 2020.
4. The AnyLogic Company. AnyLogic Help, <http://www.anylogic.com/anylogic/help/>, accessed May 21, 2020.



## МАКРИДЕНКО Е. ФОРМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА

УДК 338.2, ВАК 08.00.00, ГРНТИ 06.00.00

Формы стимулирования инновационного развития малого бизнеса

Forms of stimulation of innovative development of small business

**Е. Макриденко**

**E. Makridenko**

Московский политехнический университет, г. Москва

Moscow Polytechnic University  
Moscow

*В данной научной статье при рассмотрении вопросов модернизации промышленности на основе привлечения инвестиций в инновационное развитие отечественных предприятий весьма важным является проблема стимулирования хозяйствующих субъектов. При решении поставленных проблем реализации инновационной модели развития национальной экономики политика должна формироваться на принципах системного подхода, обеспечивая интересы основных участников национального рынка.*

*In this scientific article, when considering industry modernization based on attracting investment in the innovative development of domestic enterprises, the problem of stimulating business entities is very important. In solving the problems posed by the implementation of the innovative model for the development of the national economy, policies should be formed on the principles of a systematic approach, ensuring the interests of the main participants of the national market.*

**Ключевые слова:** инновации, налогообложение, модернизация, стимулирование, кластеры, малый бизнес, промышленность.

**Keywords:** innovation, taxation, modernization, stimulation, clusters, small business, industry

### Введение

Особое место в системе прямых экономических мер воздействия государства на инновационные процессы занимают меры, стимулирующие кооперацию промышленных корпораций в области научных исследований, а также кооперацию университетов с промышленностью.

Важнейшую роль играют налоговые льготы, используемые для поощрения тех направлений деятельности корпораций, которые желательны с точки зрения государства, в том числе льготы, направленные на стимулирование научно-технического прогресса, экспорта и деловой активности инновационного бизнеса.

Среди налоговых льгот выделяются пять основных:

– скидки на прибыль в размере капиталовложений в новое оборудование и

строительство;

- скидки с налога на прибыль в размере расходов на НИОКР;
- отнесение к текущим затратам расходов на отдельные виды оборудования, обычно используемого в научных исследованиях;
- создание за счет фонда прибыли фондов специального назначения, необлагаемых налогом;
- обложение прибыли по пониженным ставкам.

Налоговые льготы на капитальные вложения чаще всего предоставляются в виде «инвестиционного налогового кредита». Как правило, эта льгота дается компаниям, направляющим инвестиции на внедрение новой техники, оборудования, технологий и т.п. Инвестиционная налоговая скидка предоставляется лишь после ввода новой техники в эксплуатацию. Право на получение налоговой скидки наступает для компании автоматически: его не надо доказывать и обосновывать, так как оно закреплено законодательством [3].

Существует и практика установления потолка размера списания налогов по скидкам на НИОКР. В Японии и Южной Корее он не должен превышать 10% от суммы корпоративного налога. А в Канаде, Испании и на Тайване потолок существенно выше – соответственно 75, 35 и 50 %. В Австралии, Франции, Италии и Нидерландах установлен стоимостный предел налоговой скидки.

Государственное регулирование инновационных процессов также предусматривает предоставление предприятиям инновационного сектора налоговых и кредитных льгот в финансировании НИОКР в наукоемком промышленном производстве, например, в разработке новых материалов [4]. Протекционистская политика в продвижении наукоемкой продукции сказывается на установлении высоких импортных таможенных тарифов. Кроме 100% списания расходов на НИОКР при определении облагаемой налогом базы и ускоренной амортизации капитальных вложений установлена налоговая льгота (налоговый кредит) на НИОКР, что составляет 20% от прироста расходов на научно-исследовательскую деятельность по окончании определенного времени.

Для мелких и средних предприятий налоговые льготы позволяют снижать налогооблагаемый доход на 20% в случае, если превышен предыдущий максимальный уровень расходов на НИОКР, либо уменьшать налоговые выплаты на 6% от величины расходов на исследования и разработки, но в этом случае уменьшение не должно составлять более 15% от налоговых обязательств фирмы. Расходы, которые фирмы несут при платежах исследовательским учреждениям в связи с научно-технологическим развитием, также могут вычитаться из налогооблагаемой прибыли.

В мировой практике используются также следующие основные формы стимулирования малых инновационных предприятий:

- ✓ прямое финансирование, которое достигает 50% расходов на создание новой продукции и технологий, а также целевые дотации на научно-исследовательские разработки;
- ✓ предоставление ссуд, в том числе без выплаты процентов;

✓ создание фондов внедрения инноваций с учетом возможного коммерческого риска и безвозмездные ссуды, достигающие 50% затрат на внедрение новшеств (Германия);

✓ снижение государственных пошлин для индивидуальных изобретателей и отсрочка уплаты пошлин или освобождение от них, если изобретение касается экономии энергии (Австрия, Германия, США и др.);

✓ бесплатное ведение делопроизводства по заявкам индивидуальных изобретателей, бесплатные услуги патентных поверенных, освобождение от уплаты пошлин (Нидерланды, Германия).

Налоговые льготы, связанные с системой амортизационных списаний, используются для стимулирования опережающего развития конкретных отраслей, поощрения НИОКР или для общего инвестиционного оживления [2]. В рамках Евросоюза принят ряд международных программ, направленных на активизацию инновационных процессов и содействие распространению инноваций, например, «План развития международной структуры инноваций и передачи технологий», программа ESPRIT и т.д.

Общая информация о налоговых стимулах, которые применяются в странах Европы, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Направления применения налоговых стимулов в странах Европы

Страны	Австрия	Англия	Бельгия	Дания	Ирландия	Испания	Италия	Германия	Нидерланды	Португалия	Финляндия	Франция	Швеция
Виды инновационной деятельности	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Расходы на исследования и разработки		+	+			+	+		+	+		+	
Расходы на приобретение оборудования, предназначенного исключительно для проведения исследований и разработок	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Трансферт технологий					+	+							
Производственное проектирование						+						+	
Обучение работников для инновационных целей						+	+					+	
Заключение контрактов с исследователями		+				+	+		+	+		+	+
Сотрудничество предприятий с опытными организациями		+	+			+	+			+		+	
Приобретение программного обеспечения						+						+	
Создание новых инновационных предприятий												+	

Многие зарубежные страны также эффективно используют «кластерный подход» в формировании и регулировании своих национальных инновационных программ. Важной отличительной чертой кластера является его инновационная ориентированность [1, 5]. Наиболее успешные кластеры формируются там, где осуществляется или ожидается «прорыв» в области техники и технологии производства с последующим выходом на новые «рыночные ниши».

