

Цифровой двойник коммерческой воронки конверсии

Digital counterpart of the commercial conversion funnel

doi 10.26310/2071-3010.2020.261.7.005



С. М. Сергеев,

к. т. н., доцент, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Высшая школа сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
✉ sergeev2@yandex.ru

S. M. Sergeev,

candidate of technical sciences, associate professor, Institute of industrial management, economy and trade, Peter the Great St. Petersburg polytechnic university



И. Н. Бурилич,

к. т. н., доцент, кафедра алгебры, геометрии и теории обучения математике, Курский государственный университет
✉ burili4@yandex.ru

I. N. Burilich,

candidate of technical sciences, assistant professor, department of algebra, geometry and theory of teaching mathematics, Kursk state university



Г. С. Толстова,

к. ф.-м. н., доцент, кафедра алгебры, геометрии и теории обучения математике, Курский государственный университет
✉ tolstova_gs@list.ru

G. S. Tolstova,

candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, department of algebra, geometry and theory of teaching mathematics, Kursk state university



О. Е. Бочарова,

старший преподаватель, кафедра алгебры, геометрии и теории обучения математике, Курский государственный университет
✉ Nehorosheva@yandex.ru

O. E. Bocharova,

senior lecturer, department of algebra, geometry and theory of teaching mathematics, Kursk state university

Тренд на перевод значительного числа видов коммерческой деятельности в онлайн пространство происходит в условиях конкурентной среды. При этом стоит задача оптимизации экономических показателей с применением современных методов цифровой экономики. В данной работе предложено кросс-системное моделирование инновационного инструмента планирования бизнеса, как воронка продаж или более принятого в литературе названия sales funnel. Именно цифровизация позволяет осуществить планирование деятельности на основе опережающих показателей. Это основано на взаимодействии в реальном времени со средствами интернет статистики, отслеживании динамики информации о предпочтениях потребителей и их намерениях и учете проведенных сделок на всех этапах бизнес процесса. При разработке математической модели использованы методы теории массового обслуживания, дифференциальных уравнений, логистических отображений с привязкой к таким индикаторам как ключевые показатели эффективности (KPI), метрики интернет-маркетинга (CTR), конверсия интернет страницы приложения (CR) и другим важным для онлайн взаимодействия оценкам. В результате представлен цифровой двойник, отражающий процесс и его трансформацию в соответствующий цифровой инструмент, называемый воронкой конверсии (conversion funnel), оперирующий сведениями о взаимодействии с интернет аудиторией. Проведено моделирование динамики коммерческого процесса с применением ЭВМ.

The trend to transform great number of different types of commercial activities to the Internet platform takes place in a competitive environment. Moreover there is a task to optimize economic indicators using modern methods of digital economy. The cross-system modeling of one the most important business tools — sales funnel — is proposed in the article. The digitalization makes it possible to plan some activities based on leading indicators. This operation is based on a real-time interaction with the Internet statistics tools, monitoring dynamics of information about consumers' preferences and their intentions and accounting of the transactions at all stages of the business process. Different methods in developing the mathematical model were used. There are some of these methods: queuing theory, differential equation, a logical representation with reference to the rates such as KPI, CPR, CR and etc. As a result there is presented a digital counterpart that reflects the process and its transformation into conversion funnel. The computerized modeling of dynamics of a commercial process was carried out.

Ключевые слова: математическое моделирование, цифровое взаимодействие, потребители, рынок.

Keywords: mathematical modeling, digital interaction, consumers, market.

Переход на использование данных в цифровой форме, означает возможность осуществления всего комплекса бизнес взаимодействия используя онлайн пространство. Для коммерции ключевыми факторами является возможность донести информацию до потенциальных потребителей и проведение всех этапов сделок с максимальной эффективностью. В литературе подробно описан широко распространенный метод мониторинга бизнес процессов, как воронка продаж [1]. Также отмечается [2], что уход значительной части экономических процессов в онлайн приводит к трансформации данного метода в новое качество измеряемое конверсией или иначе conversion funnel. При этом перечисляются основные этапы на которые разделяется коммерческий процесс согласно такому методу и их примерное взаимное соответствие. Но для практических целей такой подход

