

---

---

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

---

---

УДК 336.77

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРЕДИТОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРЕДИТНОГО РЕЙТИНГА

Е. В. Кислицын

Уральский государственный экономический университет

Поступила в редакцию 26 января 2018 г.

**Аннотация:** в статье рассмотрено понятие «кредитный рейтинг» («скоринговая система»). Исследована структура кредитного рейтинга, в состав которого входит 5 показателей: история платежей, размер текущей задолженности, продолжительность кредитной истории, новые кредиты и типы кредитов. В качестве инструмента исследования предложено имитационное моделирование, выбрана концепция дискретно-событийного моделирования, а в качестве инструментального средства – AnyLogic. В работе представлено математическое обеспечение модели – формулы для расчета коэффициентов, составляющих кредитный рейтинг. Имитационная модель состоит из двух основных агентов. Агент «Клиент» имитирует поведение физического лица при формировании заявки на кредит. В основном агенте представлена логика модели – процесс обработки обращений клиентов. Расчет кредитного рейтинга в имитационной модели осуществляется с помощью диаграмм действий. Модель рассчитывает основные показатели, в числе которых все компоненты кредитного рейтинга, общее количество взятых кредитов, доли отказов банка в кредите, отказов клиента в кредите и принятых предложений по кредитованию. Данная работа может быть интересна сотрудникам финансово-кредитных учреждений, а также специалистам в области имитационного моделирования.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, кредитный рейтинг, бизнес-процессы, финансово-кредитная система.

**Abstract:** the article considers the concept of «credit rating», «scoring system». The structure of the credit rating, which includes 5 parameters: payment history, current debt, length of credit history, new credit and types of loans. As a research, tool the proposed simulation, the chosen concept of discrete-event simulation, and the tool – AnyLogic. The paper presents a mathematical model providing a formula for calculation of factors that make up a credit rating. The simulation model consists of two main agents. The agent «Customer» mimics the behavior of individuals when applying for a loan. The agent presents the logic model the process of customer interaction. The calculation of the credit rating simulation model is carried out using charts of action. The model calculates the main indicators, which include all components of the credit rating, the total amount of the loans, the share of Bank failures in the credit, failure of the client to loan and received proposals for the credit. This work may be of interest to employees of financial-credit institutions, as well as professionals in the field of simulation.

**Key words:** simulation, credit rating, business processes, financial-credit system.

Финансовая деятельность является одной из самых динамичных и развивающихся сфер современного общества. В подтверждение этого стоит отметить, что цифровизация экономики затронула в первую очередь финансовую сферу [1]. Особенностью экономической системы сегодня является крайне широкое развитие банковского сектора. Кредитный сектор является одним из ведущих элементов рыночного механизма, который обеспечивает стабильность деятельности экономических агентов, а финансы – один из основных типов ресурсов предприятия

(см. подробнее [2]). Однако кредитование всегда сопряжено с рисками для кредитора. Одним из основных рисков является риск невозврата займа, при котором кредитор теряет не только прибыль в виде процентов, но и терпит убыток за счет невозвращенной части долга в выданном кредите. Для предотвращения таких ситуаций учеными-экономистами постоянно разрабатываются новые механизмы, методики и алгоритмы. Например, М. С. Марамыгин, М. Л. Терешкин [3] рассматривают залог как способ снижения кредитного риска. В отношении физических лиц хорошим способом оценки является кредитный рейтинг, который позволяет оценить благо-

надежность заемщика по ряду аспектов и принять решение о выдаче кредита, размере процентной ставки и суммы, а также сроке займа [4].

Цель работы – спроектировать имитационную модель кредитования физических лиц на основе кредитного рейтинга (скоринговой системы).

В соответствии с целью работы определены следующие задачи:

- 1) исследовать механизм влияния кредитного рейтинга на процесс кредитования физических лиц;
- 2) провести анализ факторов, влияющих на показатель кредитного рейтинга;
- 3) построить модель процесса кредитования физического лица с применением кредитного рейтинга.

Любой кредит предполагает ряд рисков для кредитора, поэтому для устранения лишнего влияния этих рисков кредитор использует метрики оценки платежеспособности заемщика на основании неких экспертных оценок о финансовом благосостоянии, прошлом опыте и т. п.

