

## 1.8. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДАЧИ КРЕДИТА В РЕГИОНАЛЬНОМ КОММЕРЧЕСКОМ БАНКЕ

Раменская А.В., Яркова О.Н. Оренбургский государственный университет

*Для формирования стратегии управления процессом кредитования и кредитным риском аналитикам кредитной организации необходимо иметь инструментарий для моделирования процесса кредитования, позволяющий оценивать не только эффективность процесса кредитования в текущей ситуации, но и риски в условиях меняющейся экономической среды. Цель настоящего исследования – разработка и апробация имитационной модели процесса выдачи кредита розничным клиентам банка, позволяющей оценить просроченную задолженность в динамике, осуществить моделирование кредитных рисков организации. В работе предложена имитационная модель процесса выдачи кредитов в региональном коммерческом банке, с использованием концепций дискретно-событийного и агентного моделирования в среде AnyLogic. Имитационная модель процесса выдачи кредитов позволяет оценивать следующие показатели: количество поступивших и одобренных заявок, количество новых клиентов банка, динамика суммы выданных кредитов и суммы просроченной задолженности, доля просроченной задолженности при различных значениях параметров функционирования кредитного портфеля. Модель апробирована на данных о потребительском кредитовании в региональном коммерческом банке г. Оренбург: проведены расчеты для базового сценария управления кредитным портфелем; осуществлен анализ чувствительности ключевых показателей кредитного портфеля к изменениям внешней и внутренней среды.*

### Введение

Одним из важнейших видов деятельности коммерческих банков являются кредитные операции. Кредитование сохраняет позицию наиболее доходной статьи активов кредитных организаций на финансовом рынке, но при этом является и наиболее рискованным видом финансовой деятельности. От эффективности организации процесса кредитования зависят не только прибыль коммерческой организации, но и кредитный риск. Кредитный риск представляет собой риск невыполнения контрагентом кредитных обязательств перед кредитной организацией [Ларионова, 2016]. Для формирования стратегии управления процессом кредитования и кредитным риском аналитикам кредитной организации необходимо иметь инструментарий для моделирования процесса кредитования, позволяющий не только оценивать эффективность процесса кредитования в текущей ситуации, но и прогнозировать дальнейшее развитие процесса, оценивать риски в условиях меняющейся экономической среды.

В нестабильных условиях современной экономики, в условиях санкций растут риски, связанные с неисполнением заемщиками своих обязательств. Важно также отметить, что для стабильного развития и поддержания уровня конкуренции в регионе должны иметь свои представительства не только крупные федеральные банки, но и региональные коммерческие банки. Как отмечают аналитики отрасли, кризис, вызванный пандемией коронавирусной инфекции, сильнее всего сказался на мелких и средних банках, что обусловило выбор в качестве объекта исследования регионального банка.

Вопросам управления и оценки кредитного риска кредитных организаций посвящены труды многих современных исследователей. В работе [Ermolova et al 2021] и более ранних работах Пеникаса Г.И. отмечается, что, несмотря на жесткие требования регуляторов к методикам оценки кредитных рисков и требования соглашения Базель III, на практике кредитные риски зачастую недооцениваются [Penikas, 2020a, 2020b]. Работы [Терновская, 2017, 2018] и [Лавришко, 2017] посвящены вопросам оптимизации бизнес-процессов банковского кредитования, авторами оценена степень влияния кредитования физических лиц на российскую экономику. Современным технологиям искусственного интеллекта и больших данных в риск-менеджменте посвящена работа [Гоглев и др. 2022]. В работе [Ларионова, 2016] приведена классификация кредитных рисков коммерческих банков, описаны методы и модели оценки рисков, их достоинства и недостатки. Однако предлагаемые автором методы не позволяют учесть стохастическую природу параметров процесса кредитования, таких как, например, поступление клиентов, одобрение или отклонение заявок, и не позволяют проанализировать влияние параметров процесса кредитования на просроченную задолженность. Для решения указанных задач наиболее подходящим является метод имитационного моделирования.

Имитационное моделирование – это современный инструмент анализа и исследования стохастических процессов и систем. В работе [Медеников, 2020] предложена имитационная модель стратегического управления организацией в условиях цифровой трансформации экономики, в работе [Росс, Емельянов 2019] – комплекс имитационных моделей для прогнозирования и управления финансовыми пузырями. Опыт использования программной среды AnyLogic для моделирования бизнес-процессов банковского учреждения описан в работе [Долгова, Крюков, 2021]. Имитационные модели кредитного портфеля позволяют описывать финансовые потоки с учетом стохастического характера параметров процесса кредитования, математически обосновать выбор наиболее рациональных вариантов кредитной политики при выполнении заданных критериев с учетом рисков.

Практическим аспектам оценки рисков процесса кредитования с использованием метода имитационного моделирования посвящены труды [Бекларян, Акопов, 2018] и многих других авторов. В работе [Кислицын, 2018] построена имитационная модель для решения задачи кредитного скоринга, т.е. кредитный риск исследуется с позиции кредитного рейтинга клиента и не исследуются риски коммерческой организации, выдавшей кредит. В работе [Корнев, Алипова, Морозова, 2016] предлагается алгоритм моделирования процесса кредитования коммерческого банка второго уровня, исследованы параметры этого процесса, однако не приводятся практические аспекты реализации предложенного алгоритма, не приводятся результаты моделирования. В работе [Ermolova et al, 2021] использован агентно-ориентированный подход для анализа вопросов регулирования капитала и его влияния на эволюцию банковской системы. Авторы обосновывают, что нормативное правило наличия неотрицательного капитала банка лучше подходит для гетерогенных экономик, чем требования регуляторов [Ermolova et al, 2021]. Однако, в отмеченной работе рассматривается банковская система в целом, а не применительно к кредитной политике конкретного банка. Таким образом, задача исследования кредитных рисков кредитных организаций является актуальной и недостаточно проработанной.

