

УДК 338.45

DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-99-107

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КРЕДИТОВАНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА СКОРИНГА****DESIGN A SIMULATION MODEL OF LENDING TO INDIVIDUALS ON THE
BASIS OF THE SCORING MECHANISM**

*Е. В. Кислицын, Уральский государственный экономический
университет, г. Екатеринбург
kev@usue.ru*

E. Kislitsyn, Ural State University of Economics, Yekaterinburg



Осуществлен критический анализ понятий «кредитный рейтинг» и «скоринговая система». На его основе исследована структура кредитного рейтинга, в состав которого входит пять показателей: история платежей, размер текущей задолженности, продолжительность кредитной истории, новые кредиты и типы кредитов. В качестве инструмента исследования используется имитационное моделирование, выбрана концепция дискретно-событийного моделирования, а в качестве инструментального средства – *AnyLogic*. 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 позволяет рассчитать 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

Ключевые слова: имитационное моделирование; дискретно-событийное моделирование; скоринговая система; кредитный рейтинг; бизнес-процессы; финансово-кредитная система; рыночный механизм; критический анализ; модель

The article conducts a critical analysis of the concepts “credit rating” and “scoring system”. On its basis the structure of the credit rating, which includes five factors: payment history, current debt, length of credit history, new credit and types of loans has been investigated. As a research tool using simulation, the chosen concept of discrete-event simulation, and the tool – *AnyLogic* are used. The article 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. Basically, the agent presents the logic model of customer interaction process. 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, total amount of loans, share of bank failures in credit, failure of client to loan and received proposals for credit

Key words: simulation modeling; discrete event modeling; scoring system; credit rating; business processes; financial-credit system; market mechanism; critical analysis; model

Введение. Работы, посвященные исследованию финансово-кредитных организаций, показывают, что их деятельность является одной из самых динамичных в современном информационном обществе [7; 8]. Процесс цифровизации экономики дал сильный толчок развитию финансовой сферы [5], особенно бан-

ковского сектора. Одним из основных механизмов рыночного взаимодействия является кредитный сектор, обеспечивающий стабильность деятельности экономических агентов. 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, в работе М. С. Марамыгина [4] рассматривается залог как способ снижения кредитного риска. В отношении физических лиц хорошим способом оценки является кредитный рейтинг, который позволяет оценить благонадежность заемщика по ряду аспектов и принять решение о выдаче кредита, размере процентной ставки и суммы, а также сроке займа [1].

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 благополучии, прошлом опыте и т.п.

Кредитный рейтинг (скоринг) в отношении физических лиц представляет собой число 300...850, которое рассчитывается из ряда факторов [2]. На текущий момент существует множество систем сбора информации по этим факторам о клиенте, в частности, кредитная история, а также динамика её изменения, информация из ФНС и др. Графическое представление кредитного рейтинга физических лиц представлено на рис. 1.

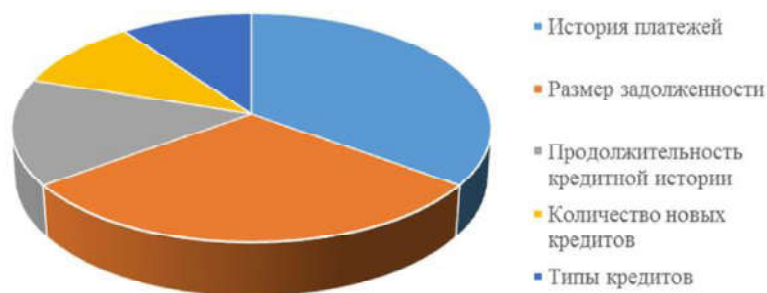


Рис. 1. Структура кредитного рейтинга / Fig. 1. Structure credit rating

Система кредитного рейтинга вмещает 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 рейтин-

га определяется 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. Есть мнение, что кредитов

лучше избегать. Однако 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 (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. Такое огрубление сделано из соображений, что модель имитирует среднестатистического человека и статистически у всех клиентов типы кредитов распределены условно одинаково, и основные параметры клиента (возраст, доход, кредитная история) на фактор не оказывают влияния, поэтому он является не столь существенным, как остальные.

При исследовании показателя кредитного рейтинга выразить его влияние на клиента в аналитическом виде может оказаться 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.

