

УДК 519.872:519.67

Г.И. Горемыкина, Н.А. Щукина
**SIMULINK-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ЭКСПРЕСС-КРЕДИТОВАНИЯ**

*Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,
Москва, Россия*

Данная работа продолжает исследования авторов по моделированию процессов экспресс-кредитования и их оптимизации. Экспресс-кредит – это потребительский кредит на покупку товаров непосредственно в точке продаж, без посещения банка. Исследуются процессы выдачи таких кредитов для получения оценки различных вариантов стратегии развития системы управления кредитного отдела одного из крупнейших российских банков. Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи, а именно: проведен анализ рынка потребительского кредитования; проведена процедура проверки принадлежности выборки случайных переменных одной из функций распределения и соответствующих числовых характеристик полученного распределения; получена комплексная оценка функционирования отделения банка по выдаче экспресс-кредитов в текущем и прогнозном периоде. Рассматривая отделение банка как систему массового обслуживания, была создана имитационная модель, входной поток заявок которой имеет экспоненциальное распределение, а время обслуживания клиентов подчинено нормальному закону распределения. Для компьютерной реализации имитационной модели использована интерактивная среда Simulink, интегрированная в пакет прикладных программ MatLab. Приведены результаты имитационного эксперимента и проведен анализ числа потенциальных заемщиков и общей суммы выданных им кредитов.

Ключевые слова: экспресс-кредитование, имитационное моделирование, система массового обслуживания, MatLab, Simulink

Введение. Банковский сектор является одной из важнейших структур рыночной экономики. Выход экономики страны на траекторию инновационного развития не возможен без современных методик управления и организации хозяйственной деятельности всех ее отраслей. В настоящее время подготовка управленческих решений требует принятия во внимание большого числа различных факторов, которые в той или иной мере влияют на динамику исследуемой системы. Управление сложной системой в большинстве случаев представляет собой достаточно ресурсоемкий и зачастую дорогостоящий процесс. Лицу, принимающему решение, необходимо анализировать сотни различных сценариев, что обуславливает необходимость разработки современных аналитических моделей различного типа. Имитационные модели в этом случае являются неотъемлемой частью современного банковского менеджмента.

Стратегическое планирование банка также предполагает применение имитационных технологий.

В круг основных задач имитационного моделирования входят оценка эффективности участия во взаимном страховании, оценка вероятности воздействия влияния энергетики на окружающую среду, моделирование сценариев работы банка, анализ альтернативных стратегий, моделирование транспортных потоков, систем управления торговыми предприятиями и многое другое [Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found.]. Имитационные модели позволяют получить как примерные оценки принимаемых решений, так и детальные численные прогнозы, и расчеты. Данная работа продолжает исследования авторов по моделированию процессов экспресс-кредитования и их оптимизации [4]. Исследуются процессы выдачи кредитов для получения оценки различных вариантов стратегии развития системы управления кредитного отдела одного из крупнейших банков.

Актуальность данной темы исследования продиктована необходимостью развития формализованных средств моделирования, анализа и оптимизации систем массового обслуживания с целью повышения эффективности их функционирования.

Анализ рынка потребительского кредитования. Кредитный рынок в последние годы характеризуется позитивной динамикой развития. Наиболее интенсивный рост рынка розничного кредитования наблюдается в период 2012-2013 гг. В эти периоды доля кредитов, выданных физическим лицам, составила 29-32% от общих объемов кредитов, депозитов и прочих размещенных средств, предоставленных организациям, физическим лицам и кредитным организациям. На 1 января 2017 года рынок розничного кредитования не уступал свои позиции в общем объеме кредитов, депозитов и прочих размещенных средств, предоставленных организациям, физическим лицам и кредитным организациям и составляет 28.3% (Рисунок 1).