Вышесказанное позволило выбрать объект исследования, определить предмет, сформировать цель и поставить задачи исследования.

#### **Цель и задачи исследования**

Цель настоящего исследования – разработка и апробация имитационной модели процесса выдачи кредита розничным клиентам банка, позволяющей оценить просроченную задолженность в динамике, осуществить моделирование кредитных рисков организации.

В соответствии с целью поставлены задачи исследования:

- разработать имитационную модель процесса кредитования физических лиц;
- оценить сумму просроченных платежей и долю просроченных платежей в кредитном портфеле;
- провести анализ чувствительности показателей риска к управляемым параметрам кредитной политики и параметрам внешней среды.

Объект исследования – региональный акционерный коммерческий банк в г. Оренбург.

Предмет исследования – имитационная модель процесса выдачи кредита в коммерческом банке.

#### **Методика**

Информационная база исследования – данные об объемах выданных кредитов и анкет 1220 заемщиков регионального коммерческого банка в г. Оренбург за 2013–2020 гг.

Рассмотрим поэтапный процесс построения имитационной модели выдачи кредитов региональным коммерческим банком.

I этап. Структурный анализ процесса.

Коммерческий банк представляет несколько кредитных продуктов, среди которых ипотечное кредитование, потребительские кредиты и кредитные карты. В рамках исследования рассмотрим портфель потребительских кредитов.

На основе анализа объекта сформулирован ряд предпосылок модели:

- 1) заявки на выдачу кредита поступают в банк с заданной интенсивностью;
- 2) банк одобряет заявку с заданной вероятностью, решение по кредитной заявке принимается в срок от 1 до 3 рабочих дней;
- 3) управляемый параметр коммерческого банка – процент одобрения кредитов;
- 4) процентная ставка по кредиту – фиксированная, зависит от суммы кредита и назначается банком для каждой заявки индивидуально;
- 5) имея одобренную кредитную заявку, клиент может отказаться от кредита, если одобренная банком процентная ставка отличается от его личных ожиданий;
- 6) клиенты, которые одобрены банком и оформили кредит, могут оказаться добросовестными (исправно вносят платежи) или задолжниками.

Оценкой риска для банка является показатель доля просроченной задолженности (default rate) – отношение суммы просроченной задолженности к общей сумме выданных кредитов.

II этап. Формализованное описание модели.

Для построения формальной модели процесса выдачи кредита выбрана система имитационного моделирования AnyLogic, которая хорошо зарекомендовала себя в многоподходном имитационном моделировании. Для нашей модели использованы концепции дискретно-событийного и агентного моделирования.

В модели нами предлагается использовать агентов для моделирования клиентов банка, которые характеризуются следующими параметрами:

- *summa* – сумма кредита, случайная величина с заданным законом распределения, руб.;
- *creditperiod* – срок кредита, случайная величина с заданным законом распределения, мес.;
- *i\_oj* – ожидаемая клиентом ставка по кредиту, доли;
- *i\_real* – одобренная банком ставка по кредиту, доли;
- *periodremainder* – остаток периода кредитования, месяцев;
- *payment* – величина ежемесячного платежа (зависит от суммы, срока и одобренной процентной ставки), руб.;

- $agreesperiod$  – период просрочки платежа по кредиту, мес.;
- $forfeitpay$  – величина штрафа за просроченный платеж, руб.

В каждый момент времени агент может пребывать в одном из состояний: благонадежный плательщик; неблагонадежный плательщик, имеет один просроченный платеж; неблагонадежный плательщик, просрочил более двух платежей. Переход между состояниями агента осуществляется по интенсивности (интенсивность перехода в статус неплательщика задается аналитиком и может трактоваться как параметр внешней среды).

Схема процесса кредитования в коммерческом банке представлена на рисунке 1.

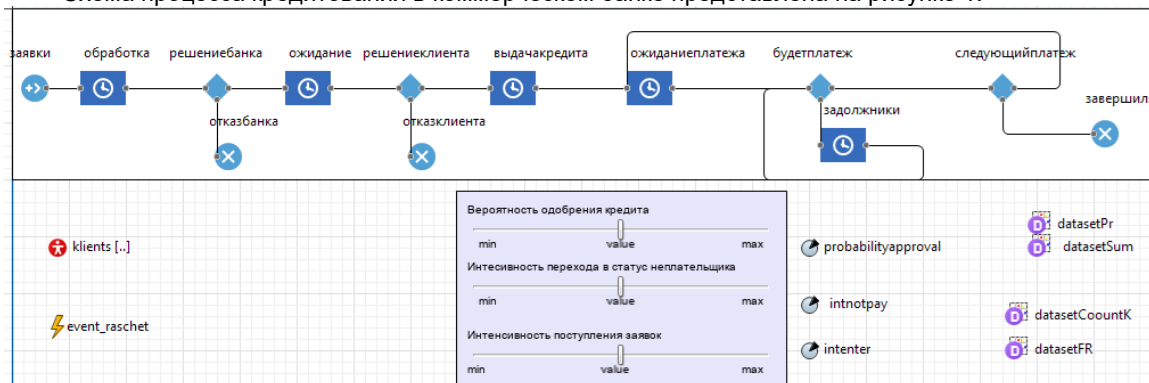


Рисунок 1. Блок-схема имитационной модели

Дадим некоторые дополнительные комментарии. Решение банка принимается с учетом значения вероятности одобрения кредита (управляемый параметр), который характеризует кредитную политику банка. Обработка и одобрение заявки банком может длиться до трех дней, и по её итогу определяется процентная ставка по кредиту и ежемесячный платеж. После одобрения клиент сравнивает ожидаемую процентную ставку с предлагаемой банком и если она не превышает заданную величину, берет кредит. Далее спустя месяц платеж зависит от того в каком состоянии находится клиент. Для задолжников рассчитывается величина штрафа и период просрочки.