Кластерный подход создает хорошую основу для создания новых форм объединения знаний. Промышленная политика с ориентацией на кластеры стимулирует возникновение «новых комбинаций» и косвенным образом поддерживает их, особенно в сфере образования и научно-исследовательских работ, а также через внедренческие посреднические центры.

Например, очень важную роль на европейском уровне играют такие программы кооперации, как «Эврика» («Eureka»). Они сводят вместе потенциальных партнеров, не сумевших приобрести необходимые им дополнительные знания на местном уровне. Разумеется, определенную роль в формировании новых комбинаций играют и крупные показательные программы.

В качестве примера применения кластерного подхода рассмотрим исследования по разработке инновационной стратегии в Нидерландах. Вся экономика страны была разбита на десять «мегакластеров»: сборочные отрасли, химические отрасли, энергетика, агропромышленный комплекс, строительство, СМИ, здравоохранение, коммерческие обслуживающие отрасли, некоммерческие обслуживающие отрасли, транспорт. Анализ «поток знаний» между кластерами позволил выявить характерные черты инновационных процессов. Оказалось, что три кластера (сборочные отрасли, коммерческие обслуживающие отрасли и химические отрасли) служат «нетто-экспортерами» знаний в другие кластеры. При этом первые два представляют собой общих «экспортеров», экспортирующих знания во все остальные кластеры.

Здравоохранение и некоммерческие обслуживающие отрасли тоже являются нетто-экспортерами знаний, хотя и в меньшей степени. Два кластера представляют собой нетто-импортеров знаний: строительство и СМИ. Три кластера (агропромышленный комплекс, энергетика и транспорт) имеют довольно «самодовлеющий» характер и производят знания в основном для самих себя.

Такой анализ не только позволил получить общую картину развития инновационных процессов, но и определил основные приоритеты в инновационной политике государства. Подобные исследования стали появляться и в России. Например, разработка инновационной политики Московского региона (г. Москвы и области) базируется на использовании кластерного подхода.

С принятием Закона России «О приоритетных направлениях инновационной деятельности в России» от 16 января 2006 года была сделана попытка перехода государства от косвенной поддержки инноваций с помощью налоговых льгот к прямому субсидированию инноваторов путем предоставления грантов, льготных кредитов и госзаказов.

Закон включает перечень направлений инновационной деятельности —

около 120 приоритетных направлений (в России – 17, в Японии – 8). Среди среднесрочных приоритетных направлений инновационной деятельности выделяют:

- модернизацию электростанций, ресурсосберегающих технологий, всего 13 пунктов, от средств охраны труда в угольных шахтах до генераторов для электростанций;
- машиностроение, всего 22 пункта, от холодильников до ракет;
- микроэлектронику, телекоммуникации, информационные технологии, всего 9 пунктов, от лазеров до компьютеров;
- новые материалы, биотехнологию, химию, всего 19 пунктов, от современного катализа до арсенида галлия;
- сельское хозяйство и переработку, всего 24 пункта, от тракторов до удобрений;
- транспорт и строительство, всего 12 пунктов, от строительства мостов до модернизации газопроводов;
- медицину, охрану природы, всего 15 пунктов, от лечения диабета до очищения воды;
- развитие инновационной культуры общества, всего 4 пункта, от издания книг до проведения лекций.

Преимущества предложенных налоговых стимулов можно измерять с учётом обеспечения ими исполнения поставленных целей:

- получения прямых доходов (вследствие увеличения объёмов деятельности, которая стимулируется);
- получения не прямых доходов согласно действию эффекта мультипликатора на объём производства в отраслях промышленности, связанных с деятельностью, которая стимулируется.

В случае потребности необходимо проводить корректировку механизма реализации льгот путём смены части налога, который остаётся в распоряжении предприятий, или, возможно, и всей системы применения льгот.

Применение финансовых методов государственного регулирования инновационной деятельности, в частности льгот по оплате налогов, является необходимым, но недостаточным условием, без использования наряду с ними других подходов государственного влияния, например: среди других методов и инструментов стимулирования инновационного развития экономики и ее информационного обслуживания можно выделить следующие:

- создание системы информационного обеспечения участников инновационной деятельности;
- создание благоприятных условий для развития инновационных структур, которые обеспечивают коммерциализацию результатов НИОКР (венчурных фондов, технологических бизнес-инкубаторов, промышленно-финансовых групп, инжиниринговых центров), обеспечение трансфера технологий из государственного сектора к частному;
- предоставление государством консультационных услуг субъектам инновационной деятельности;

- создание действенной системы охраны и защиты (в том числе и судебной) интеллектуальной собственности;
- формирование и развитие единого информационного пространства по инновационным проектам, поддержка и развитие банков и баз данных по прикладным исследованиям, НИОКР, объектам интеллектуальной собственности;
- формирование инфраструктуры инновационной деятельности относительно обеспечения ее субъектов актуальной справочной и консультативной информацией нормативно-правового, маркетингового, финансово-хозяйственного, внутренне и внешнеэкономического характера;
- организация помощи в поиске деловых партнеров;
- развитие электронной почты и электронной торговли.

Независимо от того, какую инновационную модель последующего развития выберет государство, без возобновления информационного трансфера между участниками рынка, без распространения информации инновационного характера среди потенциальных ее потребителей, наращивания инновационного потенциала государство не будет иметь перспектив. Этот тезис базируется на понимании движущих сил современного экономического развития и формирования основ информационного общества, ведь информация признана фактором и источником повышения общественной производительности труда.

Следовательно, составляющей политики государства относительно содействия развитию инновационных процессов должны стать вопросы, связанные с повышением оценки результатов труда работников научного и научно-исследовательского профиля, инженерно-технических работников, обеспечением престижности труда в сфере научно-исследовательских работ. Решение этой проблемы следует искать в нескольких направлениях и основными должны быть такие: повышение доли в бюджетном финансировании, которая должна использоваться на развитие науки, научного обслуживания, образования; разработка новой методологии оценки труда разных категорий работников научной и научно-исследовательской сферы; разработка и внедрение в практику механизмов коммерциализации результатов научно-исследовательских работ на разных стадиях создания и реализации инновационных продуктов; содействие развитию сети научно-исследовательских ячеек, а именно: технологических инкубаторов, технополисов и обеспечение взаимосвязей этих учреждений с промышленным производством и рынком капиталов.