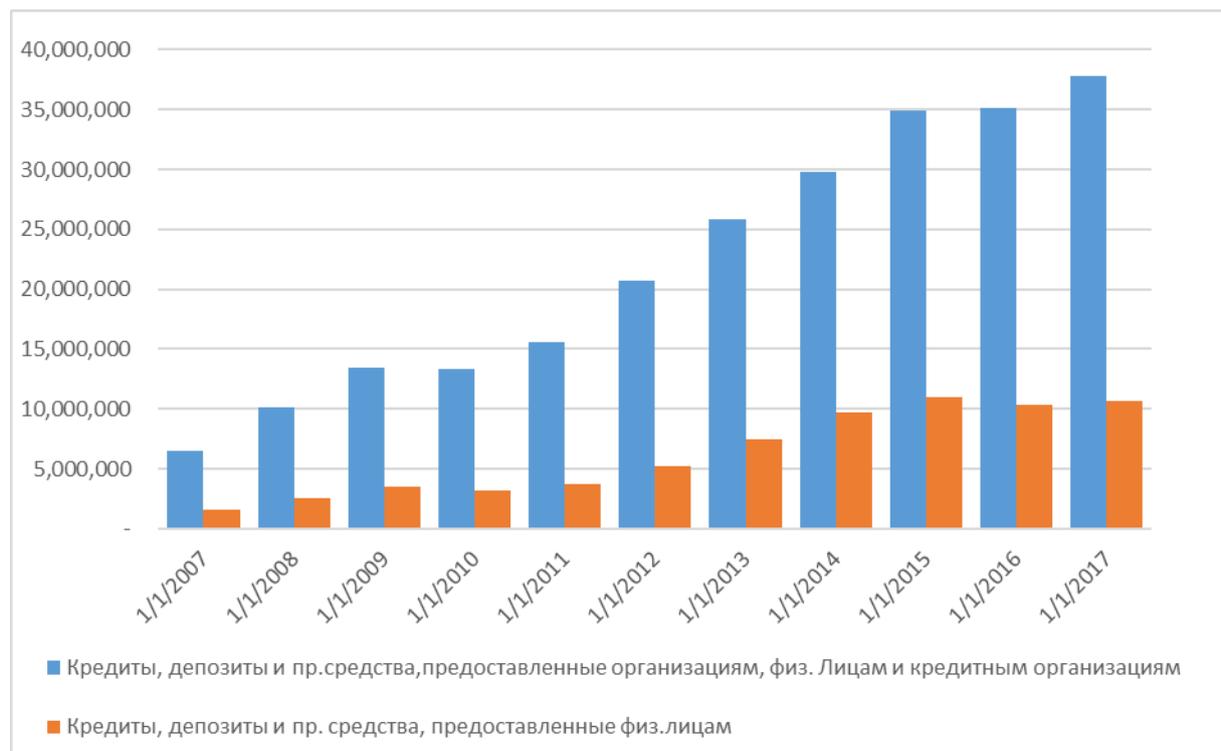


Рисунок 1 – Кредиты, депозиты и прочие размещенные средства в рублях, млн. руб.

Экономические кризисы, которые Россия пережила в 2008 и 2014 годах не могли не повлиять и на рынок потребительских кредитов. Одним из неприятных результатов кризисов 2008 и 2014 годов стало снижение покупательской способности населения, что привело к увеличению просроченной задолженности населения. Следует также отметить, что кредитование физических лиц в докризисные периоды росло темпами, опережающими динамику доходов населения, что привело к повышению уровня долговой нагрузки [5].

По данным официальной статистики [8], реальные денежные доходы населения в 2014 году снизились на 0.5% по сравнению с 2013 годом, а в 2015 году составили 95.9% от величины реальных денежных доходов населения в 2014 году. По данным Объединенного кредитного бюро, [9], наиболее активный рост просроченной задолженности пришелся на первое полугодие 2014 года и составил 1.87%, однако во втором полугодии темпы роста просроченной задолженности замедлились до 0.75%. В 2016 году объем просроченной задолженности составил 13.8% от общего объема ссудной задолженности населения.

По данным Центрального Банка Российской Федерации, [10], за первые восемь месяцев 2017 г. объем розничного кредитования достиг прироста в 8.5% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. За 2016 г. население РФ получило банковских кредитов на общую сумму 10643.6 млрд. руб., за восемь месяцев текущего года – 11382.1 млрд. руб., что на 4.5% больше объема выданных кредитов предыдущего года.

Можно предположить, что по итогам 2017 г. высокий темп прироста розничного кредитования сохранится (Рисунок 2).