### III Этап. Построение модели.

В качестве периода моделирования выбран один год. Для пользователя модели предусмотрена возможность интерактивного изменения ключевых параметров: интенсивности прихода новых клиентов, вероятности одобрения кредита, интенсивности перехода в статус неплательщика. Проведя отладку и верификацию модели, можно перейти к проведению численных экспериментов.

Среда разработки моделей AnyLogic представляет разработчику решения для реализации различных типов экспериментов с имитационными моделями. Разработанная нами модель позволяет проводить анализ чувствительности по ключевым параметрам модели, а также осуществлять сценарный анализ (эксперимент – сравнение прогнозов), для этого в модель включены интерактивные формы.

### Результаты и обсуждение

Имитационная модель процесса выдачи кредитов позволяет оценивать следующие показатели: количество поступивших и одобренных заявок, количество новых клиентов банка, динамика суммы выданных кредитов и суммы просроченной задолженности, доля просроченной задолженности.

Рассмотрим результаты моделирования для базового сценария, в котором: интенсивность поступления заявок – 12 шт./день, вероятность одобрения заявки – 0,75, интенсивность перехода клиента в статус неплательщика – 0,1 клиент/день, интенсивность возвращения клиента в статус гасящего платежа – 0,5 клиент/день.

Результаты имитационного моделирования для 1 прогона приведены на рисунках 2–3. Всего за период моделирования поступило 4 278 заявок на кредит, одобрение банка получили 3 205 заявок, из одобренных заявок выдан кредит 2 469 клиенту на общую сумму 1 487 266 тыс. руб. За год кредит полностью погасили 164 клиента. При текущих условиях показатель  $default\ rate$  на конец периода составил 1,03%, что говорит о низком уровне риска по кредитному портфелю. Сумма задолженности на конец года составила 15 544 тыс. руб.

Можно сделать вывод о стабильном положении банка при заданных начальных условиях.

Следующим этапом проанализируем поведение модели в зависимости от ключевых параметров внутренней и внешней среды. Для этого на основе разработанной модели проведем анализ чувствительности.