означает только работу с запаздывающими экономическими показателями. Традиционный метод [3] работы с воронкой продаж заключается в оценке соотношения числа потенциальных потребителей до и после соответствующего этапа всей цепочки коммерческого взаимодействия. При этом уровень качества работы каждой службы коррелирован с KPI подразделения. При исследовании conversion funnel оценивается степень конверсии (conversion rate). Принципиальным отличием этих двух способов мониторинга является возможность получения conversion rate в режиме реального времени, а также несравненно больший объем информации о потенциальных потребителях товаров или услуг. Это и геолокация, гендерные, возрастные характеристики, история покупок и предпочтений, уровень финансовых возможностей. Чтобы превратить воронку продаж в реально работающий

инструмент планирования и прогноза необходимо формализованное математическое описание происходящих процессов, а также привязка к основным параметрам интернет-статистики. Это даст менеджерам серьезные преимущества в конкурентной борьбе за счет поддержки управленческих решений основанных на опережающих показателях планирования.

Постановка проблемы

Прогнозные оценки коммерческой деятельности, принятие оптимальных решений должны быть научно обоснованы. Процесс взаимодействия с потребительским пулом включает множество бизнес-этапов. Для целей поиска оптимальных решений необходимо проведение математического моделирования динамики процессов проходящих через все этапы в коммерческой службе. Несмотря на то, что технология реализации товаров и услуг за прошедшее десятилетие изменилась благодаря росту онлайн сегмента, основные формализмы могут применяться как для воронки продаж (sales funnel), так и для воронки конверсии (conversion funnel). Общим также является тот факт, что полученные оценки важны для организации коммерции, поскольку они репрезентативны не столько относительно потребительского пула, сколько отражают уровень технологий продаж или качество организации интернет порталов взаимодействия с клиентами.

Формализация математического описания

Для построения математической модели определим понятие оси этапов X . На ней будем откладывать стадии процесса взаимодействия, например [4] согласно определению sales funnel все ступени от инициации контакта с потенциальным потребителем (cold call) до поступления средств за совершенную сделку. Далее введем ординату t для измерения количественных показателей коммерческой деятельности таких, как oferty, запросы, потребители, число заключенных договоров и т. д. Динамика процесса оценивается показателем W , отражающим потери количества потенциальных потребителей $Q(x, t)$ на тех этапах коммерческой деятельности которые мониторит sales funnel. Численное значение $Q(x, t)$ соответствует интенсивности запроса находящихся на этапе x потенциальных потребителей на товар или услугу в момент времени t . Далее рассмотрим виртуальное перемещение потребителя по оси X от этапа x_1 до следующего x_2 , которое начинается в момент времени t . В этом случае соотношение переменных можно описать следующим выражением:

$$W = -\frac{Q(x_2, t) - Q(x_1, t)}{x_2 - x_1}.$$

Так как нас интересует динамика процесса во времени, то предельные значения W будут вычисляться как частная производная:

$$\lim_{x_2 \rightarrow x_1} W = -\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_1}.$$

Это означает, что степень потерь W есть переменная величина по мере перемещения процесса вдоль

оси этапов X . Первый вывод из этого означает: степень сужения воронки продаж зависит от величины W и его можно сформулировать как найденное отношение числа

$$-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_1} \Delta t$$

потенциальных потребителей за время Δt на входе этапа x_1 к их числу

$$-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_2} \Delta t$$

на выходе из этапа x_2 . Отсюда вычисляется уровень потерь потенциальных потребителей при перемещении коммерческого процесса от x_1 до x_2 в течение времени Δt по формуле:

$$(W(x_1) - W(x_2)) \Delta t = -\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_1} \Delta t - \left(-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_2} \Delta t \right).$$

Теперь можно связать математическую модель с показателями КРП. Для этого определим его влияние как $g(x)$, уровень сервиса, отражающий эффективность работы коммерческой службы на этапе x . Таким образом, учитываем профессиональные качества менеджеров предприятия. Функция $g(x)$ — это интегральный показатель эффективности организации [5] внутри соответствующего подразделения, через которое на данном шаге происходит работа с клиентом. Чем выше $g(x)$, тем лучше организована работа данного участка. Соответственно показатель уровня конверсии может рассчитываться в таком случае по формуле:

$$g(x)^{-1} \Delta x (Q(x, t_2) - Q(x, t_1)) = g(x)^{-1} \Delta x \Delta Q.$$

Однако полученное выражение необходимо дополнить с учетом влияния конкурентной внешней рыночной среды. Этот фактор отражается в том, что часть потенциальных потребителей может уйти к конкурентам в результате их агрессивной политики. Также может влиять, перемена законодательства, появление или открытие внешнего рынка. Актуальным сегодня также является наличие рисков взаимных экономических санкций, инфляционные риски. Для учета такого неблагоприятного воздействия на значение потерь W , определим показатель $D(x, t)$ как функцию двух аргументов — времени t и текущего уровня взаимодействия x . Добавив его к полученным выражениям, можно записать общее уравнение динамики продвижения по sales funnel:

$$-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_1} \Delta t - \left(-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_2} \Delta t \right) = g(x)^{-1} \Delta x \Delta Q - g(x)^{-1} D(x) \Delta x \Delta t.$$

Если на каждом этапе с номером n технические средства, программное обеспечение однотипны для каждого из каналов взаимодействия с потребителем, то в пределах нахождения на этапе n выполняется условие $g(x) = g_n$. В таком случае преобразовав уравнение динамики к виду:

$$-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_1} \Delta t - \left(-\left. \frac{\partial Q}{\partial x} \right|_{x=x_2} \Delta t \right) = g_n^{-1} \Delta x (\Delta Q - D(x, t) \Delta t)$$

и, используя теорему Лагранжа, получим окончательное выражение динамической модели sales funnel в виде:

$$g_n \frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} + D(x, t) = \frac{\partial Q}{\partial t}.$$

Учет показателей КРП и конкурентной среды

Для формализованного математического описания необходимо учесть влияние уровня компетенций менеджмента или систем искусственного интеллекта на этапах взаимодействия. Кроме того в расчете должен присутствовать фактор отрицательного воздействия конкурентов. Для решения этой задачи применим теорию массового обслуживания. Производительность при прохождении n -го этапа sales funnel обозначим как μ_n . Входящий на данный этап поток запросов характеризуется плотностью вероятности λ_n . Определим значением m число доступных каналов обработки запросов. Это либо число менеджеров на тех этапах, которые требуют прямого контакта или производительность программных средств обработки для систем онлайн-взаимодействия. Так как любое взаимодействие имеет ограничение, то обозначим величиной s приемлемое число запросов при ожидании. Согласно [6] определение величины $g(x)$ как показателя конверсии [7] проводится из следующего выражения:

$$g_n = 1 - \frac{\lambda_n^{m+s}}{m^s \mu_n^{m+s} m!} \left[\sum_{k=0}^m \frac{\lambda_n^k}{k! \mu_n^k} + \frac{\lambda_n^{m+1}}{m! \mu_n^{m+1}} \left(\frac{1 - (\lambda_n / (m \mu_n))^s}{m - \lambda_n / \mu_n} \right) \right]^{-1}.$$

Формализованное описание влияния конкурентного рыночного окружения [8] $D(x, t)$ можно получить вводом показателя $v(t)$, как потерь потенциальных потребителей товаров или услуг [9]. Для этого используем формулу расчета его значения:

$$D(x, t) = 1 - \frac{v(t)}{\lambda} \left[\sum_{k=0}^n \frac{\alpha_n^k}{k!} + \frac{\alpha_n^m}{m!} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^s}{\prod_{k=1}^s \left(m+k \frac{v(t)}{\mu_n} \right)} \right]^{-1} \times \\ \times \frac{\alpha_n^m}{m!} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{\alpha_n^s}{\prod_{k=1}^s \left(m+k \frac{v(t)}{\mu_n} \right)},$$

где принято обозначение: $\alpha_n = \lambda_n / \mu_n$.

количество

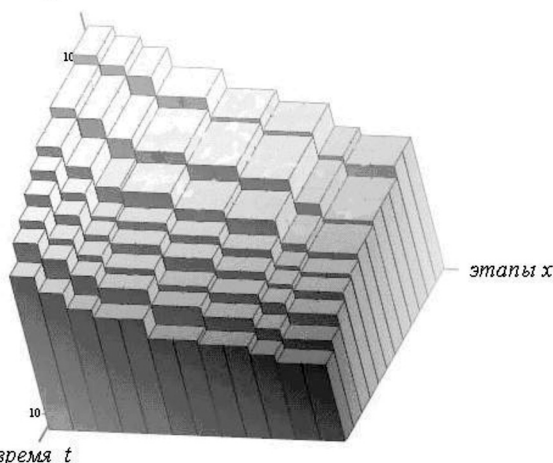


Рис. 1. Процесс диссипации потенциальных потребителей

Пример расчета

Как пример использования предложенной методики, рассмотрим связь conversion funnel с широко применяемым экономистами логистической кривой. Обозначим как $Q_0(t)$ число клиентов на начальном этапе, величина Ω — поддерживающая емкость [10] клиентского пула (потенциальные потребители). Тогда согласно уравнению Ферхюльста:

$$\frac{dQ_0(t)}{dt} = \theta Q_0(t)(1 - Q_0(t)/\Omega),$$

где параметр θ — это скорость изменения предпочтений [11].

Точным решением уравнения Ферхюльста является S-логистическая функция:

$$Q_0(t) = \frac{\Omega Q_0^* \exp(\theta t)}{\Omega + Q_0^* (\exp(\theta t) - 1)}.$$

Примечательно, что стартовое значение отличается от нуля, так как имелся первоначальный пул предзаказов на данную продукцию. Первая производная дает оценку интенсивности изменения числа клиентов на входе в conversion funnel. Это рассчитывается так:

$$Q_0'(t) = \frac{\theta \Omega Q_0^* \exp(\theta t) (\Omega - Q_0^*)}{[\Omega + Q_0^* (\exp(\theta t) - 1)]^2}.$$

Так как в реальности имеем дискретность, то обычно применяется отображение Фейгенбаума.

Процесс диссипации потенциальных потребителей можно представить наглядно. На рис. 1 изображено решение системы дифференциальных уравнений. По оси t отложены неравномерные промежутки соответствующие разному времени прохождения этапа. По оси x этапы представлены в виде отрезков разной длины, отражающих субъективное восприятие сложности процесса. Высота столбцов соответствует среднему числу клиентов на этапе.

Таким образом, любое сечение данной гистограммы будет давать классический вид sales funnel (рис. 2):

Это подтверждает, что только динамическая модель позволяет описать данный процесс. Наличие плоской вершины у столбцов необходимо для наглядности, что позволяет воспринимать этапы по отдельности.

Поскольку нас интересует течение процесса от начала до конца за конкретное время, необходимо из трехмерной гистограммы (рис. 1) выделить последовательные этапы во времени (рис. 3).

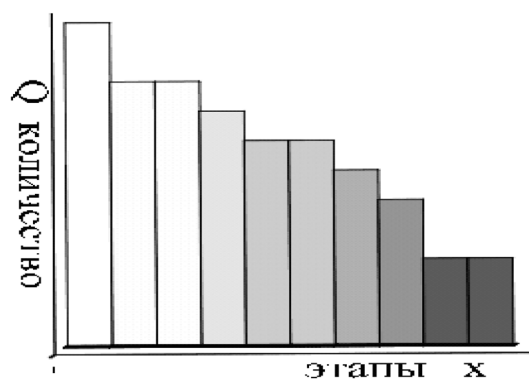


Рис. 2. Классический вид sales funnel

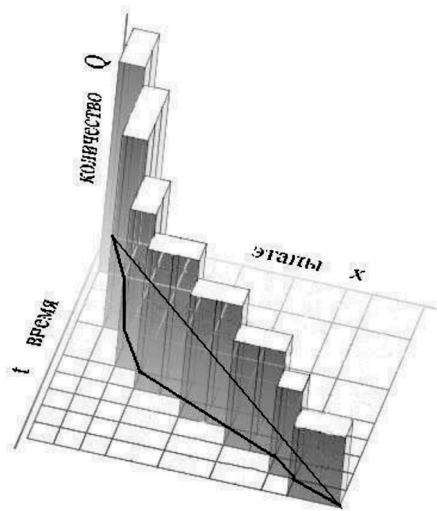


Рис. 3. Последовательные этапы во времени

Если провести диагонали, соответствующие переходам по времени внутри этапов, то получится некоторая ломаная кривая как показано на рис. 3. Это проекция на плоскость xOt нашей реальной sales funnel.

Одновременно соединим начало и конец процесса (рис. 3). Как уже понятно из данной иллюстрации, решением является след процесса на плоскости xOt . Для этого можно использовать только проекции гистограммы и уровни Q .