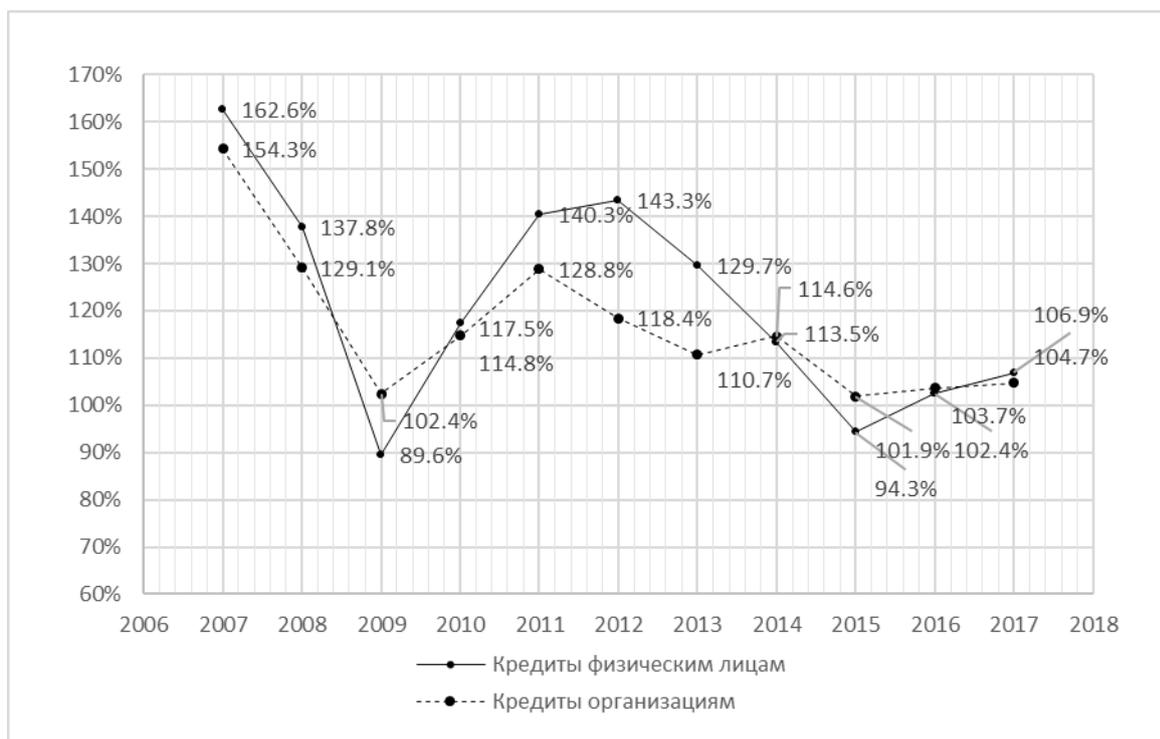


Рисунок 2 – Сравнение темповых характеристик объемов кредитования заемщиков (в % к аналогичному периоду предыдущего года)

Общая постановка задачи. Для обеспечения эффективной работы кредитного отдела банка в изменяющихся внешних условиях необходимо усовершенствовать традиционный алгоритм его работы. Требуется оценить число потенциальных заемщиков и кумулятивную сумму выдаваемых экспресс-кредитов в течение рабочего дня.

В качестве входных параметров системы выступают среднее время между поступлениями заявок μ_A и среднее время их обслуживания μ_S . Временной продолжительностью процесса оформления кредита можно пренебречь, так как в силу особенностей продукта экспресс-кредитования решение о его выдаче принимается очень быстро. У каждого потенциального заемщика есть желаемая сумма, которую он хотел бы получить. Данная величина является случайной. При входе в банк клиент попадает в очередь. Во время его обслуживания принимается решение о выдаче или отказе в выдаче кредита.