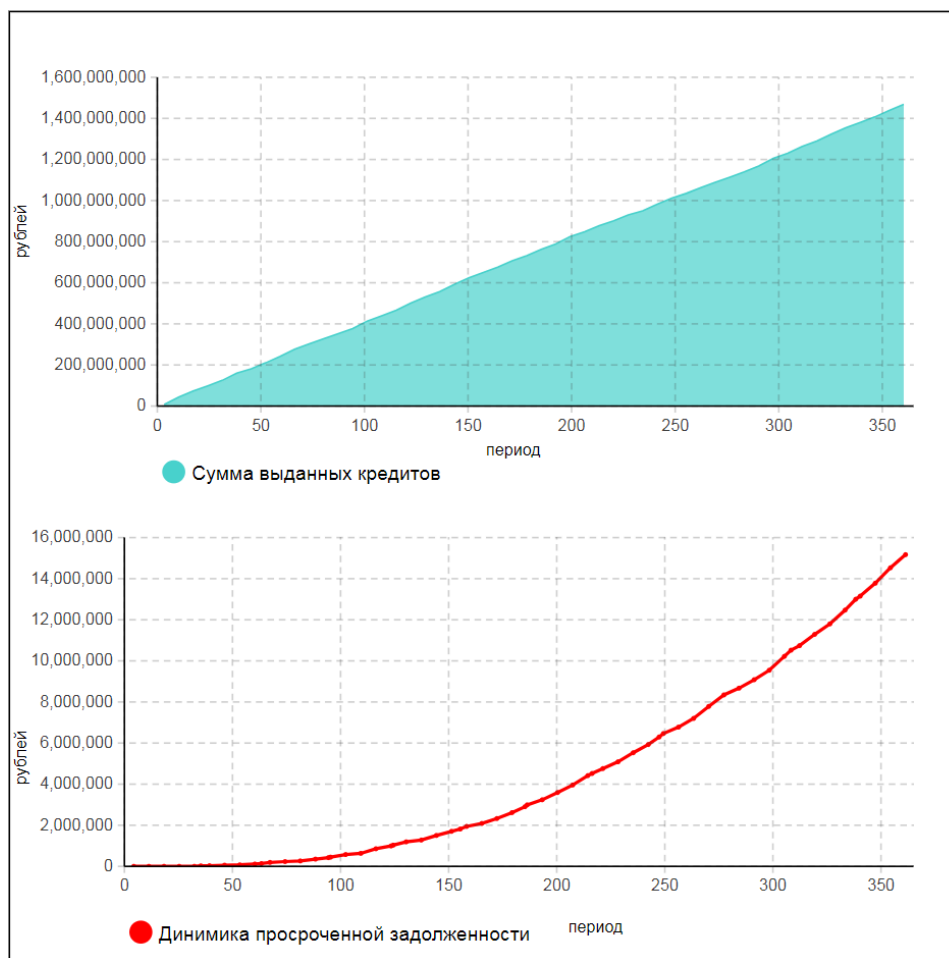
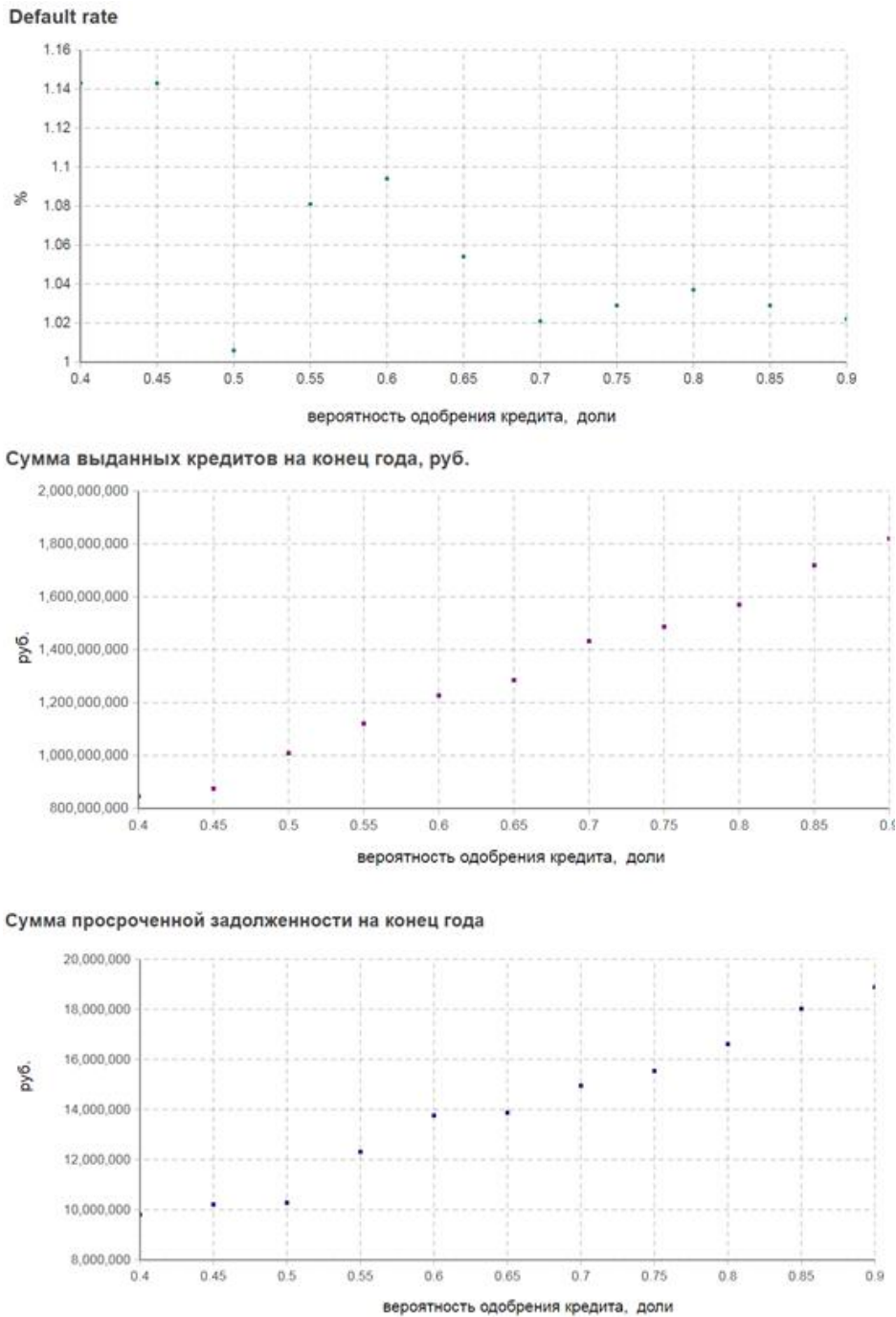


Рисунок 2. Результаты моделирования для базового сценария поведения системы (сумма выданных кредитов и величина просроченной задолженности)



Рисунок 3. Динамика доли просроченной задолженности для базового сценария поведения системы

В качестве основного параметра для банка выбрана вероятность одобряемых кредитов. Зададим для него диапазон от 0,4 (жесткая кредитная политика банка) до 0,9 и проведем анализ чувствительности к нему таких показателей, как default rate, сумма просроченной задолженности и количество клиентов. Остальные параметры модели взяты из базового сценария. Результаты, полученные в AnyLogic, представлены на рисунке 4.