Кредитный рейтинг (скоринг) в отношении физических лиц представляет собой число от 300 до 850, которое рассчитывается из ряда факторов [5]. На текущий момент существует множество систем сбора информации по этим факторам о клиенте, в частности, кредитная история, а также динамика ее изменения, информация из ФНС и многие другие. Графическое представление кредитного рейтинга физических лиц представлено на рис. 1.



Рис 1. Структура кредитного рейтинга [6]

Система кредитного рейтинга вмещает в себя множество факторов. Для ее расчета используются следующие критерии:

1) история платежей – основной показатель. Зависит от того, всегда ли заемщик вовремя платил по кредитам, как давно и как часто он пропускал платежи, на какой срок и по какой причине происходили задержки;

2) размер текущей задолженности или задолженностей – 30 % кредитного рейтинга определяются

размером непогашенной задолженности. В это число входит общая сумма по всем кредитам, количество и тип счетов в различных банках. Крупные займы с короткой историей выплат могут временно снизить рейтинг, а займы с положительной платежной историей – повысить;

3) продолжительность кредитной истории – чем дольше исправно производятся выплаты по кредитам, тем выше становится рейтинг. Многим кажется, что кредитов лучше избегать, но во многих банках полное отсутствие кредитной истории может послужить причиной для отказа или запроса дополнительных документов и справок;

4) новые кредиты – последние 10 % рейтинга рассчитываются из кредитной активности за последний год или полгода. Если за это время открыли много новых счетов, для банков это может быть показателем финансовых проблем и поводом к снижению рейтинга;

5) типы кредитов – если в кредитной истории есть различные типы кредитов, например, ипотека, автокредит и одна или несколько кредитных карт (но только при условии, что платежи по ним не задерживались), рейтинг будет выше.

В рамках разрабатываемой модели данный фактор опущен, а его доля распределена между историей платежей и размером задолженностей как наиболее существенными. Такое огрубление сделано из соображений того, что модель имитирует средне-статистического человека и статистически у всех клиентов типы кредитов распределены условно одинаково, а на фактор не оказывают влияния основные параметры клиента (возраст, доход, кредитная история), поэтому фактор является не столь существенным, как остальные.

Исследуя показатель кредитного рейтинга, выразить его влияние на клиента в аналитическом виде может оказаться весьма сложной задачей. Причиной тому является сильная связь элементов исследуемой системы и влияние множества факторов друг на друга. Для исследования подобных процессов и систем применяют имитационное моделирование. Имитационное моделирование – метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты, с целью получения информации об этой системе [7].

Формально имитационная модель может быть построена по правилам одной из трех основных концепций: дискретно-событийное моделирование, системная динамика и агентное моделирование. При этом различные инструментальные средства позво-

ляют добавить некоторые специфические элементы в модель [8]. Для построения модели в рамках цели исследования наиболее логично будет использовать дискретно-событийное моделирование совместно с программированием отдельных клиентов как агентов модели. Для реализации имитационной модели был выбран программный пакет AnyLogic 8.1.

Для реализации процесса кредитования клиента используется схема аннуитетных платежей. В рамках исследования в модели требуется расчет двух показателей: аннуитетного платежа и стоимости кредита. Стоимость кредита рассчитывается как сумма всех аннуитетных платежей, а при расчете самого аннуитетного платежа оперируют не годовой процентной ставкой, а ставкой за период начислений процентов (за месяц).

Величина ежемесячных аннуитетных платежей рассчитывается по формуле (1):

$$x = S \times \left[ i - \left( \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right) \right], \quad (1)$$

где  $x$  – размер ежемесячного платежа;  $S$  – начальная сумма кредита;  $i$  – месячная процентная ставка;  $n$  – количество периодов начисления процентов (длительность кредита в месяцах) [9].

Отсюда стоимость кредита рассчитывается по формуле (2):

$$S = x \times n, \quad (2)$$

где  $x$  – размер ежемесячного платежа;  $n$  – количество периодов начисления процентов (длительность кредита в месяцах).

Разработанная имитационная модель пренебрегает сопутными издержками обслуживания и оформление кредита, поэтому полной стоимостью кредита является стоимость выданной суммы с начисленными процентами. Расчет показателей кредита осуществлен в отдельном агенте модели – CreditUtil.

Имитационная модель рассчитывает кредитный рейтинг на основании кредитной истории заемщика по четырем показателям с определенными коэффициентами:

- 1) история платежей – 0,4;
- 2) размер текущей задолженности – 0,35;
- 3) продолжительность кредитной истории – 0,15;
- 4) новые кредиты – 0,1.

