

УДК: 330.42(045), 51-77(045)

ЕМКОСТНЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА РЕДКИХ СОБЫТИЙ, ДОПУЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СФЕРЕ УСЛУГ¹

Кораблев Юрий Александрович, канд. экон. наук, доц.

Голованова Полина Сергеевна, студент

Кострица Татьяна Андреевна, студент

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Ленинградский пр., 49, Москва, Россия, 125993; e-mail: yura-korablyov@yandex.ru; polin-mart@ya.ru; 1tanyalilt@gmail.com

Цель: в статье изучается возможность использования емкостного метода анализа редких событий в экономике для таких различных услуг, как поставка бутилированной воды в организации, чистка автомобиля в автомойке, формирование туристических чартерных рейсов, замена неисправных кондиционеров. *Обсуждение:* метод предполагает анализ процесса формирования события, после чего восстановление параметров процесса, их экстраполяция и запуск самого процесса для прогноза будущих событий. Описан процесс формирования событий в рассмотренных услугах, для которых предполагается использование метода для дальнейшего прогнозирования услуг. *Результаты:* сформулированы основные допущения, которые должны соблюдаться для корректной работы метода. Описаны возможные последствия нарушения этих допущений. Показано, что даже если метод не подходит для выбранного вида событий, он все равно может использоваться как непараметрический метод оценки нестационарной интенсивности для применения, например, теории случайных процессов.

Ключевые слова: емкостный метод, сфера услуг, допущения, условия, нарушение допущений.

DOI: 10.17308/merps.2019.11/2249

1. Введение

Анализ и прогнозирование редких событий в экономике имеет большое значение для лица, принимающего решение. Методы логистической регрессии [12], ближайшего соседа [9], Кростона [10], бутстрэппинга (Виллемейна) [11] и теория случайных процессов [2] не всегда получается эффективно использовать для анализа и прогнозирования редких событий. В

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-010-00154.

предыдущих работах [4, 5, 6] был предложен метод анализа редких событий, который базировался на том, что каждый источник событий моделировался как емкость, которая опустошается или наполняется с переменной скоростью $f(t)$, а в результате полного опустошения или заполнения этой емкости как раз срабатывает наблюдаемое событие. Анализ и прогнозирование событий в предложенном методе осуществляется по следующей схеме:

1. Все источники событий изучаются отдельно, т.е. разделяются. Для этого необходимо фиксировать их идентификаторы (например, идентификаторы оптовых покупателей).

2. Делается предположение о характере процесса, протекающего в источнике, в результате которого образуются события. В экономике самым распространенным процессом является процесс потребления и расхода продукции, когда запас ведет себя как опустошающаяся/наполняющаяся емкость.

3. Происходит регрессия (восстановление) параметров процесса, а конкретно определяется скорость изменения уровня емкости $f(t)$.

4. Строятся модели и делается экстраполяция параметров процесса на будущее, то есть определяется, с какой скоростью $f(t)$ будет происходить опустошение или наполнение емкости.

5. Запускается сам процесс с установленными параметрами и определяются будущие события. Тут происходит моделирование процесса опустошения/наполнения емкости с известной скоростью $f(t)$ и определение моментов времени, когда емкость полностью наполнится или полностью опустошится.

Для регрессии на третьем шаге используется предположение, которое справедливо при моделировании процесса как процесса наполнения или опустошения емкости. Это предположение говорит о том, что величина совершенного события y_i есть интеграл от функции $f(t)$ за время от момента совершения этого события t_i до момента времени совершения следующего события t_{i+1} ,

$$y_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t) dt.$$

Например, в торговле это будет означать, что сделанная покупка (запас продукции) расходуется к моменту следующей покупки (когда придется пополнять запас).