Выдача экспресс-кредитов представляет собой многократно повторяющийся однотипный процесс. Поэтому отделение банка можно рассматривать как систему массового обслуживания. Математическое моделирование систем массового обслуживания складывается из моделирования потока заявок и процесса функционирования совокупности

обслуживающих устройств. Для описания СМО необходимо задать входящий поток требований (заявок), которые поступают на обслуживание; порядок постановки заявки в очередь и выбора из нее; правило, по которому осуществляется обслуживание. Реальные системы массового обслуживания состоят из большого числа элементов, имеют сложные внутренние связи, поэтому для их изучения и получения достоверных результатов переходят к имитационным моделям. В настоящее время существует достаточно широкий перечень специальных программных продуктов, среди которых можно выделить MATLAB Simulink, GPSS World, AnyLogic, Arena, iThink, PowerSim и другие [6, 7].

Решение поставленной задачи. Для разработки стохастической имитационной модели отделения банка необходимо провести процедуру проверки принадлежности выборки входных параметров модели одной из функций распределения и соответствующих числовых характеристик полученного распределения. Для исследования интенсивности входного потока заявок и времени принятия решений по одобрению/неодобрению требования по выдаче экспресс-кредита была собрана статистическая информация. Установлено, что время между приходом клиентов является случайной величиной с экспоненциальным законом распределения и $\mu_A = 9.7$ минут, а время обслуживания подчиняется нормальному закону распределения с математическим ожиданием $\mu_S = 9.5$ минут и средним квадратическим отклонением 2.5 минуты. На основании представленной информации минимальная желаемая сумма кредита составляет 5 тыс. рублей, максимальная – 300 тыс. рублей.

Отделение банка работает с 9:00 до 21:00, поэтому модельное время – 720 минут. Управление модельным временем осуществляется по особым состояниям.

Для исследования процессов выдачи экспресс-кредитов строим имитационную модель в среде MatLab с помощью средств визуального программирования из блоков библиотеки модуля Simulink.

Схема модели и результаты компьютерного эксперимента представлены на Рисунке 3.