В модельных расчетах удобнее оперировать величиной в диапазоне от 0 до 1, поэтому кредитный рейтинг (скоринг), который является целым числом от 300 до 850, можно преобразовать в коэффициент  $R$  по формуле (3):

$$R = \frac{S - 300}{550}, \quad (3)$$

где  $S$  – скоринг.

Таким образом, показатель истории платежей ( $PR$ ) рассчитывается по формуле (4):

$$PR = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \text{delay}_i}{\sum_{i=1}^n \text{duration}_i} \right] \times 0,4, \quad (4)$$

где  $\text{delay}_i$  – просрочка платежей  $i$ -го кредита;  $\text{duration}_i$  – срок  $i$ -го кредита;  $n$  – количество кредитов.

Размер текущий задолженности ( $DR$ ) рассчитывается по формуле (5):

$$DR = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \right] \times 0,35, \quad (5)$$

где  $d_i$  – задолженность по  $i$ -му кредиту;  $s_i$  – сумма  $i$ -го кредита;  $n$  – количество кредитов.

Продолжительность кредитной истории ( $HR$ ) является произведением веса компоненты с разностью единицы и отношения количества дней, не занятых никакими кредитами без просрочек, к общему количеству времени от совершеннолетия клиента до текущей даты. Расчет производится по формуле (6):

$$HR = \left[ 1 - \frac{e}{t} \right] \times 0,15, \quad (6)$$

где  $t$  – время в днях от совершеннолетия клиента до текущей даты;  $e$  – дни, в которые у клиента не было активных кредитов без просрочек платежей; отношение  $e/t$  выражает долю времени, когда у клиента не было позитивных кредитов.

Если у клиента отсутствуют кредиты, то кредитор оценивает данный параметр в условиях неопределенности и равной вероятности благонадежности и ненадежности заемщика, поэтому вес компоненты умножается на 0,5.

Компонента новых кредитов ( $NR$ ) представляет собой произведение веса компоненты и разницы единицы с отношением количества взятых в течение последнего года кредитов к общему числу кредитов. Компонента выражается по формуле (7):

$$NR = \left[ 1 - \frac{n}{T} \right] \times 0,1, \quad (7)$$

где  $n$  – количество кредитов, взятых за последний год;  $T$  – общее количество кредитов.

Показатель кредитного рейтинга является суммой всех компонент, выражается по формуле (8):

$$R = PR + DR + HR + NR. \quad (8)$$

Имитационная модель содержит специальный тип агентов – Client, содержащий набор параметров и переменных, а также функции для их измерения (таблица).

Элементы агента Client

| Имя                         | Тип                           | Назначение   |
|-----------------------------|-------------------------------|--|
| birthdayDate                | Date – константа              | Модельный день рождения клиента  |
| возраст                     | int – статическая переменная  | Возраст клиента  |
| доход                       | int – статическая переменная  | Доход клиента  |
| кредитная_история           | ArrayList<Кредит> – коллекция | Кредитная история клиента<br>(хранилище всех открытых и закрытых кредитов) |
| initCreditHistory           | Функция без возврата значения | Функция инициализации клиента  |
| вероятность_выплаты         | double – параметр             | Вероятностный показатель благонадежности клиента                           |
| COMFORTABLE_SHARE_FOR_DEPTS | double – параметр             | Доля дохода, которую клиент готов тратить на оплату счетов                 |
| фонд                        | double – переменная           | Доля дохода для оплаты счетов в денежном эквиваленте                       |

Основная логика модели сконцентрирована в агенте Main, в котором реализована обработка обращений клиента в банк (рис. 2).

Схема генерирует обращения клиента ежемесячно в компоненте source, после чего агенты попадают в элемент creditsProcessing, в котором клиент платит по всем своим кредитам, расходуя ранее рассчитанный фонд.