Для достаточного финансирования перечисленных выше инновационных структур, необходимо, чтобы государственная политика была направлена на снижение рисков, связанных с реализацией инновационных проектов. Особое внимание со стороны государства должно способствовать стимулированию разработки и реализации инновационных проектов, направленных на решение острых социально-экономических, экологических проблем депрессивных регионов, разработку импортозамещающих материалов и оборудования.

Исследования показали, что в настоящее время политика государства относительно содействия развитию инновационной деятельности носит фрагментарный характер и только опосредованно проявляется в

государственных программах развития, налоговой системе, стратегических планах социально-экономического развития национальной экономики, региональных программах и программах содействия развитию малого и среднего бизнеса.

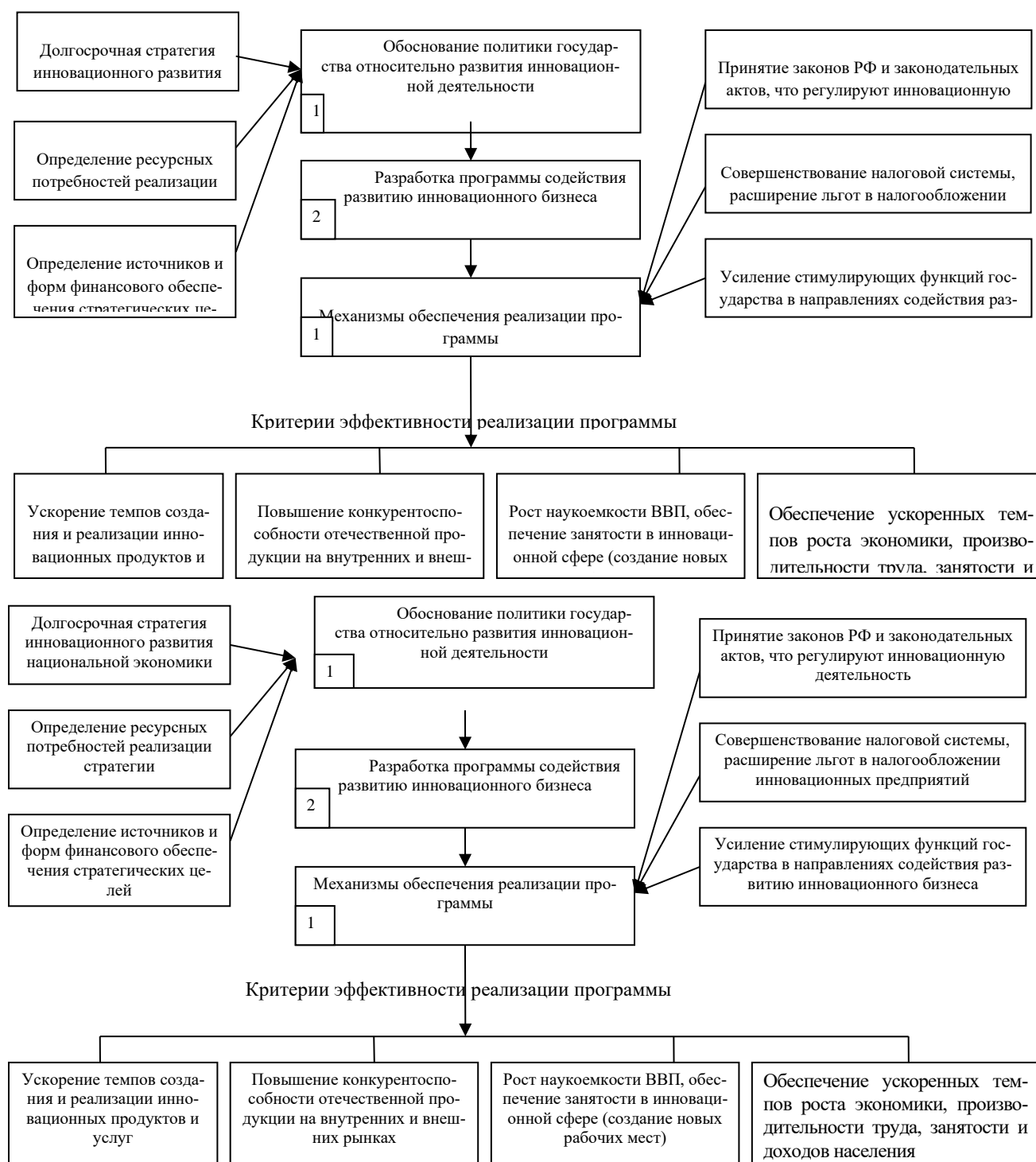


Рисунок 2. Модель программы содействия развитию инновационной деятельности в стране

Большинство государственных решений в разных программах в недостаточной мере обеспечено финансовыми источниками, что значительно снижает их эффективность, затягивает сроки выполнения, а в конечном итоге

приводит к снижению актуальности реализации поставленных целей, поскольку они морально обесцениваются.

На рисунке 2 показана последовательность разработки государственной программы развития инновационной деятельности в России и её связь с другими программами и механизмами обеспечения ее реализации.

В аналогичной последовательности предлагается разработка региональных программ инновационного развития предпринимательства. При этом государственная программа высшего уровня должна приниматься за основу, а дальше ее задания должны уточняться, конкретизироваться и дополняться, исходя из целей заданий стратегических планов развития регионов. В то же время и региональные программы могут инициировать изменения в общегосударственную программу, конкретизируя и уточняя ее задачи.

### **Заключение**

Системность и взаимоувязка программы содействия развитию инновационных процессов в России должна учитываться на этапе проектирования программных документов. В частности, программа содействия инновационному развитию должна четко увязываться с программами развития малого и среднего бизнеса, стратегией налоговой политики государства, финансовой стратегией государства, включая инвестиционную и инновационную политику.

Программа инновационного развития должна быть направлена на создание государством благоприятных условий для инвесторов, которые вкладывают собственные капиталы в инновационные проекты, развитие организаций инновационных фирм и инфраструктуру по их обслуживанию. Важными вопросами, которые должны быть предусмотрены разработчиками программы, являются обеспечение коммерциализации результатов инновационной деятельности. Для инвесторов это означает, что вложенные деньги в перспективе должны обеспечивать рост инновационных структур.