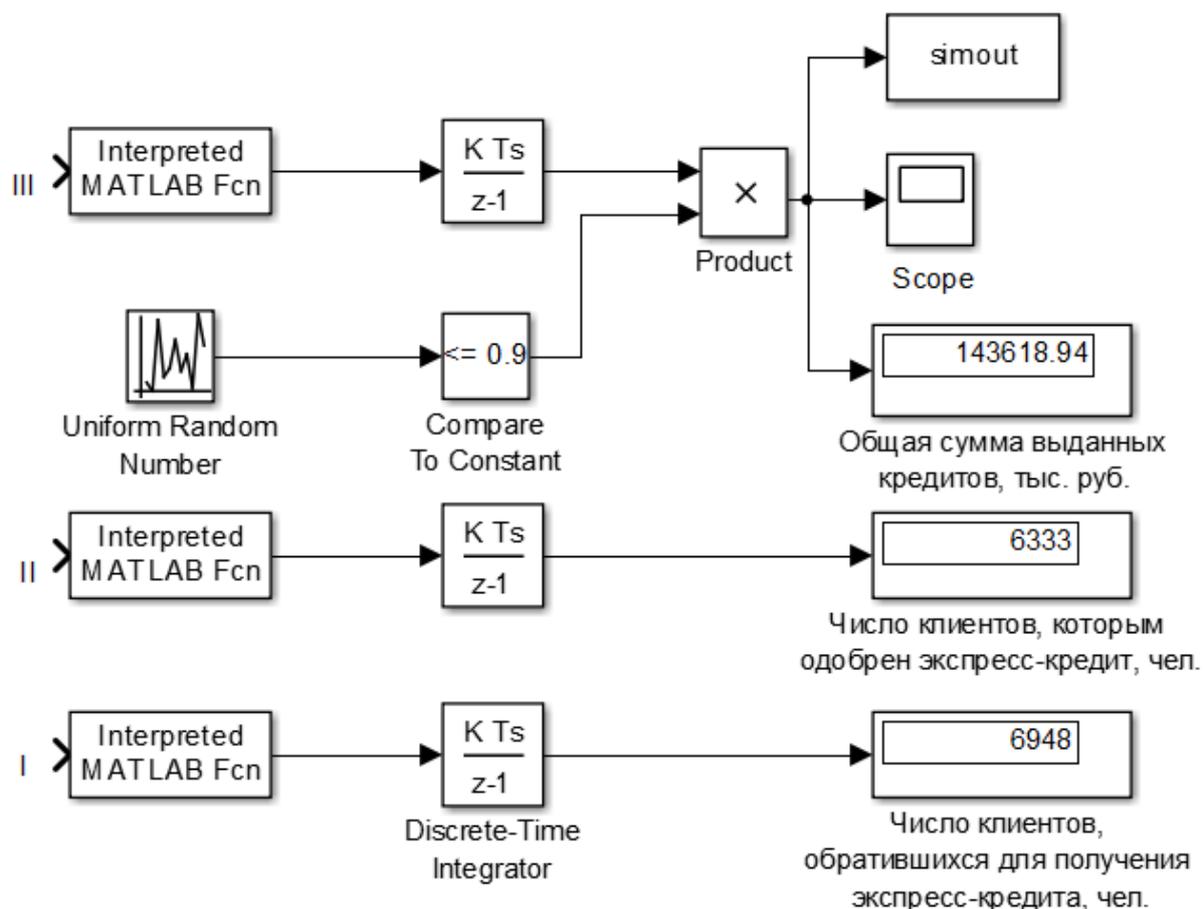


Рисунок 3 – Схема модели и результаты моделирования процесса выдачи экспресс-кредита

Схема модели состоит из трех синхронных процессов, обеспечивающих поток заявок, их обслуживание и общую сумму выданных кредитов. Каждый процесс имитационной модели состоит из основных блоков. Блок Interpreted MATLAB Fcn генерирует случайные числа в соответствии с выявленным законом распределения и его числовыми параметрами. Блок Discrete-Time Integrator формирует время работы нарастающим итогом (суммирует случайные числа).

Процесс I соответствует продвижению модельного времени, в ходе которого формируются отрезки времени между появлениями клиентов. Длина отрезков определяется в соответствии с существующим законом распределения случайных величин.

Процесс II описывает поток клиентов, которым были одобрены заявки о выдаче экспресс-кредита.

Процесс III помимо основных блоков содержит блоки Uniform Random Number, Compare To Constant и Product. Первые два блока моделируют случайное событие, состоящее в удовлетворении требования

клиента по выдаче ему экспресс-кредита. По статистическим данным моделируемого отделения банка положительный результат оказывается примерно в 90% случаев обращений. Поэтому в блоке Compare To Constant в качестве значения вероятности того, что требование клиента будет удовлетворено, выбрано 0.9. На выходе получаем булеву переменную, являющуюся одновременно одним из входных параметров блока Product. Результатом работы процесса III является получение кумулятивной суммы выданных кредитов с учетом вероятности их одобрения.

Результат моделирования может быть представлен различными способами. Для отображения числового значения результата используется блок Display (Общая сумма выданных кредитов), для графического представления – блок Score. Содержание блока Score для рассматриваемой модели изображено на Рисунке 4.