С использованием этого предположения восстановление (регрессия параметра процесса) $f(t)$ представляет из себя оптимизационную задачу восстановления неизвестной функции, для которой известна последовательность интегралов за известные последовательные интервалы времени,

$$\sum_{i=1}^{n-1} \left(y_i - \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t) dt \right)^2 + C \int_{t_1}^{t_n} (f''(t))^2 dt \rightarrow \min,$$

где: второе слагаемое – штраф на нелинейность; C – произвольная большая константа, влияющая на сглаживание; n – номер последнего события. Решение этой задачи было получено нами в виде нахождения интегрального кубического сплайна с непрерывной второй производной. Сплайн строится на основе матричных операций со специальным образом заполненными матрицами. К сожалению, представить решение тут не получится из-за внушительного объема.

Цель данной статьи заключается в анализе возможности применения данного метода для прогнозирования событий в различного вида услугах, а также в выработке допущений для того, чтобы этот метод работал корректно.

2. Поставка бутилированной воды

Сейчас практически в каждом кабинете любой организации установлен кулер с питьевой водой. Бутыли с водой организация закупает у одной из множества компаний. Так в школах, согласно наблюдениям, фургон с бутылками приезжает в среднем каждые 2-3 дня. Из-за того, что многие компании предоставляют скидку, если в момент приема новой партии бутылей сдается тара израсходованных бутылей, организации мотивированы заключать долгосрочный договор на поставку питьевой воды с одной компанией.

В момент замены бутылей t_i фургон компании приезжает, доставляет наполненные бутылки и забирает пустые бутылки. Можно предположить, что количество привезенных новых бутылей y_i примерно равно количеству сдаваемых пустых, но в общем случае это не обязательно. Перед тем, как фургон компании приедет, организация сообщает необходимое количество бутылей воды и количество сдаваемых пустых (или только количество сдаваемых). Так, в школу, согласно наблюдениям, примерно за раз поставляет-ся 20 новых бутылей.

Сам процесс образования заказов новых бутылей можно моделировать как емкость, которая опустошается со временем и пополняется в момент поступления заказа. Когда запас бутылей опускается ниже определенного уровня, значит, пришло время делать заказ на поставку новых (конечно, можно наоборот считать, когда количество пустых бутылей превысит критическую отметку), рис. 1.

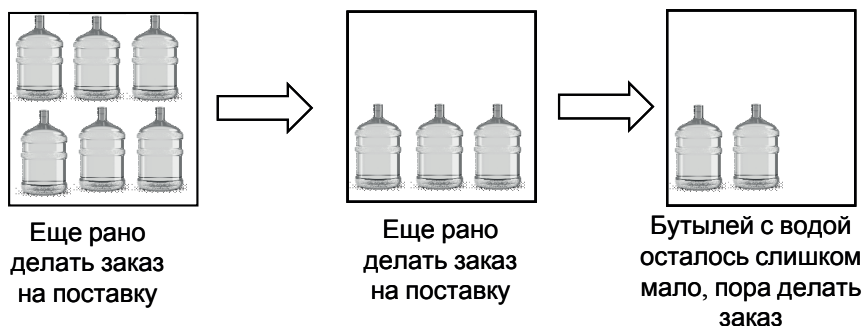


Рис. 1. Процесс формирования заказа на бутылки с водой

Имея данные за год или несколько лет о заказах воды некоторой организации (t_j, y_j) , можно определить зависимость потребности в воде организации со временем по предложенной выше схеме, после чего спрогнозировать следующие моменты наступления событий, когда организация вновь будет делать заказ. Сама по себе выявленная закономерность может иметь особый интерес, она может показывать, как расход воды связан с временем года, температурой или загруженностью сотрудников работой.

Рассмотрим предпосылки и допущения, которые должны выполняться, чтобы можно было воспользоваться предложенным методом.

1. Количество кулеров не должно меняться или, если оно меняется, то как минимум у всех страдающих от жажды людей должна быть возможность за приемлемое время дойти до другого работающего кулера. Если это условие не выполняется, то получается, что часть людей будет пользоваться другими источниками воды, например, брать с собой из дома. Тогда восстановленная зависимость будет показывать изменения в потреблении не от времени, а от других случайных факторов, из-за которых выходят из строя кулеры.

2. Среднее количество сотрудников в организации также должно оставаться постоянным. Если это предположение нарушится, то выявленная закономерность будет также зависеть от количества людей, а не от времени, и при экстраполяции необходимо, чтобы мы также имели представление, как будет меняться количество людей в организации.