### **Список использованных источников и литературы**

1. Букина И. С. Инновационный путь развития и налоговая политика: основные противоречия. – М.: ИЭ РАН, 2016.
2. Гурвич Е. Нефтегазовая рента в российской экономике // Вопросы экономики. – 2010, №11.
3. Зельднер А.Г. Концептуальные подходы к стратегии и тактике государственного регулирования экономики. – М.: ИЭ РАН, 2017.
4. Сильвестров С. Н. Конкурентоспособность России как стратегическое направление развития. – М.: ИЭ РАН, 2010.
5. Ясин Е., Снеговая М. Роль инноваций в развитии мировой экономики // Вопросы экономики. – 2019, № 9.

### **List of references**

1. Bukina I. S. Innovative way of development and tax policy: the main contradictions. – M.: IE RAS, 2016.
2. Gurvich E. Oil and gas rent in the Russian economy // Problems of Economics. – 2010, No. 11.
3. Zeldner A. G. Conceptual approaches to the strategy and tactics of state regulation of the economy. – M.: IE RAS, 2017.
4. Silvestrov S. N. Competitiveness of Russia as a strategic direction of development. – M.: IE RAS, 2010.
5. Yasin E., Snegovaya M. The role of innovation in the development of the world economy // Issues of Economics. – 2019, No. 9.

**ВАРЛАМОВА С. А., ЯКУШЕВ М. В., ВЕСЕЛОВ Д. А.  
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПассаЖИРОВ,  
ПЕРЕВЕЗЕННЫХ АВТОБУСАМИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ  
В ПЕРМСКОМ КРАЕ**

*УДК 656.07:004.942, ВАК 08.00.00, ГРНТИ 06.00.00*

Прогнозирование количества пасса-  
жиров, перевезенных автобусами об-  
щего пользования в Пермском крае

Forecasting of number of passengers  
carried by public buses in Perm region

**С. А. Варламова, М. В. Якушев,  
Д. А. Веселов**

**S. A. Varlamova, M. V. Yakushev,  
D. A. Veselov**

Березниковский филиал Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университета,  
г. Березники

Berezniki Branch of Perm National Re-  
search Polytechnic University,  
Berezniki

*В данной статье были рассмот-  
рены способы повышения пассажиро-  
потока в Пермском крае. Были подо-  
браны факторы, влияющие на выбор  
между общественным и личным  
транспортом. Полученные в резуль-  
тате данные были пронормированы и  
использованы для построения фак-  
торных и бесфакторных моделей. С  
помощью сделанных математических  
моделей сделан прогноз количества  
перевезенных пассажиров на 3 года.*

*This article examined ways to in-  
crease passenger flow in the Perm Terri-  
tory. The factors influencing the choice  
between public and private transport  
were selected. The data obtained as a re-  
sult were normalized and used to con-  
struct factorial and factorless models.  
Using the mathematical models made, a  
forecast is made of the number of passen-  
gers carried for 3 years.*

**Ключевые слова:** математиче-  
ское моделирование, прогнозирование,  
общественный транспорт, Росстат,  
Пермский край, улучшение.

**Keywords:** mathematical modeling,  
forecasting, public transport, Rosstat,  
Perm Territory, improvement

## **Введение**

Одной из важнейших составляющих городской инфраструктуры практически любого большого города является общественный транспорт. Каждый день люди пользуются услугами общественного транспорта с целью добраться до места учёбы, работы, отдыха и возвращения к месту своего проживания [1]. Более обеспеченные социальные группы имеют личный автотранспорт, в то время как более низкие группы вынуждены за неимением средств или возможности пользоваться услугами именно общественного транспорта. Однако, просматривая статистику перевезенных пассажиров автобусами общего пользования заметна

тенденция спада пассажиропотока с 2011 по 2018 года почти на 40% [2]. Причиной этому является рост субъектов малого бизнеса, занимающегося перевозками пассажиров, так и увеличение числа личного транспорта горожан.

В данной ситуации проблемой является ежегодное увеличение количества личного автотранспорта, переход людей от использования общественного транспорта в пользу личного, что, несомненно, значительно влияет на загруженность городских дорог и количество вредных выбросов в атмосферу.

Решение проблемы возможно как с помощью исследования мобильности населения и зависимость ее от качества предоставляемых общественным транспортом услуг, так и контроля их стоимости.

Таким образом, целью данной работы является повышение пассажиропотока за счет исследования факторов, влияющих на выбор человека между личным автотранспортом и общественным.

Данная проблема актуальна не только для Пермского края [3] или России в целом [4-5]. Рост числа личного транспорта приводит к загруженности городских дорог, особенно в час пик. Кроме того, с увеличением числа личных ТС повышается уровень вредных выбросов в атмосферу, что сильно сказывается на экологическом состоянии городов, которое в ряде регионов и без этого далеки от идеала. Проблему снижения пассажирооборота в мире решается множеством способов. Так, например, власти Таллина решили ввести право бесплатного проезда на общественном транспорте для местных жителей [6]. Такие меры могут мотивировать жителей пользоваться общественным транспортом в ущерб личному, хотя на деле данное решение было всё же обусловлено особенностью налогообложения населения Эстонии. Власти Люксембурга же решили ввести бесплатный общественный транспорт для всех желающих, каких оказалось не так мало: 602,000 жителей, 175,000 приграничных работников и около 1,2 миллиона туристов в год. Такое решение было принято для повышения «качества жизни», смещение личного транспорта в пользу общественного и экологичным способом перемещения – вело и пешие прогулки.

Однако, не все считают такие меры действенными. Так, исследователи считают, что обладатели личных ТС «пересядут» на общественный транспорт только при увеличении налога на топливо, введение платных парковок и других мер, направленных на подорожание права управления личным транспортным средством.

Поэтому, для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Выяснить, какие факторы наибольшим образом влияют на пассажиропоток.
2. Построить математические модели данного процесса.
3. Выбрать наиболее подходящую по качеству постпрогноза и аппроксимации модель.
4. Исследовать уровень воздействия факторов, как управляемых, так и неуправляемых на изменение пассажиропотока.

## Прогнозные модели

Для исследования воздействия различных управляемых и неуправляемых факторов и дальнейшего прогноза используются прогнозные модели, описывающие зависимость пассажиропотока Пермского края от этих факторов. Модели, в свою очередь, делятся на факторные и бесфакторные. Для более точного понимания их особенностей опишем некоторых из них:

1. Трендовая модель – бесфакторная, описывает изменение прогнозируемого или анализируемого показателя в зависимости только от времени, имеет вид  $y=f(t)$  [7].

2. Авторегрессионная модель – бесфакторная модель временных рядов, в которой значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда [8].

3. Линейная многофакторная модель – оценивает количественный уровень влияния взаимосвязи различных факторов на значение реакции системы [9].