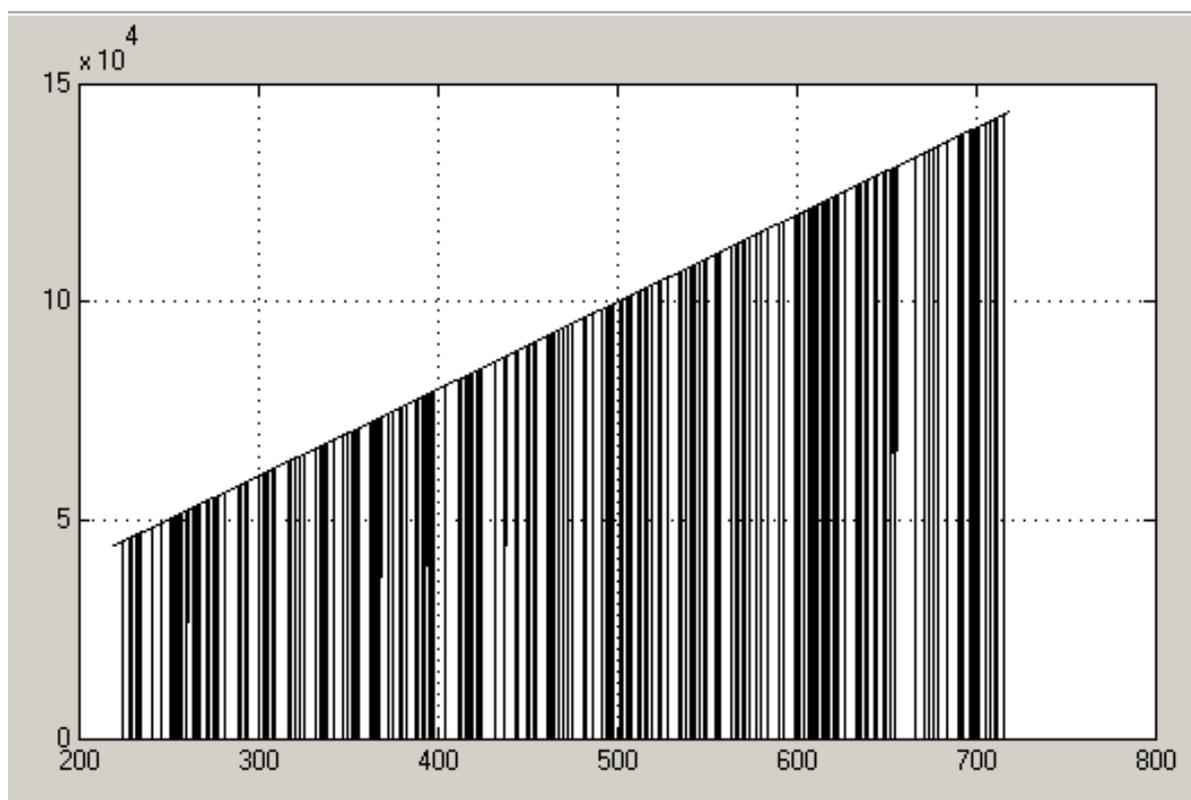


Рисунок 4 – Графическое представление кумулятивной суммы выданных экспресс-кредитов

Блок simout позволяет сделать запись результатов моделирования в массив данных для последующей статистической обработки. Фрагменты полученного массива данных представлены на Рисунке 5.

| Command Window |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0.4411 | 1.0294 | 1.0727 | 1.3262 | 1.4278 |
| 0.4413 | 1.0296 | 1.0730 | 1.3264 | 0 |
| 0.4415 | 1.0298 | 0 | 1.3266 | 1.4282 |
| 0.4417 | 1.0298 | 1.0735 | 1.3268 | 1.4284 |
| 0.4420 | 1.0300 | 1.0736 | 1.3270 | 1.4286 |
| 0.4422 | 0 | 1.0738 | 1.3271 | 1.4289 |
| 0.4425 | 1.0304 | 1.0740 | 1.3273 | 1.4291 |
| 0.4428 | 1.0307 | 1.0742 | 1.3274 | 1.4292 |
| 0.4430 | 0 | 1.0744 | 1.3275 | 1.4294 |
| 0.4432 | 1.0309 | 1.0746 | 1.3278 | 1.4296 |
| 0.4433 | 1.0311 | 1.0749 | 1.3280 | 1.4298 |
| 0.4434 | 1.0314 | 1.0751 | 0 | 1.4300 |
| 0.4436 | 1.0316 | 1.0753 | 1.3285 | 1.4301 |
| 0.4438 | 1.0318 | 1.0754 | 1.3287 | 1.4303 |
| 0.4440 | 1.0321 | 1.0756 | 1.3288 | 1.4306 |
| 0.4442 | 1.0323 | 1.0759 | 1.3290 | 1.4308 |
| 0.4444 | 1.0324 | 1.0761 | 1.3292 | 1.4310 |
| 0.4447 | 1.0327 | 1.0764 | 1.3294 | 1.4312 |
| 0.4449 | 1.0329 | 1.0765 | 0 | 1.4315 |
| 0.4450 | 1.0331 | 1.0768 | 1.3299 | 1.4316 |
| 0.4453 | 1.0333 | 1.0770 | 1.3302 | 1.4317 |
| 0.4455 | 1.0335 | 1.0772 | 1.3303 | 1.4319 |
| 0.4457 | 1.0337 | 1.0773 | 1.3305 | 1.4320 |
| 0.4459 | 1.0339 | 1.0775 | 1.3307 | 1.4322 |
| 0.4460 | 1.0340 | 1.0776 | 1.3308 | 1.4324 |
| 0.4462 | 1.0343 | 1.0778 | 1.3310 | 1.4326 |
| 0.4464 | 1.0345 | 1.0780 | 1.3312 | 1.4328 |
| 0.4466 | 1.0347 | 1.0782 | 1.3314 | 1.4330 |
| 0.4468 | 1.0349 | 1.0784 | 1.3316 | 1.4333 |
| 0.4471 | 1.0351 | 1.0787 | 1.3318 | 1.4334 |
| 0.4473 | 1.0352 | 0 | 1.3320 | 1.4336 |
| 0.4475 | 1.0354 | 1.0792 | 1.3322 | 1.4338 |
| 0.4477 | 1.0355 | 1.0794 | 1.3323 | 1.4341 |
| 0.4479 | 1.0358 | 1.0796 | 1.3324 | 1.4343 |
| 0.4480 | 0 | 1.0798 | 1.3326 | 1.4345 |
| 0.4482 | 1.0362 | 1.0799 | 1.3329 | 1.4347 |
| 0.4485 | 1.0364 | 1.0802 | 1.3331 | 1.4349 |
| 0.4486 | 1.0367 | 1.0804 | 1.3333 | 1.4351 |
| 0.4488 | 1.0369 | 0 | 1.3335 | 1.4354 |
| 0.4490 | 1.0371 | 1.0808 | 1.3337 | 1.4356 |
| 0.4492 | 1.0374 | 1.0809 | 1.3339 | 1.4357 |
| 0.4494 | 1.0376 | 1.0810 | 1.3341 | 1.4360 |
| 0.4496 | 1.0378 | 0 | 1.3343 | 1.4362 |
| | 1.0380 | 1.0816 | 1.3344 | |