3. Критический уровень запаса бутылей не должен меняться. Если это предположение не выполняется, то появляется дополнительная погрешность. Получается, что когда из запаса берется и откладывается в запас разное количество бутылей, то между событиями расходуется разное количество, изменение которого связано с другими факторами.

Услуга чистки автомобиля

Рассмотрим некоторую автомойку, причем не автомойку самообслуживания. Автомойка оказывает услуги по мойке автомобиля: мойка стекол, пылесос, мойка двигателя, мойка кузова, комплексная мойка, мойка люкс. Имея данные за несколько лет, можно выявить закономерности между спросом на определенной вид мойки авто и еще одним фактором (например, погодой, временем года). На потребность клиента в чистке машины влияют следующие факторы: погода, дорожное покрытие города, а также изначальный цвет машины. В дождливую погоду спрос на мойку гораздо меньше. Если дождей, наоборот, не было долгое время, то вся пыль, витающая в воздухе, прилипает к автомобилю. При отрицательной температуре многие автомобилисты предпочитают не мыть машину совсем, иначе есть риск примерзания дверей. На грунтовых дорогах машина загрязняется намного быстрее, чем на асфальтированных. Из данных посещения клиентом автомойки можно выявить зависимость скорости загрязнения автомобиля от времени, связать ее с внешними факторами, после чего, имея информацию об из-

менении погоды, экстраполировать зависимость на будущее и определить следующие моменты посещения клиентом автомойки. При моделировании обращений клиентов в мойку как процесса наполнения или опустошения емкости необходимо ввести несколько ограничений:

1. Не рассматривать автомобили, на мойку которых заключен договор с юридическим лицом. В данной ситуации большинство машин моются не из-за большого количества пыли на них, а по сформированному расписанию независимо от того, насколько они грязные.

2. Следует рассматривать отдельно легковые автомобили, которые передвигаются только по городу, и клиентов, пользующихся внедорожниками и транспортом, связанным со строительством.

3. Следует исключать из полученных данных информацию об оказании услуг для клиентов, которые обратились после единичного случайного сильного загрязнения, которое, предполагается, не произойдет в ближайшее время.

4. Желательно, чтобы автомойкой не проводилось никаких рекламных акций по типу «в этом месяце помой машину 3 раза и получи 4-ый раз бесплатно в подарок», т.к. подобные акции вынуждают клиентов пользоваться услугами мойки чаще, чем это действительно нужно. Это может привести к аномалиям в данных, в результате чего выявленные зависимости будут содержать дополнительную неопределенность. Если нам известно, что машина была помыта по акции, когда она была и так практически чистая, то такие наблюдения следует исключить из итоговых данных.

Туристические чартерные рейсы

Чартерный рейс – это заказной рейс, который специально заказывается у авиакомпании для перевозки пассажиров по выбранному направлению в заданную дату, однако из-за того, что чартерные рейсы обладают меньшим приоритетом перед регулярными рейсами, вылет могут перенести или задержать. Многие туристические компании используют чартерные рейсы для доставки группы пассажиров на популярные курорты. При этом туристические компании могут вначале сформировать группу туристов, а потом заказать необходимый им самолет. Некоторые туристические компании отменяют, переносят или подбирают самолет меньшей вместимости, если группа не наполняется. В результате чартерные рейсы также можно моделировать как процесс наполнения и опустошения емкости.

Имея данные за длительное время, можно было бы выявить скорость появления туристов, желающих воспользоваться выбранными туристическими маршрутами, после чего прогнозировать моменты заказа следующих рейсов. Однако надо прояснить один тонкий момент. Если анализировать дату вылета рейса и количество перевозимых пассажиров, то предложенный метод, строго говоря, не подходит, так как тут количество перевозимых пассажиров y_i будет интегралом от скорости накопления пассажиров с момента от предыдущего рейса t_{i-1} до текущего рейса t_i (т.е.