Формально имитационная модель может быть построена по правилам одной из трех основных концепций: дискретно-событийное моделирование; системная динамика; агентное моделирование. При этом

различные инструментальные средства позволяют добавить в модель некоторые специфические элементы [10]. Для построения модели в рамках цели исследования наиболее логично использовать дискретно-событийное моделирование совместно с программированием отдельных клиентов как агентов модели. Для реализации имитационной модели 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)

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

где x — размер ежемесячного платежа;

S — начальная сумма кредита;

i — месячная процентная ставка;

n — количество периодов начисления процентов (длительность кредита в месяцах) [3].

Стоимость кредита рассчитывается по формуле (2)

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

где x — размер ежемесячного платежа;

n — количество периодов начисления процентов (длительность кредита в месяцах).

Разработанная имитационная модель пренебрегает попутными издержками обслуживания и оформления 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 кредит-

ной 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 0...1, поэтому кредитный рейтинг (скоринг), который является целым числом (300...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)

$$PR = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n delay_i}{\sum_{i=1}^n duration_i} \right] * 0,4, \quad (4)$$

где $delay_i$ — просрочка платежей i -го кредита;

$duration_i$ — срок i -го кредита;

n — количество кредитов.

Размер текущей задолженности (DR) рассчитывается по формуле (5)

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

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 выполняется по формуле (6)

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

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

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

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. Характеристика элементов агента «Client» представлена далее в таблице.

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 *creditProcessing*, в котором клиент платит по кредитам, расходуя ранее рассчитанный фонд.

Оплата счетов реализована в функции *paymentDepts*, которая вызывается при попадании агента в блок *creditProcessing*. Функция отсеивает из кредитной истории клиента все кредиты, по которым 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 ему с шансом, равным параметру «вероятность выплаты», принять решение о внесении платежа, то сумма выплат по кредиту увеличивается на величину платежа, а фонд на эту величину уменьшается. Если в фонде остались деньги, однако их не хватает для платежа, то клиент с небольшим

шансом 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 отодвигается на месяц, а дни задержек увеличиваются на месяц, что негативно отразится на рейтинге клиента.

Элементы агента «Client» / Parts of the agent «Client»

Имя / Name	Тип / A type	Назначение / Appointment
Дата рождения / Birthday Date	Date – константа / Date – constant	Модельный день рождения клиента / Model birthday of client
Возраст / Age	int – статическая переменная / int – static variable	Возраст клиента / Age of client
Доход / Income	int – статическая переменная / int – static variable	Доход клиента / Customer revenue
Кредитная история / Credit history	ArrayList<Кредит> – коллекция / ArrayList <Credit> – collection	Кредитная история клиента (хранилище всех открытых и закрытых кредитов) / Client's credit history (storehouse of all open and closed loans)
InitCreditHistory / InitCreditHistory	Функция без возврата значения / Function without return value	Функция инициализации клиента / Client initialization function
Вероятность выплаты / Probability_Payment	Double – параметр / Double – parameter	Вероятностный показатель благонадежности клиента / Probabilistic indicator of client's trustworthiness
COMFORTABLE_SHARE_FOR_DEPTS / COMFORTABLE_SHARE_FOR_DEPTS	Double – параметр / Double – parameter	Доля дохода, которую клиент готов тратить на оплату счетов / Share of income that client is willing to spend on paying bills
Фонд / Fund	Double – переменная / Double – variable	Доля дохода для оплаты счетов в денежном эквиваленте / Share of income to pay bills in cash equivalent

Примечание: составлено автором / Note: compiled by the author

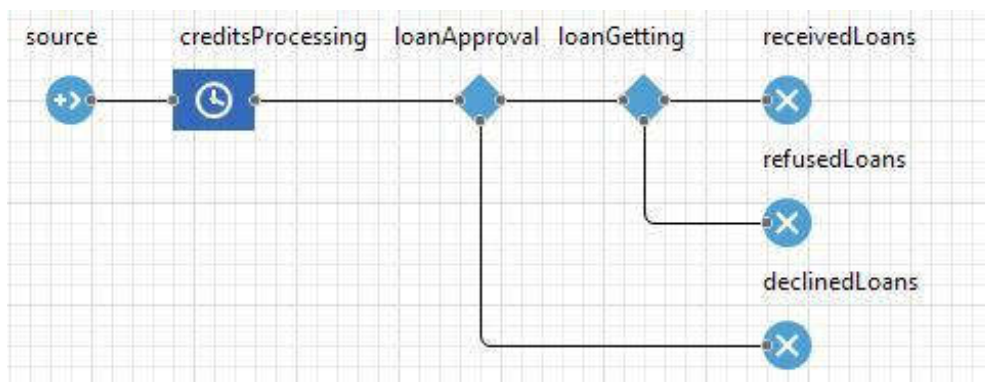


Рис. 2. Схема обработки обращений клиентов / Fig. 2. Scheme of customer requests processing

Помимо внесения платежей подсчитываются статистические показатели и обновляются переменные с соответствующими значениями (возраст клиента, доход, показатель рейтинга, показатели отдельных компонент рейтинга).