**Рисунок 4. Результаты анализа чувствительности для показателя «вероятность одобрения кредита банком»**

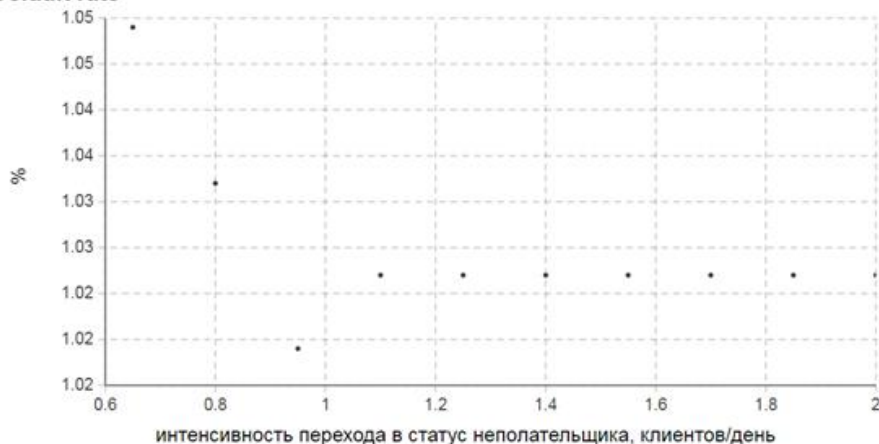
Из рисунка 4 очевидно, что с ростом вероятности одобрения кредитов растет как количество клиентов, так и сумма просроченной задолженности. При этом ужесточения кредитной политики, при которых одобряются менее половины заявок, приводят к значительному росту доли просроченной задолженности. Изменения вероятности одобрения кредита на 0,05 пункта не всегда приводят к значительным изменениям суммы просроченной задолженности, можно предположить нелинейную взаимосвязь между этими показателями. Отметим, что разница в кредитной политике начинает отчетливее проявляться ближе к концу исследуемого периода.

Анализируя поведение показателя «доля просроченной задолженности», отметим существование обратной нелинейной зависимости от вероятности одобряемых кредитов банком.

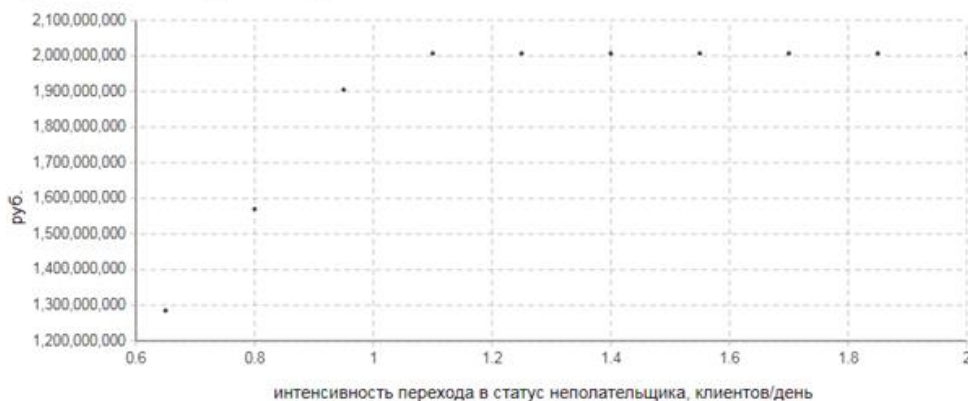
Аналогично, проанализируем влияние на показатель устойчивости банка интенсивности перехода клиента в статус неплательщика (этот показатель можно рассматривать как оценку вероятности неисполнения заемщиком своих обязательств). Результаты приведены на рисунке 5.

Анализ показал, что интенсивность перехода клиента в статус неплательщика не оказывает значимого влияния на количество клиентов банка и сумму выданных кредитов, но от него напрямую зависит сумма просроченной задолженности и доля просроченной задолженности (нелинейный характер связи). Однако, этот показатель внешней среды не является управляемым для банка и будет определяться в первую очередь текущей экономической ситуацией в регионе, которая подвержена влиянию внешнеполитических, эпидемиологических и других факторов.