4. Модель в пространстве состояний – многофакторная модель, имеющая ряд переменных состояний, т.е. определенный набор значений входных факторов, для каждого из которых существует определенная реакция системы.

## Начальные данные

Для получения данных о пассажироперевозках в Пермском крае и определения из них ряда факторов, влияющих на систему, была использована база Росстата на период с 2011 по 2018 года.

Рассмотренные факторы и их годовые ряды из базы Росстата (Таблица 1):

1. Перевозка пассажиров автобусами,  $y$ , млн. чел.
2. Число эксплуатационных автобусов,  $x_1$ , шт.
3. Средняя стоимость проезда ОТ в г. Пермь,  $x_2$ , руб.
4. Численность населения в Пермском крае,  $x_3$ , млн. чел.
5. Средняя заработная плата в Пермском крае,  $x_4$ , руб.
6. Число погибших в дорожно-транспортных происшествиях,  $x_5$ , млн. чел.
7. Количество автомобилей,  $x_6$ , шт.

Таблица 1. Значения реакции и факторов по годам

Год \	$y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
1	402,5	2792	12	2,633	18773	0,0005714	637319
2	402,7	2868	13	2,631	21820	0,0005946	677501
3	384,5	2793	13	2,634	24771	0,0006007	719471
4	311,4	2162	13	2,636	27213	0,0004692	746822
5	303,8	2505	16	2,637	28262	0,0004219	761574
6	284,6	2766	20	2,634	30655	0,0003398	773989
7	239,9	2764	20	2,632	32468	0,0003395	792261
8	238,3	3200	20	2,623	35559	0,0002938	810544

## Нормирование и корреляционный анализ

Для предотвращения влияния размерности факторов было проведено нормирование и корреляционный анализ. Корреляционный анализ был произведен по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum((x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}},$$

где  $\bar{x}$  – среднее значение фактора,  $\bar{y}$  – среднее значение критерия. Получившиеся коэффициенты корреляции представлены в Таблица 2.

Таблица 2. Корреляционный анализ

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$x_1$	1	0,4010	-0,8217	0,2215	-0,1885	0,09116
$x_2$		1	-0,4381	0,8977	-0,9356	0,8532
$x_3$			1	-0,4464	0,3839	-0,3094
$x_4$				1	-0,9253	0,9860
$x_5$					1	-0,8908
$y$	-0,09370	-0,8926	0,3470	-0,9599	0,9696	-0,9452

В результате анализа был отброшен фактор  $x_4$  (средняя заработная плата в Пермском крае), так как он имеет наибольшую корреляцию с другими факторами.

## Линейная многофакторная модель

Построим линейную многофакторную модель нашей системы по формуле:

$$y(\vec{x}) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i(t),$$

где  $a_0$  – независимый коэффициент,  $a_i$  – коэффициент влияния  $x_i(t)$  на  $y(t)$ ,  $x_i(t)$  – значение фактора.

Для получения коэффициентов минимизируем квадратичное отклонение статистических данных от расчетных по формуле:

$$S = \sum (y(t) - y_{\text{расч}}(t))^2 \rightarrow \min,$$

где  $S$  – квадратичное отклонение;  $y_{\text{расч}}(t)$  – расчетное значение критерия.

Для минимизации воспользуемся встроенной функцией MS Excel мастер «поиска решений». В итоге полученные коэффициенты ЛММ равны:  $a_0 = 0,15568$ ,  $a_1 = 0,38682$ ,  $a_2 = -0,17076$ ,  $a_3 = 0,26181$ ,  $a_5 = 0,50352$ ,  $a_6 = -0,38372$ .

Исходя из того, что наибольшим коэффициентом является  $a_5$ , фактор  $x_5$  имеет наибольшее влияние на систему. Данный фактор является неуправляемым, так как повлиять извне на количество смертельных исходов в результате ДТП крайне сложно, хотя, с развитием систем безопасности автомобиля и принятие определенного ряда мер по контролю водителей ТС их количество должно сокращаться. Фактор  $x_2$  же наоборот имеет наименьшее влияние на систему, т.к.

коэффициент  $a_2$  самый маленький. Видимо, стоимость проезда, устанавливаемая за пользование услугами общественного транспорта, наименьшим образом влияет на решение человека воспользоваться данной услугой, т.к. он просто вынужден заплатить установленную сумму за право быстро и комфортно добраться до необходимого места.

Вычислим квадратичную погрешность аппроксимации по формуле:

$$S = \sum_t (y - y(x))^2$$

Квадратичная погрешность составила  $S = 0,022$ , значит её можно использовать для проведения прогноза.

Авторегрессионная модель является бесфакторной и способна лишь проследить тенденцию развития системы, поэтому не подходит для исследования ее управленческих возможностей и в данном примере не будет рассмотрена.

### Модель в пространстве состояний

Построим модель в пространстве состояний (МПрС) по формулам:

$$\begin{aligned} x'(n+1) &= a + b \cdot x'(n) \\ y(n) &= c + d \cdot x(n), \end{aligned}$$

где  $x'$  – вектор состояния,  $a$  – вектор функции перехода,  $b$  – матрица перехода,  $c$  и  $d$  – векторы функции выхода.

После проведения расчётов с помощью мастера поиска решений *MS Excel* была получена квадратичная аппроксимация модели  $S = 0,0253$ .

### Постпрогноз

Возвращаясь к цели данной работы – исследованию пассажиропотока общественного транспорта в Пермском крае, необходимо проверить прогнозные возможности ЛММ (Рисунок 1) и МПрС (Рисунок 2) с помощью метода постпрогноза, заключающегося в предугадывании значений исследуемых факторов на основе данных, полученных на предшествующем этапе [10].

Рассмотрев графики постпрогноза ЛММ и МПрС делаем вывод, что ЛММ прогнозирует данные лучше, чем МПС, значит для дальнейшей работы выбираем именно ЛММ. Однако, следует заметить, что ЛММ хорошо прогнозирует только на один год, в то время как прогноз на второй и третий год смещены относительно исходного в порядке возрастания. Возможно, это связано с тенденцией увеличения одного из управляемых факторов – числа автобусов на душу населения после 2014 года, в то время как пассажиропоток стремительно снижался, а число личных ТС возросло.