После выхода из элемента *creditProcessing* клиент попадает в блок *loanApproval*, где с помощью функции *checkNewCredit* принимается решение о новом кредитном предложении для клиента.

Функция рассчитывает рейтинг клиента и с его помощью проверяет клиента на предмет благонадежности, оценивая по шкале значений кредитного рейтинга (рис. 1) в переводе её в шкалу от 0 до 1. Таким образом, если у клиента рейтинг больше 0,36, то он может рассчитывать на кредит с повышенной процентной ставкой и пониженным сроком. Процентная ставка для клиента рассчитывается по формуле (9)

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

где *AR* – актуальная кредитная ставка;

MR – параметр модели «минимальная процентная ставка», которую готов предложить банк;

CR – кредитный рейтинг клиента [6; 9].

Если кредитное предложение отклонено, то клиент покидает банк и агент уничтожается в элементе *declinedLoans*, в противном случае заявка покидает блок *loanApprove* и отправляется в блок *loanGetting* (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 фонда больше половины от возможного значения, то клиент оформляет новый кредит (вызывается функция *addNewCredit*), по которому поступило предложение, покидает банк и агент унич-

тожается в элементе *recivedLoans*, в ином случае покидает банк и заявка уничтожается в элементе *refusedLoan*.

Функция *addNewCredit* создает новый объект *Kredum*, 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 того, как заявка клиента пройдет через смоделированный процесс на протяжении всего эксперимента, в трех элементах типа *sink declinedLoans*, *recivedLoans* и *refusedLoan* счетчики уничтоженных заявок отображают количество отклоненных банком кредитов, оформленных и отклоненных клиентом кредитов соответственно.

Для расчета кредитного рейтинга в модели используется функция *calculateCreditRating* (рис. 3), реализуемая с помощью инструмента «диаграмма действий» (см. подробнее в [11]).

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

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.

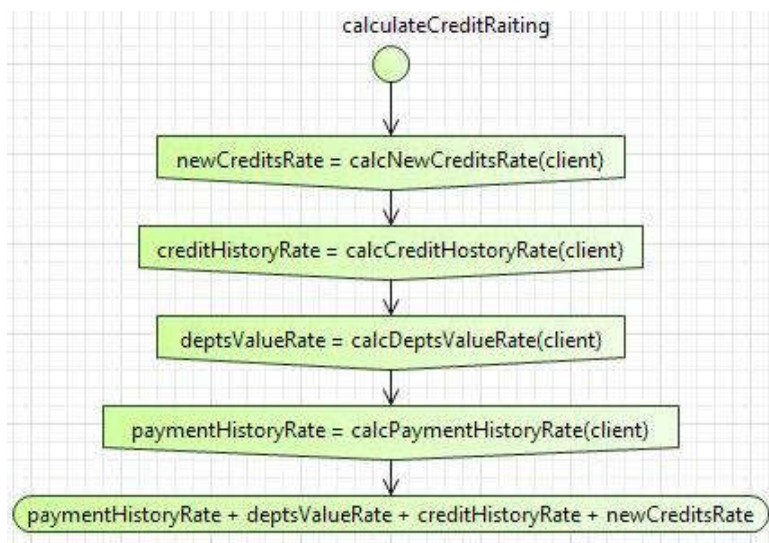


Рис. 3. Диаграмма действий для расчета кредитного рейтинга / Fig 3. Activity diagram for calculation of credit rating



Рис. 4. Основные модельные показатели / Fig. 4. Basic model indicators

Выводы. По проведенным моделью расчетам можно заметить, что показатель кредитного рейтинга изменяет предлагаемую ставку банка, что в свою очередь оказывает рост на позитивные решения 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 задолженности, 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 проведено исследование механизма воздействия кредитного рейтинга на принятие решения клиентом и банком относительно выдачи нового кредита, а также его характеристики.