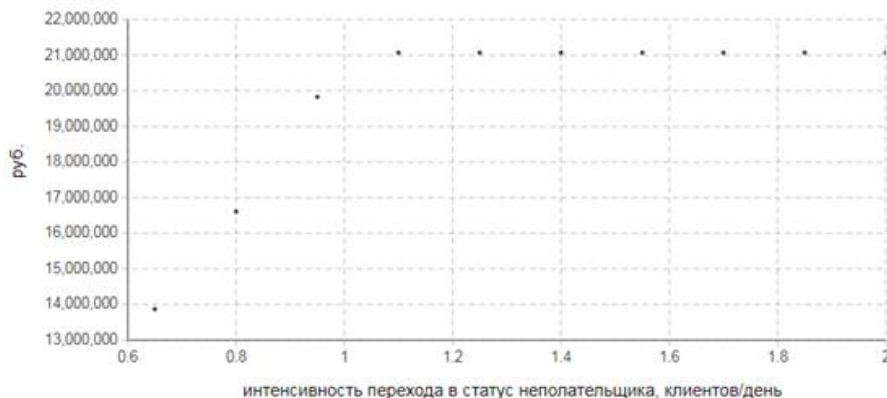
**Default rate**



**Сумма выданных кредитов, руб**

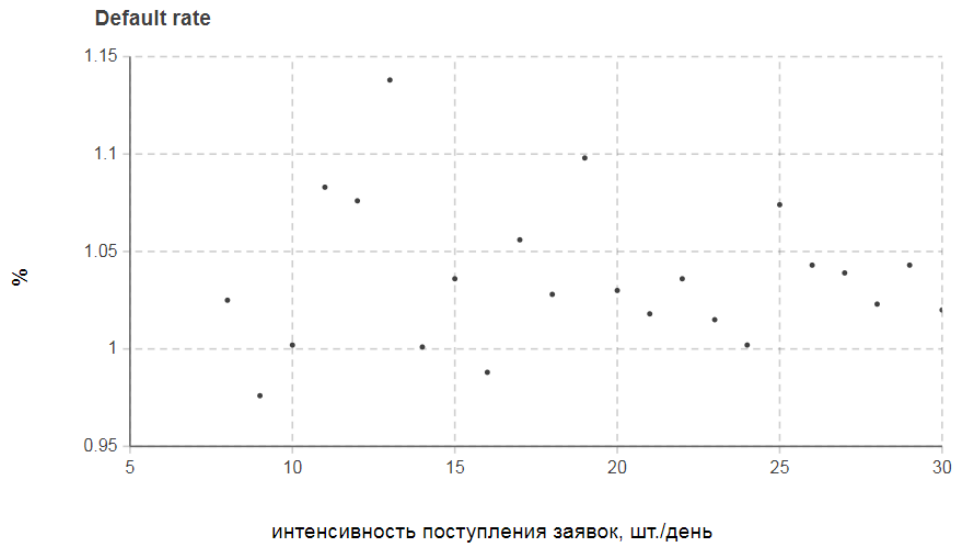


**Сумма просроченной задолженности на конец года, руб**



**Рисунок 5. Результаты анализа чувствительности характеристик кредитного портфеля к параметру «интенсивность перехода в статус неплательщика»**

Анализ чувствительности по показателю «интенсивность поступления заявок» показал наличие прямой взаимосвязи с количеством клиентов, суммой выданных кредитов и суммой просроченной задолженности. Однако между интенсивностью поступления заявок и долей просроченной задолженности взаимосвязи нет (рисунок 6).



**Рисунок 6. Результаты анализа чувствительности: зависимость между долей просроченной задолженности и интенсивностью поступления заявок в день**

Следующим этапом исследования проанализируем применение жесткой и мягкой кредитной политики банка при различных условиях внешней среды. Рассмотрим следующие условные сценарии, приведенные в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты сценарного анализа**

Сценарий, №	Характеристики сценария			Выходные показатели, характеризующие кредитный портфель		
	Показатели внешней среды		Управляемый параметр банка	Сумма выданных кредитов, млн. руб.	Сумма просроченной задолженности, млн. руб.	Доля просроченной задолженности, %
	Интенсивность поступления заявок, шт/день	Интенсивность перехода в статус неплательщика, клиентов/день				
0	8	0,1	0,60	805,9	9,172	1,12
1	8	0,1	0,75	977,5	9,854	0,98
2	8	0,1	0,90	1 249,0	13,370	1,06
3	10	0,1	0,60	1 003,0	10,450	1,03
4	10	0,1	0,75	1 295,0	13,680	1,03
5	10	0,1	0,90	1 488,0	15,780	1,04
6	10	0,2	0,60	990,5	18,290	1,82
7	10	0,2	0,75	1 262,0	25,110	1,96
8	10	0,2	0,90	1 495,0	28,260	1,86
9	14	0,1	0,60	1 397,0	15,560	1,09
10	14	0,1	0,75	1 746,0	20,220	1,14
11	14	0,1	0,90	2 105,0	22,040	1,02
12	14	0,15	0,60	1 441,0	21,710	1,48
13	14	0,15	0,75	1 749,0	26,780	1,52
14	14	0,15	0,90	2 122,0	32,170	1,49
15	14	0,2	0,60	1 410,0	27,330	1,90
16	14	0,2	0,75	1 735,0	33,550	1,89
17	14	0,2	0,90	2 094,0	39,980	1,88
18	20	0,1	0,60	2 007,0	20,660	1,02
19	20	0,1	0,75	2 492,0	26,140	1,03
20	20	0,1	0,90	2 918,0	32,430	1,04
21	20	0,15	0,60	2 033,0	30,590	1,49
22	20	0,15	0,75	2 535,0	37,620	1,46
23	20	0,15	0,90	2 910,0	44,280	1,50
24	20	0,2	0,60	2 027,0	39,580	1,92
25	20	0,2	0,75	2 485,0	46,120	1,83
26	20	0,2	0,90	3 040,0	58,430	1,89

Получили, что значение показателя доля просроченной задолженности зависит от показателей внешней среды и незначительно меняется при ужесточении или смягчении кредитной политики банка. Одновременный рост спроса на кредиты и вероятности недобросовестности заемщиков приводит к увеличению доли просроченной задолженности, в такой ситуации банку может быть рекомендовано придерживаться умеренной или жесткой кредитной политики.

Таким образом, банку необходимо подбирать кредитную политику в ответ на состояние внешней среды: спросу на кредиты и вероятности недобросовестности клиентов.

#### Заключение

В работе описана разработанная имитационная модель процесса выдачи кредитов в коммерческом банке. Модель апробирована на данных о потребительском кредитовании в региональном коммерческом банке г. Оренбург. Клиенты банка моделируются агентами, которые имеют свой набор параметров и три возможных состояния. На основе построенной модели:

- проведены расчеты для базового сценария;
- смоделированы различные варианты изменений внешней среды;
- осуществлен анализ чувствительности выбранных ключевых показателей кредитного портфеля к изменениям внешней и внутренней среды.

Имитационное моделирование является гибким инструментом, который может быть использован и для моделирования в банковской сфере. Предложенная в работе модель может быть применена для анализа кредитных рисков и формирования кредитной политики финансовой организации, в том числе в текущих условиях повышения процентных ставок и снижения покупательной способности населения. К перспективам дальнейшего исследования можно отнести модификацию модели для учета состояния заемщика, воспользовавшегося возможностью кредитных каникул, и адаптацию модели под другие виды кредитования.