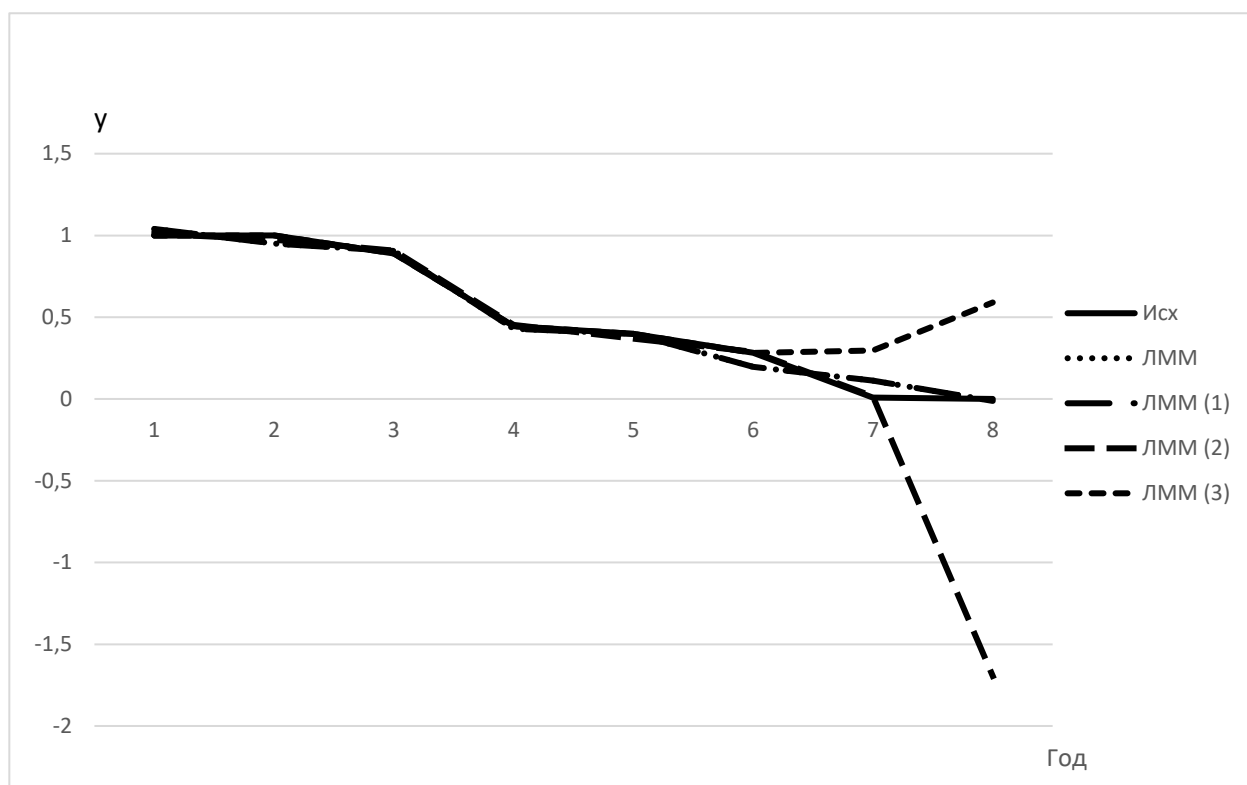


Рисунок 1. Постпрогноз ЛММ

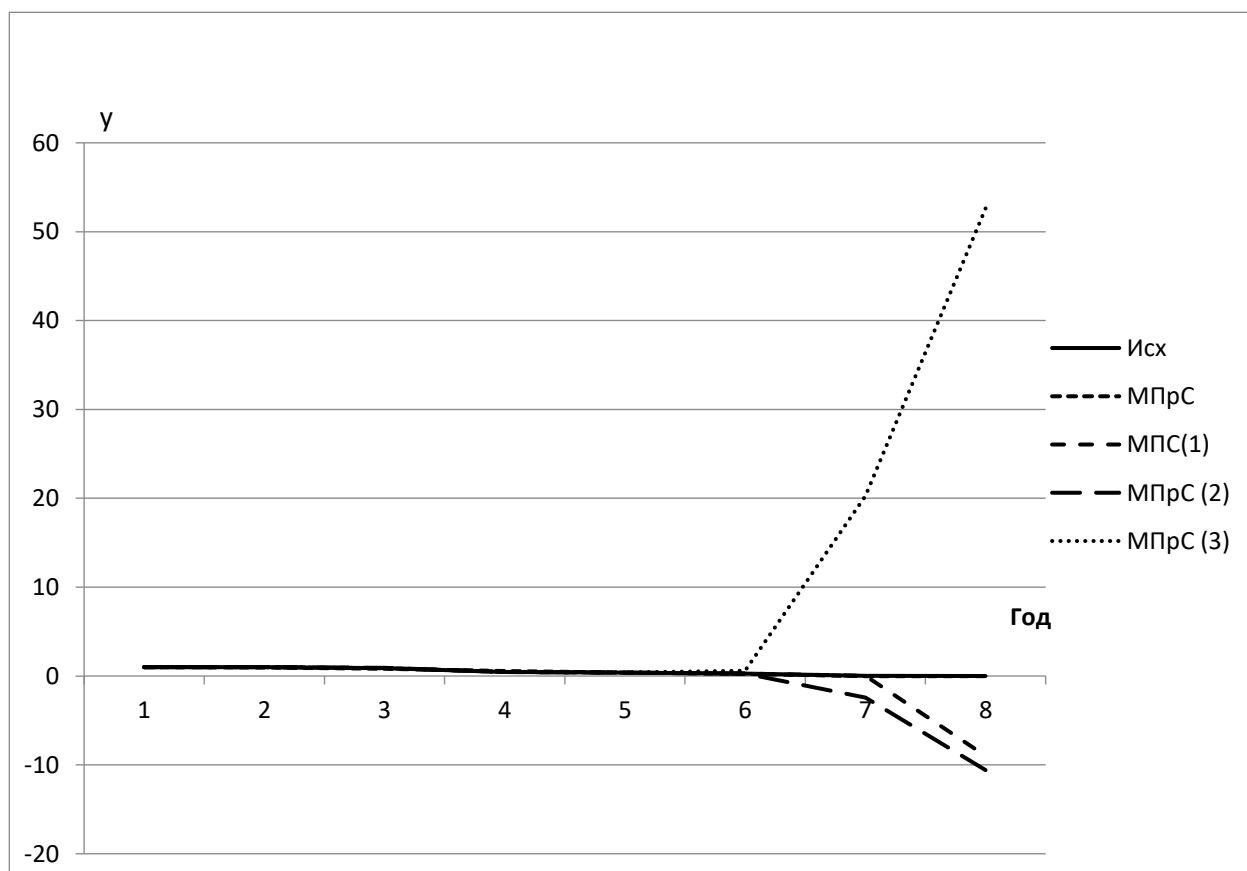


Рисунок 2. Построгноз МПрС

### Изменение управляемых и неуправляемых факторов

Далее следует исследовать развитие системы в зависимости от изменения управляемых и неуправляемых факторов. В качестве неуправляемых факторов были выбраны  $x_3$  и  $x_4$ , численность населения и число ДТП со смертельным исходом. Несмотря на проводимую государством политику по увеличению численности населения, прямым воздействием данный фактор изменить никак не удастся. Второй фактор так же является неуправляемым, поскольку вероятность выживания после попадания в ДТП зависит от очень большого числа факторов, на которые так же прямое воздействие оказать не предоставляется возможным.