$y_{i+1} = \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t)dt$), а предложенный метод требует, чтобы, наоборот, величина текущего события была интегралом от текущего до следующего события (т.е. $y_i = \int_{t_i}^{t_{i+1}} f(t)dt$, разница лишь в том, что в индексе y_i нет +1). То есть по-хорошему процесс образования рейсов должен проходить по следующей схеме, вначале компания резервирует количество y_i свободных мест в самолете и до тех пор, пока свободные места не заполнятся, она должна переносить дату вылета самолета. Однако, как логично заметить, при отсутствии посторонних факторов и в том и в другом случае результат будет одинаковый, восстановится функция скорости появления туристов $f(t)$ (скорость накопления пассажиров до определенной критической отметки эквивалентна скорости расхода зарезервированных свободных мест). Можно по-прежнему использовать предложенный метод, но понадобится произвести сдвиг данных y_i на одну позицию относительно t_i .

Тем не менее для моделирования заполнения чартерных рейсов туристами как процесс наполнения или опустошения емкости необходимо ввести несколько ограничений:

1. Рейсы должны быть полностью заполнены туристами или, по крайней мере, должно фиксироваться количество туристов в не полностью заполненном рейсе. Если это требование не выполняется, то по датам вылета рейса определение скорости появления туристов будет происходить с дополнительной неопределенностью, приводящей к большой погрешности.

2. Желательно, чтобы не происходило однократных политических или экономических изменений в мире, иначе выявленные закономерности будут отражать как раз эти глобальные однократные изменения, которые не будут иметь систематического характера. Конечно же, если будут дополнительные модели, способные предсказывать эти глобальные изменения, то экстраполяция и прогнозирование будущих рейсов может по-прежнему выполняться. Если же цель исследования всего лишь наблюдение за тенденцией, то выполнение этого условия не обязательно.

3. Если туристическая компания проводит некоторые маркетинговые действия для привлечения туристов, то выявленные закономерности будут связаны с этой маркетинговой деятельностью. Поэтому желательно, чтобы либо такая маркетинговая деятельность выполнялась по известной предсказуемой схеме, либо чтобы такой маркетинговой деятельности не было вовсе. Другими словами, желательно, чтобы было как можно меньше неопределенности, которую мы самостоятельно можем контролировать.

Заметим, что в примере с чартерными рейсами, по сути, восстанавливается интенсивность появления пассажиров, которая приводит к вылету рейса. Способов оценки нестационарной интенсивности по эмпирическим данным достаточно много, некоторые из них описаны в следующих работах [1, 3, 7, 8]. Однако очень редко эти методы могут применяться к исходной задаче, когда требуется определить скорость расхода запаса. Аналогично не всегда получается использовать метод определения скорости расхода

запаса для определения интенсивности. Интенсивность и скорость расхода запаса в общем случае являются разными явлениями. Рассмотрим пример ниже, который как раз хорошо демонстрирует это.

Услуга по замене кондиционеров

Нормативный срок службы кондиционеров по ГОСТу 26963-86 от 10 лет, но все равно получается так, что некоторые кондиционеры выходят из строя раньше положенного срока. Поломки кондиционеров в большой компании можно моделировать, как Пуассоновский поток, в котором единственным параметром будет являться интенсивность поломок λ , которую можно при отсутствии статистических данных выразить, как $\lambda = N/\text{Гар.срок}$, где N общее количество установленных устройств. Однако очевидно, что количество поломок должно зависеть от условий эксплуатации, и в жаркую погоду, когда устройство работает намного чаще, интенсивность поломок должна быть значительно выше, чем во время холодной погоды. Другими словами, интенсивность должна быть функцией от времени $\lambda(t)$. Однако, как правило, каждую поломку отдельно не фиксируют, то есть точно сказать, когда конкретное устройство вышло из строя, не получается. Количество неисправных устройств определяется тогда, когда их количество превысит некоторую пороговую границу, когда уже проблему нельзя будет откладывать (условия работы становятся невыносимыми), или когда проходит запланированная инвентаризация. В этот момент компания делает заказ на установку новых кондиционеров, предполагается, что из-за одного неисправного кондиционера компания обращаться не будет. В результате, что у компании, что у организации, занимающейся обслуживанием кондиционеров, имеется набор данных о датах t_i обращения за заменой некоторого количества y_i неисправного оборудования. Из этого набора данных можно определить, с какой скоростью происходили поломки в разные периоды времени.