Оплата счетов реализована в функции payment-Depts, которая вызывается при попадании агента в блок creditsProcessing. Функция отсеивает из кредитной истории клиента все кредиты, по которым до сих пор есть задолженности. Список незакрытых кредитов сортируется в порядке убывания количества дней задержек. Для каждого кредита рассчитывается платеж: он может быть равным либо аннуитетному платежу, либо остатку по кредиту, если остаток меньше аннуитетного платежа. Если фонд клиента позволяет и им с шансом, равным параметру «вероятность\_выплаты», принято решение вносить платеж, то сумма выплат по кредиту увеличивается на величину платежа, а фонд на эту величину уменьшается. Если в фонде остались деньги, но их не хватает для платежа, то

клиент с небольшим шансом все равно вносит платеж, привлекая деньги из других статей распределения дохода (например, сокращает траты на развлечения). В контексте модели это означает, что платеж по кредиту вносится в полной мере, а фонд обнуляется. Если клиент по каким-либо причинам не вносит платеж по кредиту, то фактическая дата выплаты кредита увеличивается на месяц и дни задержек увеличиваются на месяц. Это впоследствии негативно скажется на рейтинге клиента.

Помимо внесения платежей происходит подсчет статистики и обновление переменных с соответствующими значениями (возраст клиента, доход, показатель рейтинга, показатели отдельных компонент рейтинга).

После выхода из элемента creditsProcessing клиент попадает в блок loanApproval, где принимается решение совершения клиенту нового кредитного предложения с помощью функции checkNewCredit.

Функция рассчитывает рейтинг клиента и проверяет с его помощью клиента на предмет благонадежности, оценивая по шкале значений кредитного рейтинга (см. рис. 1) в переводе ее в шкалу от 0 до 1. Таким образом, если у клиента рейтинг

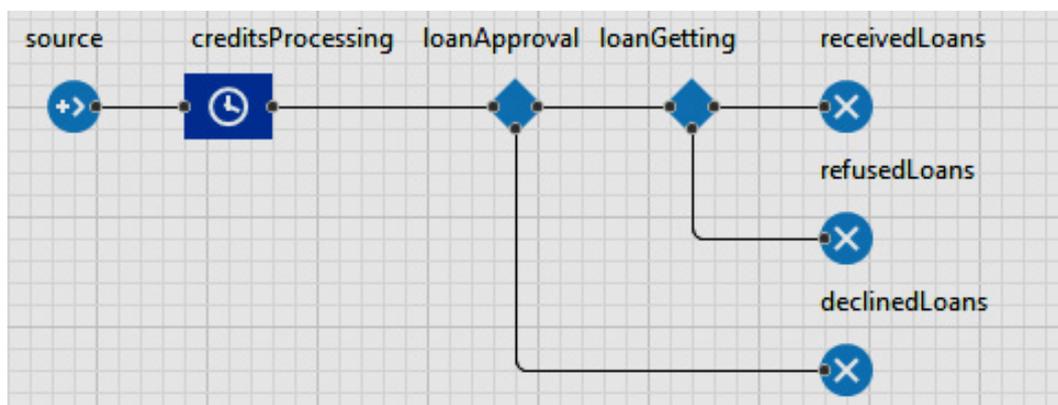


Рис. 2. Схема обработки обращений клиентов

больше 0,36, то он может рассчитывать на кредит с повышенной процентной ставкой и пониженным сроком. Процентная ставка для клиента рассчитывается по формуле (9):

$$AR = MR + [(1 - CR) \times 0,08], \quad (9)$$

где  $AR$  – актуальная кредитная ставка;  $MR$  – параметр модели «минимальная процентная ставка», которую готов предложить банк;  $CR$  – кредитный рейтинг клиента.

Если кредитное предложение отклонено, то клиент покидает банк и агент уничтожается в элементе `declinedLoans`, в противном случае заявка покидает блок `loanApproval` и отправляется в блок `loanGetting` (см. рис. 2). В блоке выбора `loanGetting` клиент получает кредитное предложение и принимает решение о его принятии, исходя из своих возможностей. Клиент действует заведомо благоразумно и неимпульсивно, поэтому оценивает остаток своего фонда. Если остаток его фонда больше половины от возможного значения, то клиент оформляет новый кредит (вызывается функция `addNewCredit`), по которому поступило предложение, покидает банк и агент уничтожается в элементе `receivedLoans`, иначе покидает банк и заявка уничтожается в элементе `refusedLoans`.