Для получения прогноза развития системы следует использовать последние значения выбранных неуправляемых факторов, изменяя их на  $\pm 10\%$  с шагом  $5\%$ .

Таблица 3. Изменение неуправляемых факторов на  $\pm 10\%$

$x_3 \backslash x_5$	-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	<b>-0,3776</b>	-0,3872	-0,3968	-0,4064	-0,4160
-5%	-0,3882	-0,3978	-0,4074	-0,4170	-0,4266
0	-0,3988	-0,4084	-0,4180	-0,4276	-0,4372
5%	-0,4094	-0,4190	-0,4286	-0,4382	-0,4478
10%	-0,4200	-0,4296	-0,4392	-0,4488	<b>-0,4585</b>

По данным из Таблица 3 видим, что при уменьшении количества населения вкупе с уменьшением смертельных исходов в результате ДТП уменьшается количество авто, что положительно влияет на пассажиропоток. При обратной ситуации, повышая значения данных факторов, пассажиропоток уменьшается быстрее вслед за ростом числа личного автотранспорта. На самом деле, количество смертельных исходов в результате ДТП настолько мало, что практически не влияет на пассажиропоток, чего нельзя сказать по отношению к численности населения.

Далее исследуем воздействие на систему при изменении управляемых факторов на тот же процент с тем же шагом. В качестве управляемых факторов были выбраны  $x_1$  и  $x_2$  - число автобусов и стоимость проезда соответственно. Количество автобусов, используемых в городских сообщениях контролируется администрацией города в зависимости от загруженности дорог и востребованности каждого отдельного маршрута гражданами. Стоимость проезда также устанавливается администрацией населенного пункта по ряду факторов и контролируется на правовом уровне.

Таблица 4. Изменение управляемых факторов на  $\pm 10\%$

$x_1 \backslash x_2$	-10%	-5%	0	5%	10%
-10%	-0,4507	-0,4640	-0,4772	-0,4904	<b>-0,5037</b>
-5%	-0,4211	-0,4344	-0,4476	-0,4608	-0,4741
0	-0,3915	-0,4048	-0,4180	-0,4312	-0,4445
5%	-0,3619	-0,3752	-0,3884	-0,4016	-0,4149
10%	<b>-0,3324</b>	-0,3456	-0,3588	-0,3721	-0,3853



По аналогии с неуправляемыми факторами проанализируем тенденции развития системы при изменении управляемых факторов.

Варьирование значений, полученных из Таблица 4, понятны и на аналитическом уровне: при увеличении  $x_1$  – числа автобусов на 10%, совместно с уменьшением  $x_2$  – стоимости проезда на те же 10% показатель пассажиропотока максимизируется, при обратной же ситуации – минимизируется. Логично, что чем больше автобусов и меньше плата за их использование – тем выгодней населению их использование. То есть, в данном случае, чётко прослеживается обратная зависимость между выбранными управляемыми факторами.

### **Заключение**

Тем самым можно сделать вывод, что количество перевезенных транспортом общего пользования пассажиров напрямую зависит от управляемых факторов, таких как количество эксплуатационных автобусов на душу населения и плата за их использование.

Подводя итог, указав целью данной работы повышение пассажиропотока путём исследования влияющих на него факторов, можно считать, что цель работы достигнута. Была построена модель в пространстве состояний, исследованы её прогнозные свойства. Проведенное исследование показало, что повышение пассажиропотока в Пермском крае возможна и эффективна за счет изменения управляемых факторов – повышения количества автобусов и снижения платы за их стоимость.

### **Список использованных источников и литературы**

1. Число эксплуатационных автобусов общего пользования на 100 000 человек населения по субъектам Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gks.ru/folder/23455?print=1> (Дата обращения: 04.04.2020)
2. Перевозка пассажиров автобусами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/58784> (Дата обращения: 02.04.2020)
3. Разработка прогнозной модели пассажирского транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-prognoznoy-modeli-passazhirskogo-transporta> (Дата обращения: 21.04.2020)
4. Разработка предложений по повышению эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-predlozheniy-po-povysheniyu-effektivnosti-raboty-obshchestvennogo-gorodskogo-passazhirskogo-transporta> (Дата обращения: 27.04.2020)
5. Роль общественного транспорта в развитии современных городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-obshchestvennogo-transporta-v-razvitii-sovremennyh-gorodov> (Дата обращения: 02.04.2020)

6. Стоимость бесплатного общественного транспорта в Люксембурге [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.bbc.com/worklife/article/20190128-the-cost-of-luxembourgs-free-public-transport-plan> (Дата обращения: 20.04.2020)
7. Затонский А. В. теоретический подход к управлению социально-техническими системами // Программные продукты и системы. – 2008. № 1. – С. 29-32.
8. Гераськина И. Н., Затонский А. В. Моделирование тренда инвестиционной и строительной деятельности Российской Федерации // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 11 (110). – С. 1229-1239.
9. Янченко Т. В., Затонский А. В. Определение оптимальной ранжировки частных критериев оценки краевого социального ресурса // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – № 4 (10). – С. 99-104.
10. Затонский А. В., Сиротина Н. А. Прогнозирование экономических систем по модели на основе регрессионного дифференциального уравнения // Экономика и математические методы. – 2014. – Т. 50. № 1. – С. 91–99.