#### Литература

1. Бекларян А.Л., Акопов А.С. (2018) Имитационная модель оптимального распределения потока кредитных заявок для межрегионального центра андеррайтинга коммерческого банка // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2018. – № 11(173). – С. 46-56. DOI: 10.14489/vkit.2018.11. pp.046-056
2. Гоглев Н.Н., Е.В. Касаткина, С.А. Мигалин, О.И. Муштак (2022) Управление рисками с применением современных технологий искусственного интеллекта и анализа больших данных // Научно-публицистический журнал Цифровая экономика, – 2022. – 22 с. URL: [http://digital-economy.ru/images/easyblog\\_articles/860/20220412-060909BigData.pdf](http://digital-economy.ru/images/easyblog_articles/860/20220412-060909BigData.pdf)
3. Долгова О.И., Крюков С.В. (2021) Имитационное моделирование бизнес-процессов сервисной поддержки продуктов эквайринга в программной среде Anylogic // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. – Т. 14, № 6. – С. 117-133. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.14609>
4. Кислицын, Е.В. (2018) Имитационное моделирование процесса кредитования физических лиц с использованием кредитного рейтинга / Е.В.Кислицын // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление, 2018. – № 3. – С.112-118.
5. Корнев, В.А., Алипова А.К., Морозова О.В. (2016) Моделирование процесса кредитования в частном банке второго уровня // Экономика. Право. Общество. – 2016. – № 2 (6). – С. 82-87. <https://epo.rea.ru/jour/article/view/57>
6. Лавришко А.С. (2017) Развитие банковского кредитования физических лиц: границы и влияние на экономическое развитие страны // Российский экономический интернет-журнал. – 2017. – № 1. URL: [http://www.e-rej.ru/upload/iblock/cb1/cb1504abc2c946cd71e012\\_f059733a57.pdf](http://www.e-rej.ru/upload/iblock/cb1/cb1504abc2c946cd71e012_f059733a57.pdf)
7. Ларионова И.В. (2016) Риск-менеджмент в коммерческом банке, под ред. И.В. Ларионовой. М.: КНОРУС, 2016. – 456с.
8. Мединников, В.И. (2020) Имитационная динамическая модель стратегического управления организацией в цифровой экономике //Цифровая экономика. – 2020. – № 4(12). – С. 34-48. DOI: 10.34706/DE-2020-04-05
9. Новицкая Л.Ю., Кошелева М.В. (2017) Некоторые проблемы, связанные с ипотечным кредитованием в Российской Федерации // Экономика. Право. Общество. – 2017. – № 3 (11). – С. 57-63.
10. Росс Г.В., Емельянов, А.А. Информационные технологии прогнозирования экономических процессов управления финансовыми пузырями // Прикладная информатика. – 2019. – Т. 14. № 2 (80). –С. 5-15. DOI: 10.24411/1993-8314-2019-10001
11. Терновская, Е.П. (2017) Перспективы финансово-кредитной поддержки инвестиционного потенциала российской экономики // Финансы и кредит, – 2017. – Том 23. – № 4(724). – С. 217-232. DOI: 10.24891/фс.23.4.217
12. Терновская, Е.П., Лавришко А.С. (2018) Тенденции развития продуктов кредитования физических лиц в российской экономике и направления их модернизации // Вестник Евразийской науки. –2018. – Т. 10. – № 5. – 10 с. URL: <https://esj.today/PDF/71ECVN518.pdf>
13. Ermolova M., Leonidov A., Nechitailov V., Penikas H., Pilnik N., Serebryannikova E. (2021) Agent-based model of the Russian banking system: Calibration for maturity, interest rate spread, credit risk,



- and capital regulation, *Journal of Simulation*. – 2021. – Т. 15 – № 1-2. – С. 82-92. DOI: 10.1080/17477778.2020.1774430
14. Penikas H. (2020fa) Why the conservative IRB credit risk model underestimates losses? / CEUR Workshop Proceedings Series. Vol-2795 Conference «Proceedings of the Conference on Modeling and Analysis of Complex Systems and Processes 2020 (MACSPro 2020)». – 2020. – p. 69-78. URL <http://ceur-ws.org/Vol-2795/paper7.pdf>
  15. Penikas H. (2020b) History of the Basel internal-ratings-based (IRB) credit risk regulation. *Model Assisted Statistics and Applications*. – 2020. – № 15. – Pp. 81-98. DOI: 10.3233/MAS-190480.
  16. Ternovskaya H.P., Lavrishko A.S. (201) The Influence of the Credit Policy of Commercial Banks on the Modernization of the Russian Economy Structure = Влияние кредитной политики коммерческих банков на модернизацию структуры российской экономики. *Journal of Reviews on Global Economics*. – 2018. – №7. – p. 433-441. DOI: 10.6000/1929-7092.2018.07.37
  17. Yarkova O.N., Renner A.G. (2020) Modeling the ruin probability of a non-state pension fund taking into account risky investments. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. – 2020. – Vol. 138. – P. 528-538. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15577-3_50)