Функция `addNewCredit` создает новый объект «Кредит», рассчитывая его продолжительность из объема остатка фонда, требуемой суммы и актуальной процентной ставки по формуле (9), после чего записывает новый кредит в коллекцию клиента

«кредитная\_история». Таким образом, после прохождения заявки клиента через смоделированный процесс на протяжении всего эксперимента в трех элементах типа `sink declinedLoans`, `receivedLoans` и `refusedLoans` счетчики уничтоженных заявок отображают количество отклоненных банком кредитов, оформленных и отклоненных клиентом кредитов соответственно.

Для расчета кредитного рейтинга в модели с помощью инструмента «диаграмма действий» (см. подробнее [10]) реализована функция `calculateCreditRaiting` (рис. 3).

Диаграмма действий принимает на вход агента-клиента и вызывает 4 дочерние диаграммы действий для расчета компонент кредитного рейтинга (история платежей, размер текущей задолженности, кредитная история, новые кредиты), после чего складывает их.

В рамках модели собираются метрики и строятся графики по следующим факторам:

- изменение всех компонент кредитного рейтинга;
- показатель кредитного рейтинга;
- общее количество взятых кредитов;
- возраст клиента;
- уровень дохода клиента;
- доля отказов банка в кредите;
- доля отказов клиента в кредите;
- доля принятых клиентом кредитов.

Собранные метрики прогона модели представлены на рис. 4.