### List of references

1. The number of operational public buses per 100,000 people in the constituent entities of the Russian Federation, <https://www.gks.ru/folder/23455?print=1>, accessed April 04, 2020.
2. Transportation of passengers by buses, <https://fedstat.ru/indicator/58784>, accessed April 02, 2020.
3. Development of a predictive model of passenger transport, <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-prognoznoy-modeli-passazhirskogo-transporta>, accessed April 21, 2020.
4. Development of proposals to improve the efficiency of public urban passenger transport, <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-predlozheniy-po-povysheniyu-effektivnosti-raboty-obschestvennogo-gorodskogo-passazhirskogo-transporta>, accessed April 27, 2020.
5. The role of public transport in the development of modern cities, <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-obschestvennogo-transporta-v-razvitii-sovremennyh-gorodov>, accessed April 02, 2020.
6. The cost of Luxembourg's free public transport plan, <https://www.bbc.com/worklife/article/20190128-the-cost-of-luxembourgs-free-public-transport-plan>, accessed April 20, 2020.
7. Zatonsky A. V. theoretical approach to the management of socio-technical systems // Software products and systems. – 2008. No. 1. – P. 29-32.
8. Geraskina I. N., Zatonsky A. V. Modeling the trend of investment and construction activities of the Russian Federation // Vestnik MGSU. 2017. – T. 12, No. 11 (110). – P. 1229-1239.
9. Yanchenko T. V., Zatonsky A. V. Determination of the optimal ranking of particular criteria for evaluating a regional social resource // Economics and Management Systems Management. – 2013. – No. 4 (10). – P. 99-104.
10. Zatonsky A. V., Sirotina N. A. Forecasting of economic systems according to a model based on a regression differential equation // Economics and Mathematical Methods. – 2014. – T. 50. No. 1. – P. 91–99.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Балдин Константин Васильевич**

Российский университет транспорта,  
Москва, доктор экономических наук,  
профессор кафедры финансового  
права и налогообложения

**Baldin Konstantin Vasilievich**

Russian University of Transport,  
Moscow, Doctor of Economics,  
Professor, Department of Financial  
Law and Taxation

E-mail: [kvbaldin@mail.ru](mailto:kvbaldin@mail.ru)

**Варламова Светлана Александровна**

Березниковский филиал «Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университета»,  
г. Березники; кандидат технических  
наук, доцент

**Varlamova Svetlana Aleksandrovna**

Bereznikovsky branch of the Perm  
National Research Polytechnic  
University, Berezniki;  
Candidate of Technical Sciences,  
associate professor

E-mail: [varlamovasa@mail.ru](mailto:varlamovasa@mail.ru)

**Веселов Данил Александрович**

Березниковский филиал «Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университет»,  
г. Березники; студент

**Veslov Danil Aleksandrovich**

Bereznikovsky branch of the Perm  
National Research Polytechnic  
University, Berezniki;  
student

E-mail: [ljspgk@mail.ru](mailto:ljspgk@mail.ru)

**Макриденко Евгений**

Московский политехнический уни-  
верситет, Москва  
кандидат экономических наук,  
соискатель, кафедра финансовых  
технологий и инжиниринга

**Makridenko Evgeniy**

Moscow Polytechnic University,  
Moscow  
candidate of economic sciences,  
Co-seeker, Department of Financial  
Technologies and Engineering

**Окладникова Светлана Владимировна**

Астраханский государственный  
университет, г.Астрахань,  
кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
информационных технологий,  
факультет цифровых технологий и  
кибербезопасности

**Okladnikova Svetlana Vladimirovna**

Astrakhan State University, Astrakhan,  
Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Head of the  
Department of Information  
Technology, Faculty of Digital  
Technologies and Cybersecurity

E-mail: [chelle@mail.ru](mailto:chelle@mail.ru)

**Рочев Константин Васильевич**

Ухтинский государственный  
технический университет, г. Ухта;  
кандидат экономических наук,  
доцент кафедры вычислительной тех-  
ники, информационных систем и тех-  
нологий

**Rochev Konstantin Vasilievich**

Ukhta State Technical University,  
Ukhta;  
candidate of economic sciences,  
Associate professor, Department of  
computer science, information systems  
and technologies

E-mail: [k@rochev.ru](mailto:k@rochev.ru)

**Семериков Александр  
Вениаминович**

Ухтинский государственный  
технический университет, г. Ухта;  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры вычислительной  
техники, информационных систем и  
технологий

**Semerikov Alexander  
Veniaminovich**

Ukhta State Technical University,  
Ukhta; Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor,  
Department of Computer Engineering,  
Information Systems and Technologies

E-mail: [leersem@mail.ru](mailto:leersem@mail.ru)

**Семьяшкина Анастасия  
Викторовна**

Ухтинский государственный  
технический университет, г. Ухта;  
старший преподаватель кафедры  
вычислительной техники,  
информационных систем и  
технологий

**Semyashkina Anastasia Viktorovna**

Ukhta State Technical University,  
Ukhta; Senior Lecturer Department of  
Computer Engineering, Information  
Systems and Technologies

E-mail: [asemyashkina@ugtu.net](mailto:asemyashkina@ugtu.net)

**Чекалина Анастасия Михайловна**

Астраханский государственный  
университет, г. Астрахань,  
магистрант кафедры  
информационных технологий,  
факультет цифровых технологий и  
кибербезопасности

**Chekalina Anastasia Mikhailovna**

Astrakhan State University, Astrakhan,  
Master student, Department of  
Information Technology, Faculty of  
Digital Technology and Cybersecurity

E-mail: [abnimka@mail.ru](mailto:abnimka@mail.ru)

**Эмексузян Аркадий Рубикович**

Коми республиканская академия  
государственной службы и  
управления, г. Сыктывкар,  
кандидат экономических наук,  
доцент

**Emeksuzyan Arkadiy Rubikovich**

Komi Republican Academy of Public  
Administration and Management,  
Syktyvkar, candidate of economic  
sciences, associate professor

E-mail: [aemeksuzyan@krag.ru](mailto:aemeksuzyan@krag.ru)

**Якушев Михаил Владимирович**

Березниковский филиал «Пермского  
национального исследовательского  
политехнического университет»,  
г. Березники; студент

**Yakushev Mikhail Vladimirovich**

Bereznikovsky branch of the Perm  
National Research Polytechnic  
University, Berezniki;  
student

E-mail: [m.yakushev.99@gmail.com](mailto:m.yakushev.99@gmail.com)

Ухтинский государственный технический университет

Информационные технологии  
в управлении и экономике  
2020, № 02

Information technology  
in management and economics  
2020, No 02

ISSN 2225-2819

Свидетельство о регистрации Эл. № ФС77-65216

Адрес редакции: 169300, г. Ухта, ул. Первомайская, 13

Интернет-сайт: <http://it-ugtu.ru>, <http://itue.ru/>, <http://итуэ.рф>

Электронная почта: [info@itue.ru](mailto:info@itue.ru)

Телефон: 8 (8216) 700-308

Главный редактор: *К. В. Рочев*  
Дизайн и компьютерная вёрстка: *А. В. Семяшкина*