Список литературы

1. Гавриловская С. В. Кредитный рейтинг как источник информации для размещения денежных средств // Академический вестник. 2012. № 2. С. 232–238.
2. Задорожная Т. М. Кредитные рейтинги эмитентов, определяемые рейтинговыми агентствами // Российское предпринимательство. 2012. № 14. С. 85–89.
3. Закирова Э. Р., Филиппов С. Д., Федькович Г. Н. Управление финансовыми ресурсами с позиций рекомендаций органов внутреннего финансового контроля // Вестник Бурятского гос. ун-та. Сер. Экономика и менеджмент. 2017. № 3. С. 3–8.
4. Марамыгин М. С., Терешкин М. Л. Залог как способ снижения кредитного риска // Фундаментальные исследования. 2016. № 9-1. С. 151–155.
5. Марамыгин М. С., Терешкин М. Л. Виды и особенности майнинга современных денежных суррогатов-криптовалют // Kant. 2017. № 4. С. 214–219.
6. Сазанова Л. А. Экономические аспекты исследования организации рекламной кампании // Известия Уральского гос. экон. ун-та. 2016. № 5. С. 141–147.
7. Силин Я. П., Анимитца Е. Г., Новикова Н. В. Тенденции развития экономического пространства уральского макрорегиона // Управленец. 2017. № 2. С. 2–11.
8. Сурнина Н. М., Илюхин А. А., Илюхина С. В. Развитие социальной и инженерной инфраструктуры региона: сущностный, институциональный, информационный аспекты // Известия Уральского гос. экон. ун-та. 2016. № 5. С. 54–65.
9. Amoretti M., Grazioli A., Zanichelli F. A modeling and simulation framework for mobile cloud computing // Simulation Modelling Practice and Theory. 2015. Vol. 58. P. 140–156.
10. Durante D., Rossi E., Colagrossi A., Graziani G. Numerical simulations of the transition from laminar to chaotic behaviour of the planar vortex flow past a circular cylinder // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2017. Vol. 48. P. 18–38.
11. Yavas D. Y., Hokelek I., Günsel B. On modeling of priority-based SIP request scheduling // Simulation Modelling Practice and Theory. 2018. Vol. 80. P. 128–144.

References

1. Gavrilovskaya S. V. *Akademicheskij vestnik* (Academic Bulletin), 2012, no. 2, pp. 232–238.
2. Zadorozhnaya T. M. *Rossiyskoe predprinimatelstvo* (Journal of Russian entrepreneurship), 2012, no. 14, pp. 85–89.
3. Zakirova E. R., Filippov S. D., Fedkovich G. N. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika i menedzhment* (Bulletin of the Buryat State University. Economy and Management), 2017, no. 3, pp. 3–8.
4. Maramygin M. S., Tereshkin M. L. *Fundamentalnye issledovaniya* (Fundamental research), 2016, no. 9-1, pp. 151–155.
5. Maramygin M. S., Tereshkin M. L. *Kant* (Kant), 2017, no. 4, pp. 214–219.
6. Sazanova L. A. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* (Bulletin of the Ural State University of Economics), 2016, no. 5, pp. 141–147.
7. Silin Y. P., Animitsa E. G., Novikova N. V. *Upravlenets* (Manager), 2017, no. 2, pp. 2–11.
8. Surnina N. M., Ilyuhin A. A., Ilyuhina S. V. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* (Bulletin of the Ural State University of Economics), 2016, no. 5, pp. 54–65.
9. Amoretti M., Grazioli A., Zanichelli F. *Simulation Modelling Practice and Theory* (Simulation Modelling Practice and Theory), 2015, vol. 58, pp. 140–156.
10. Durante D., Rossi E., Colagrossi A., Graziani G. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* (Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation), 2017, vol. 48, pp. 18–38.
11. Yavas D. Y., Hokelek I., Günsel B. *Simulation Modelling Practice and Theory* (Simulation Modelling Practice and Theory), 2018, vol. 80, pp. 128–144.

Коротко об авторе _____ **Briefly about the author**

Кислицын Евгений Витальевич, ст. преподаватель, кафедры «Статистика, эконометрика и информатика», Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия. Область научных интересов: экономика отраслевых рынков, математические и инструментальные методы экономики, экономика и организация промышленности kev@usue.ru

Evgeny Kislitsyn, senior teacher, Statistics, Econometrics and Informatics department, Ural State Economic University, Yekaterinburg, Russia. Sphere of scientific interests: economy of industrial markets, mathematical and instrumental methods of economy, economics and organization of industry

Образец цитирования _____

Кислицын Е. В. Проектирование имитационной модели кредитования физических лиц на основе механизма скоринга / Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 2. С. 99–107. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-99-107.

Kislitsyn E. Designing a simulation model of lending to individuals on the basis of the scoring mechanism // Transbaikal State University Journal, 2018, vol. 24, no. 2, pp. 99–107. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2-99-107.

Статья поступила в редакцию: 05.02.2018 г.
Статья принята к публикации: 22.02.2018 г.