Приведем итоговые результаты численного расчета по представленной методике. В качестве оценки уровня организации коммерческого взаимодействия принят логарифмический декремент, полученный обычными средствами регрессионного анализа, который реализован в приложениях Microsoft Office. Это позволяет оценить полностью степень потерь потенциальных потребителей на всем протяжении коммерческого процесса. В расчетах рассматривались два варианта протяженности N воронки конверсии: $N=8$ и $N=12$ как наиболее характерные. Результаты сведены в табл. 1.

Sales funnel является подходящим инструментом для компаний, которые полагаются на высокую степень потенциального взаимодействия и вовлечения потенциальных потребителей [12], чтобы сделать продажи или заключить сделки. Процесс их продажи может быть долгим и сложным, или они могут продавать дорогой товар, который требует много внимания со стороны клиента. Использование sales funnel приемлемо как для взаимодействия между субъектами бизнеса (B2B), так и с частными потребителями (B2C).

Отслеживание конверсий используется как веб-разработчиками, так и партнерскими сетями для оценки эффективности. Последние используют преобразования, сделанные в партнерской программе, в качестве основы для платежей головным предприятиям. Создание conversion funnel помогает командам идентифицировать продажи и маркетинговые действия, которые помогут укрепить доверие и повысить заинтересованность клиентов. После создания эти за-

Таблица 1
Результаты расчета характеристик коммерческой службы на основании параметров воронки конверсии

Число этапов	Декремент экспоненциальной регрессии					
$N=8$	0,1	0,14	0,21	0,3	0,42	0,5
$N=12$	0,08	0,12	0,18	0,22	0,27	0,32
Уровень организации коммерции	Оптимальная организация коммерческой службы	Хорошо организованное взаимодействие в коммерческой службе	Имеются резервы улучшения коммерческой деятельности	Возможны потери потенциальных клиентов	Слабо построен процесс взаимодействия с потребителями	Плохо организован коммерческий процесс

дачи могут быть встроены в программные инструменты систем взаимоотношений с клиентами (CRM), помогая командам в управлении, а также оставаться лидерами и выбирать приоритеты в последующих действиях.

Выводы

Данное исследование посвящено современным методам ведения коммерческой деятельности. Так как экономические отношения все более перемещаются в онлайн сектор, необходимо развитие моделей учитывающих цифровое взаимодействие потребителя с поставщиками товаров и услуг. Следует также применять методы перехода на опережающие экономические показатели. Развитие сегмента электронной коммерции (e-commerce) привело к трансформации такого важного инструмента менеджера, как sales funnel в conversion funnel. В первую очередь полученные результаты найдут применение у программистов как алгоритмическая основа разработки инструментов поддержки решений менеджеров коммерческих служб. Используя восстановленные параметры $g(x)$ системы искусственного интеллекта в динамическом режиме будут мониторить деятельность на всех этапах, что позволит оптимальным образом перераспределять нагрузку. Тестирование бизнеса также может выявить недостатки в процессе заказа. Чтобы увеличить вероятность покупки, могут быть применены различные подходы оптимизации. Лояльность клиентов в соответствии с этим исследованием имеет большую ценность и может мотивировать их к покупке. Благодаря этому такие сигналы доверия, как высокое удобство использования и производительность веб-сайта, могут повысить вероятность конверсии. Таким образом планирование инвестиций будет производиться на основе взвешенного анализа, что позволит оценивать риски и служит дополнительным обоснованием возможности привлечения кредитных средств. Разработанная математическая модель позволяет запрограммировать экспертную систему менеджера коммерческой службы. Это позволяет принимать экономически обоснованные решения в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. С. М. Сергеев. К вопросу моделирования рыночных стратегий при неполной информации//Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2015). Сборник трудов VIII Международной конференции. 2015. С. 326-328.
2. S. M. Sergeev. Cross-systems method of approach to energy economy higher educational institutions/Compiling editor E. Sibirskaya//In: Economics. Society: Selected Papers of the International Scientific School «Paradigma» (Summer-2015, Varna, Bulgaria). Yelm, WA, USA, 2015. P. 38-41.
3. А. А. Курочкина, О. В. Лукина, С. М. Сергеев. Планирование ресурсной загрузки самых посещаемых мегаполисов мира//Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 3 (81). С. 123-127.
4. L. N. Borisoglebskaya, S. M. Sergeev. Model of assessment of the degree of interest in business interaction with the university//Journal of Applied Economic Sciences. 2018. Vol. 12. № 8. P. 2423-2448.
5. S. M. Sergeev. Expansion of DEA methodology on the multimodal conception for the 3PL/Editor in chief O. Ja. Kravets//In: Modern informatization problems in simulation and social technologies Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. 2018. P. 169-176.
6. S. M. Sergeev, T. I. Sidnenko, D. B. Sidnenko. Distribution centers for agriculture, their modeling//In: International Scientific School «Paradigma» Summer-2016 Selected Papers. Yelm, WA, USA, 2016. P. 92-97.
7. O. Iliashenko, S. Krasnov, S. Sergeev. Calculation of high-rise construction limitations for non-resident housing fund in megacities//In: E3S Web of Conferences Cep. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017». 2018. P. 03006.
8. А. А. Курочкина, С. М. Сергеев. Социально-экономическое моделирование ресурсной загрузки мегаполисов//Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4 (112). С. 98-105.
9. Л. Н. Борисоглебская, С. М. Сергеев. Кросс-функциональное моделирование процессов взаимодействия коммерческих сетей//Инновации. 2016. № 11 (217). С. 111-116.
10. С. М. Сергеев. Идентификация стартовых параметров диффузионного процесса изменения объема товарных потоков в коммерческой сети//Экономика и менеджмент систем управления. 2015. Т. 15. № 1-1. С. 174-183.
11. С. М. Сергеев. Решение задачи сетевого взаимодействия при учете ресурсных ограничений//Экономика и менеджмент систем управления. 2016. Т. 20. № 2-2. С. 291-297.
12. С. М. Сергеев. Антагонистические дифференциальные игры в задачах моделирования коммерческих сетей//Вестник Тамбовского университета. Серия: «Естественные и технические науки». 2012. Т. 17. № 3. С. 872-874.