### References in Cyrillics

1. Beklaryan A.L., Akopov A.S. (2018) Imitacionnaya model` optimal'nogo raspredeleniya potoka kreditny`x zayavok dlya mezhhregional'nogo centra anderrajtinga kommercheskogo banka // *Vestnik komp'yuterny`x i informacionny`x texnologij*. – 2018. – № 11(173). – S. 46-56. DOI: 10.14489/vkit.2018.11. pp.046-056
2. Goglev N.N., E.V. Kasatkina, S.A. Migalin, O.I. Mushtak (2022) Upravlenie riskami s prime-neniem sovremenny`x texnologij iskusstvennogo intellekta i analiza bol'shix danny`x // *Nauchno-publicisticheskij zhurnal Cifrovaya e`konomika*, – 2022. – 22 c. URL: [http://digital-economy.ru/images/easy-blog\\_articles/860/20220412-060909BigData.pdf](http://digital-economy.ru/images/easy-blog_articles/860/20220412-060909BigData.pdf)
3. Dolgova O.I., Kryukov S.V. (2021) Imitacionnoe modelirovanie biznes-processov servis-noj podderzhki produktov e`kvajringa v programnoj srede Anylogic // *Nauchno-texnicheskie vedomosti SPbGPU. E`konomicheskie nauki*. 2021. – Т. 14, № 6. – S. 117-133. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.14609>
4. Kislicyn, E.V. (2018) Imitacionnoe modelirovanie processa kreditovaniya fizicheskix licz s ispol'zovaniem kreditnogo rejtinga / E.V.Kislicyn // *Vestnik VGU. Seriya: E`konomika i upravlenie*, 2018. – № 3. – S.112-118.
5. Kornev, V.A., Alipova A.K., Morozova O.V. (2016) Modelirovanie processa kreditovaniya v chastnom banke vtorogo urovnya // *E`konomika. Pravo. Obshhestvo*. – 2016. – № 2 (6). – S. 82-87. <https://epo.rea.ru/jour/article/view/57>
6. Lavrishko A.S. (2017) Razvitie bankovskogo kreditovaniya fizicheskix licz: granicy i vliya-nie na e`konomicheskoe razvitie strany` // *Rossijskij e`konomicheskij internet-zhurnal*. – 2017. – № 1. URL: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/cb1/cb1504abc2c946cd71e012f059733a57.pdf>
7. Larionova I.V. (2016) Risk-menedzhment v kommercheskom banke, pod red. I.V. Larionovoj. M.: KNORUS, 2016. – 456s.
8. Medennikov, V.I. (2020) Imitacionnaya dinamicheskaya model` strategicheskogo upravleniya organizacij v cifrovoj e`konomike // *Cifrovaya e`konomika*. – 2020. – № 4(12). – S. 34-48. DOI: 10.34706/DE-2020-04-05
9. Noviczka L.Yu., Kosheleva M.V. (2017) Nekotory`e problemy`, svyazanny`e s ipotechny`m kreditovaniem v Rossijskoj Federacii // *E`konomika. Pravo. Obshhestvo*. – 2017. – № 3 (11). – S. 57-63.
10. Ross G.V., Emel'yanov, A.A. Informacionny`e texnologii prognozirovaniya e`konomicheskix processov upravleniya finansovy`mi puzy`ryami // *Prikladnaya informatika*. – 2019. – Т. 14. № 2 (80). – S. 5-15. DOI: 10.24411/1993-8314-2019-10001
11. Ternovskaya, E.P. (2017) Perspektivy` finansovo-kreditnoj podderzhki investicionnogo potentsiala rossijskoj e`konomiki // *Finansy` i kredit*, – 2017. – Tom 23. – № 4(724). – S. 217-232. DOI: 10.24891/fc.23.4.217
12. Ternovskaya, E.P., Lavrishko A.S. (2018) Tendencii razvitiya produktov kreditovaniya fizi-cheskix licz v rossijskoj e`konomike i napravleniya ix modernizacii // *Vestnik Evrazijskoj nauki*. –2018. – Т. 10. – № 5. – 10 s. URL: <https://esj.today/PDF/71ECVN518.pdf>.

Раменская Алина Владимировна, <https://orcid.org/0000-0003-4732-9105>, канд.экон.наук, доцент, кафедра математических методов и моделей в экономике, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия, [alina.ramenskaya@yandex.ru](mailto:alina.ramenskaya@yandex.ru)

Яркова Ольга Николаевна, <https://orcid.org/0000-0002-8745-3031>, канд.экон.наук, доцент, заведующий кафедрой, кафедра математических методов и моделей в экономике, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия, [yarkova\\_on@mail.ru](mailto:yarkova_on@mail.ru)

**Ключевые слова**

*имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование, оценка рисков, процесс выдачи кредита, коммерческий банк.*

***Alina V. Ramenskaya. Olga N. Yarkova. Simulation modeling of the process of issuing a loan in a regional commercial bank.***

**Keywords**

simulation modeling, discrete event modeling, agent modeling, risk assessment, loan issuance process, commercial bank..

DOI: 10.34706/DE-2022-02-08

JEL classification: C63 ; G21

**Abstract**

To form a strategy for managing the lending process and credit risk, analysts of a credit organization need to have tools for modeling the lending process, which allows not only to assess the effectiveness of the lending process in the current situation, but also to assess risks in a changing economic environment. The purpose of this study is to develop and test a simulation model of the process of issuing a loan to retail bank customers, which makes it possible to evaluate overdue debts in dynamics, to model the organization's credit risks. The paper proposes a simulation model of the process of issuing loans in a regional commercial bank, using the concepts of discrete-event and agent-based modeling in the AnyLogic environment. The simulation model of the process of issuing loans makes it possible to evaluate the following indicators: the number of received and approved applications, the number of new bank customers, the dynamics of the amount of loans issued and the amount of overdue debt, the share of overdue debt for various values of the parameters of the loan portfolio. The model was tested on data on consumer lending in a regional commercial bank in Orenburg: calculations were made for the basic scenario of loan portfolio management; analysis of the sensitivity of the key indicators of the loan portfolio to changes in the external and internal environment was carried out.