Рисунок 5 – Фрагменты массива данных кумулятивной суммы выданных экспресс-кредитов

Полученные результаты. Из результатов одного прогона модели видно, что за один рабочий день в банк для получения кредита обращается 6948 клиентов, из них удовлетворенными оказываются 6333 человек, что составляет 91.15%. При этом общая сумма выданных кредитов за один рабочий день равна 143.6 млн. рублей. Таким образом, на одного заемщика приходится в среднем кредит в размере 22 678 рублей.

Для получения статистического ряда возможной суммы выданных кредитов было проведено 150 экспериментов. Полученные результаты позволили определить среднее число потенциальных заемщиков. Оно составило 6968 человек, при этом было удовлетворено 90.96% требований. Среднее значение ежедневной суммы выданных кредитов – 144.01 млн. рублей. На одного заемщика приходится 22 722 рубля.

При условии сохранения тенденции прогнозное значение общей суммы выданных кредитов в течение одного месяца составляет 3.744 млрд. рублей.

Заключение. Полученные результаты моделирования позволяют осуществить комплексную оценку функционирования отделения банка в текущем и прогнозном периоде. Это позволит руководству банка принимать решения с определённым временно-пространственным опережением, что, в свою очередь, поможет перейти от стратегического поведения к осмысленному и последовательному стратегическому управлению.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ,
грант № 17-06-00193*

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров Н.П., Тихомирова Т.М., Хамитов Э.М. Имитационные методы оценки эффективности участия во взаимном страховании// Экономика природопользования. 2016 – № 6. С. 4-17. Щукина Н.А.,
2. Новоселова И.Ю. Имитационное моделирование вероятностного воздействия влияния энергетики на окружающую среду// Экономика природопользования. 2012. – № 4. – С. 52-57.
3. Власов Д.А., Синчуков А.В. Дидактические особенности применения пакета имитационного моделирования iThink в системе подготовки бакалавров экономики// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник научных трудов. МГУ имени М.В. Ломоносова, ф-т ВМК; Под ред. В.А. Сухомлина. 2015. – С. 295-299.
4. Щукина Н.А., Горемыкина Г.И., Тарасова И.А. Дискретно-событийное моделирование деятельности отделения банка в среде SimEvents системы MATLAB+Simulink// Фундаментальные исследования. 2016. – № 10 – 2. – С. 452-456.
5. Мастяева И.Н., Мирзаханян Р.Э. Моделирование процессов управления рисками в банковском секторе// Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. – № 2. – С. 105-108.
6. Хмелевская А.В., Коптев Д.С., Шевцов А.Н., Щитов А.Н. Алгоритм имитационного моделирования системы массового обслуживания в среде динамического моделирования MATLAB/Simulink// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2016. – № 1 (18). – С. 77-90.
7. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В. Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования GPSS W с расширенным редактором// Вестник Казанского технологического университета. 2014. – Т. 17. № 4. – С. 298-303.

8. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/
9. <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika>
10. http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=bank_system/4-3-1_17.htm&pid=pdko_sub&sid=dopk

G.I. Goremykina, N.A. Shchukina

SIMULINK-MODELING OF EXPRESS LOANS PROCESSES

Plekhanov Russian University of Economics, Russian Federation, Moscow

This work continues research of authors on modeling of processes of express loans and their optimization. Express loan is a consumer loan for the purchase of goods directly at the point of sale, without visiting the bank. The processes of issuing such loans are studied to obtain an assessment of various options for the development strategy of the credit department management system of one of the largest Russian banks. To achieve this goal, the following tasks were formulated and solved, namely: the analysis of the consumer lending market was conducted; a procedure was performed to verify that a sample of random variables belongs to one of the distribution functions and the corresponding numerical characteristics of the obtained distribution; a comprehensive assessment of the functioning of the bank's branch for the issuance of express loans in the current and forecast period was received. Considering the branch of the bank as a queuing system, an imitation model was created, the input stream of applications of which has an exponential distribution, and the customer service time is subject to the normal distribution law. For the computer implementation of the simulation model, the interactive Simulink environment integrated into the MatLab application package was used. The results of the simulation experiment are given and the analysis of the number of potential borrowers and the total amount of loans given to them is made.

Keywords: express loans, simulation modeling, queuing system, MatLab, Simulink

REFERENCES

1. Tikhomirov N.P., Tikhomirova T.M., Khamitov E.M. Imitacionnye metody ocenki jeffektivnosti uchastija VO vzaimnom strahovanii// Jekonomika prirodopol'zovanija. 2016. No. 6. Pp. 4-17.
2. Novoselova I.Ju. Imitacionnoe modelirovanie verojatnostnogo vozdejstvija vlijanija jenergetiki na okruzhajushhiju sredu// Jekonomika prirodopol'zovanija. 2012. No. 4. Pp. 52-57.
3. Vlasov D.A., Sinchukov A.V. Didakticheskie osobennosti primenenija paketa imitacionnogo modelirovanija iThink v sisteme podgotovki bakalavrov jekonomiki// Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Sbornik nauchnyh trudov. MGU imeni M.V. Lomonosova, f-t VMK; Pod red. V.A. Suhomlina. 2015. Pp. 295-299.
4. Shchukina N.A., Goremykina G.I., Tarasova I.A. Diskretno-sobytijnoe modelirovanie dejatel'nosti otdelenija banka v srede SimEvents sistemy

- MATLAB+Simulink// Fundamental'nye issledovanija. 2016. No. 10-2. Pp. 452-456.
5. Mastyaeva I.N., Mirzahanyan R.Je. Modelirovanie processov upravlenija riskami v bankovskom sektore// Jekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2014. No. 2. Pp. 105-108.
 6. Khmelevskaja A.V., Koptev D.S., Shevtsov A.N., Shchitov A.N. Algoritm imitacionnogo modelirovanija sistemy massovogo obsluzhivaniya v srede dinamicheskogo modelirovanija MATLAB/Simulink// Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnik, informatika. Medicinskoe priborostroenie. 2016. No. 1 (18). Pp. 77-90.
 7. Jakimov I.M., Kirpichnikov A.P., Mokshin V.V. Modelirovanie slozhnyh sistem v srede imitacionnogo modelirovanija GPSS W s rasshirenym redaktorom// Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2014. Vol. 17. No. 4. Pp. 298-303.
 8. http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/
 9. <http://www.bki-okb.ru/corp/analitika>
 10. http://www.cbr.ru/statistics/print.aspx?file=bank_system/4-3-1_17.htm&pid=pdko_sub&sid=dopk