References

1. S. M. Sergeev. On the issue of modeling market strategies with incomplete information//Modern methods of applied mathematics, control theory and computer technologies (PMTUKT-2015) proceedings Of the VIII International conference. 2015. P. 326-328.
2. S. M. Sergeev. Cross-systems method of approach to energy economy higher educational institutions/Compiling editor E. Sibirskaya//In: Economics. Society: Selected Papers of the International Scientific School «Paradigma» (Summer-2015, Varna, Bulgaria). Yelm, WA, USA, 2015. P. 38-41.
3. А. А. Курочкина, О. В. Лукина, С. М. Сергеев. Planning of resource loading of the most visited megalopolises of the world//Science and business: ways of development. 2018. № 3 (81). P. 123-127.
4. L. N. Borisoglebskaya, S. M. Sergeev. Model of assessment of the degree of interest in business interaction with the university//Journal of Applied Economic Sciences. 2018. Vol. 12. № 8. P. 2423-2448.
5. S. M. Sergeev. Expansion of DEA methodology on the multimodal conception for the 3PL/Editor in chief O. Ja. Kravets//In: Modern informatization problems in simulation and social technologies Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. 2018. P. 169-176.
6. S. M. Sergeev, T. I. Sidnenko, D. B. Sidnenko. Distribution centers for agriculture, their modeling//In: International Scientific School «Paradigma» Summer-2016 Selected Papers. Yelm, WA, USA, 2016. P. 92-97.
7. O. Iliashenko, S. Krasnov, S. Sergeev. Calculation of high-rise construction limitations for non-resident housing fund in megacities//In: E3S Web of Conferences Cep. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017». 2018. P. 03006.
8. А. А. Курочкина, С. М. Сергеев. Socio-economic modeling of resource loading of megalopolises//Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2018. № 4 (112). P. 98-105.
9. L. N. Borisoglebskaya, S. M. Sergeev. Cross-functional modeling of interaction processes of commercial networks//Innovations. 2016. № 11 (217). P. 111-116.
10. S. M. Sergeev. Identification of the starting parameters of the diffusion process of changing the volume of commodity flows in the commercial network//Economics and management of management systems. 2015. Vol. 15. № 1-1. P. 174-183.
11. S. M. Sergeev. Solving the problem of network interaction when taking into account resource constraints//Economics and management of management systems. 2016. Vol. 20. № 2-2. P. 291-297.
12. S. M. Sergeev. Antagonistic differential games in problems of modeling commercial networks//Bulletin of the Tambov University. Series: «Natural and technical Sciences». 2012. Vol. 17. № 3. P. 872-874.