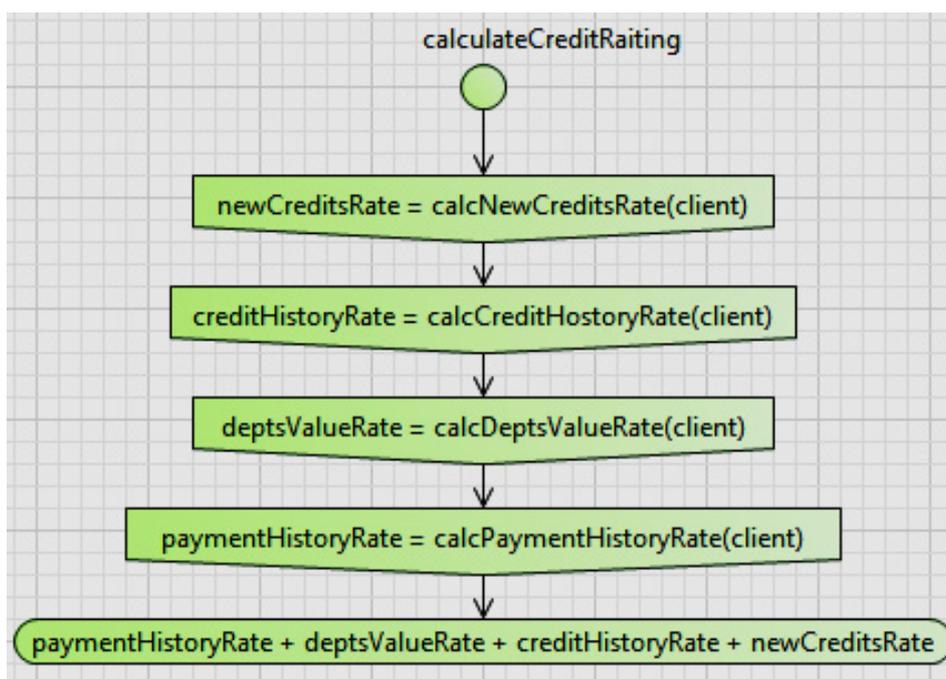


Рис. 3. Диаграмма действий для расчета кредитного рейтинга

## Перейти к графикам

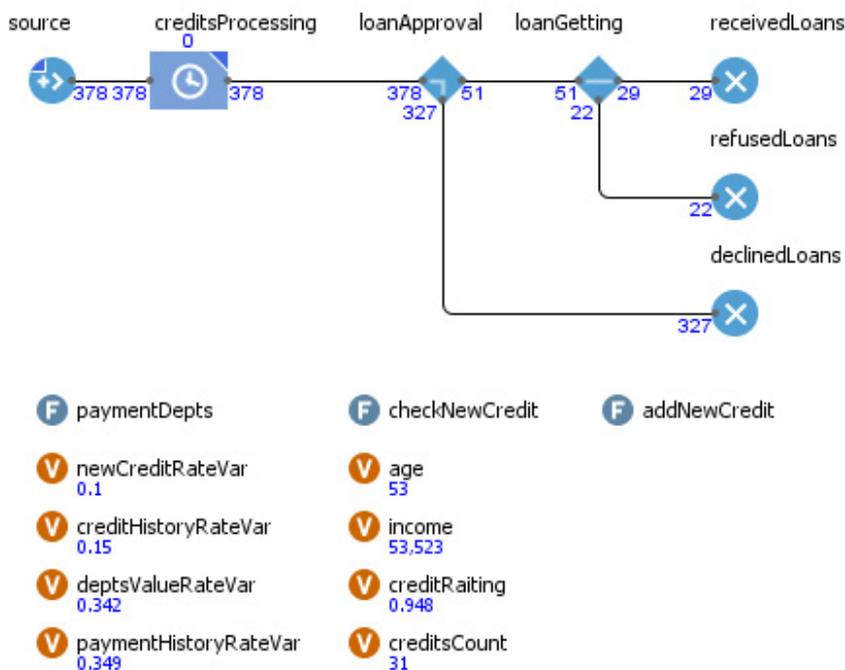


Рис. 4. Основные метрики модели

По проведенным моделью расчетам можно заметить, что показатель кредитного рейтинга изменяет предлагаемую ставку банка, что в свою очередь способствует росту количества позитивных решений клиента о принятии новых кредитов и стимулирует банк чаще одобрять кредит при обращении клиента.

В результате работы выявлены основные факторы, влияющие на показатель кредитного рейтинга: история платежей, размер текущей задолжен-

ности, продолжительность кредитной истории, новые кредиты и типы кредитов. На основе математического обеспечения спроектирована и разработана имитационная модель процесса кредитования физических лиц с применением кредитного рейтинга. На базе спроектированной модели было проведено исследование механизма воздействия кредитного рейтинга на принятие решения клиентом и банком относительно выдачи нового кредита, а также его характеристики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Марамыгин М. С.* Сущность электронных денег, преимущества и недостатки / М. С. Марамыгин, Е. Н. Прокофьева, А. А. Маркова // Вестник Омск. ун-та. Сер.: Экономика. – 2016. – № 1. – С. 60–65.
2. *Орехова С. В.* Ресурсы и устойчивый рост промышленного металлургического предприятия : эмпирическая оценка / С. В. Орехова // Современная конкуренция. – 2017. – Т. 11, № 3 (63). – С. 65–76.
3. *Марамыгин М. С.* Залог как способ снижения кредитного риска / М. С. Марамыгин, М. Л. Терешкин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9-1. – С. 151–155.
4. *Полищук А. И.* Глобализация кредитной системы : вектор развития и кредитные рейтинги / А. И. Полищук, С. А. Полищук // Финансы и кредит. – 2014. – № 43 (619). – С. 18–27.

5. *Маевский А. В.* Кредитный рейтинг и инвестиционная привлекательность региона / А. В. Маевский // Российское предпринимательство. – 2013. – № 16 (238). – С. 58–63.
6. *Анохин М. В.* Методика формирования кредитных рейтингов в современной практике оценки кредитного риска / М. В. Анохин // Статистика и Экономика. – 2011. – № 3. – С. 13–15.
7. *Кислицын Е. В.* Принципы построения имитационной модели рынка с ограниченной конкуренцией (на примере рынка операторов сотовой связи Екатеринбург) / Е. В. Кислицын // Вестник Забайкальского гос. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 10. – С. 101–110.
8. *Кислицын Е. В.* Исследование рынка операторов сотовой связи методами имитационного моделирования / Е. В. Кислицын // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 51–63.

9. Плахин А. Е. Сегментирование рынка инвестиций в региональные промышленные парковые структуры / А. Е. Плахин, А. Б. Ставрова // Известия Урал. гос. эконом. ун-та. – 2016. – № 4 (66). – С. 66–79.

*Уральский государственный экономический университет*

*Кислицын Е. В., старший преподаватель кафедры статистики, эконометрики и информатики*

*E-mail: kev@usue.ru*

*Тел.: 8-912-277-58-03*

10. Кислицын Е. В. Объектно-ориентированное проектирование интерактивной обучающей системы / Е. В. Кислицын, М. В. Панова, Н. Г. Чиркина // Перспективы науки. – 2017. – № 10 (97). – С. 10–14.

*Ural State University of Economics*

*Kislitsyn E. V., Senior Lecturer of the Department of Statistics, Econometrics and Information Science*

*E-mail: kev@usue.ru*

*Tel.: 8-912-277-58-03*