Однако предложенный в самом начале метод не подходит, так как он предполагает, чтобы величина количества замененных устройств y_i расходовалась на протяжении от момента обращения t_i до момента следующего обращения t_{i+1} . То есть получается, что организация, устанавливая y_i устройств, должна обращаться в следующий раз, когда именно это количество y_i устройств выйдет из строя. На практике так не выходит, организация обращается за заменой того количества устройств, которое вышло из строя за фиксированный период времени. Получается, что задача не эквивалентна задаче расхода запаса. Чтобы задачи были эквивалентны, необходимо чтобы замена производилась сразу же, как выйдет из строя такое же количество устройств, которое было заменено в прошлый раз. Гарантировать такого поведения организации не получится.

Тем не менее этот метод можно по-прежнему использовать для оценки интенсивности потока, если произвести сдвиг индексов величин y_i . Тогда этот подход будет одним из очередных методов непараметрической оцен-

ки нестационарной интенсивности, отличительной способностью которого будет определение интенсивности, как функции, чей интеграл за наблюдаемые периоды равен количеству поломок, при этом с помощью штрафа на нелинейность можно сглаживать различные выбросы. Причем данный метод будет предпочтительнее обычных методов сглаживания, таких как скользящее среднее или экспоненциальное сглаживание.

После того как будет восстановлена эта интенсивность (или скорость образования поломок), можно выявить закономерности ее изменения от времени или других факторов. Из-за того, что процесс выхода оборудования из строя можно моделировать, как Пуассоновский процесс, для дальнейшего анализа лучше использовать теорию случайных процессов. Можно экстраполировать найденные зависимости на будущее и определить ожидаемое количество поломок к следующей проверке или определить ожидаемое время, когда поломка будет заданное количество.

Для того чтобы смоделировать такие события, необходимо выполнение следующих требований:

1. Площади компании-клиента не должны увеличиваться (и уменьшаться) в размере, в противном случае выявленная закономерность будет показывать не только рост количества неисправных кондиционеров, но также и рост новых площадей, для которых необходимо установить кондиционеры.

2. Самое первое обращение компании-клиента следует исключить из выборки, т.к. это обращение подразумевает установку всех кондиционеров (а не их замену).

3. Сломавшиеся кондиционеры желательно должны заменяться на такие же модели (либо незначительно усовершенствованные). В противном случае, если кондиционеры будут заменяться на принципиально новые модели, то выявленная зависимость будет показывать скорость поломок то старых, то новых устройств. В этом случае надо разделять поломки старых и новых моделей устройств, иначе произойдет перемешивание потоков событий.

4. Теплоизоляция фасада здания не должна меняться, иначе климатические условия в помещениях изменятся и, соответственно, настройки кондиционера будут подогнаны под новые значения (например, согласно новым настройкам, у всех кондиционеров изменится скорость обдува, а это значит, что его комплектующие будут изнашиваться по-другому. То есть выявленная закономерность будет показывать не только зависимость от времени, а зависимость от таких факторов, как изменение теплоизоляции. Если дополнительно моделировать изменения теплоизоляции, то проблем не должно возникнуть, а если нет, то это приведет к тому, что события будут неправильно прогнозироваться.

5. Аналогично окна и их количество в здании также не должны меняться (исключение: замена окон на такие же по коэффициенту сохранения тепла).

Заключение

Проанализирована возможность использования емкостного метода для таких услуг, как поставка бутилированной воды в организации, мойка автомашин, формирование туристических чартерных рейсов и услуги замены неисправных кондиционеров. Предложенный метод в состоянии выявить закономерности, приводящие к образованию событий, что в дальнейшем позволит прогнозировать эти события. Для рассмотренных услуг составлены допущения, которые должны соблюдаться для того, чтобы метод работал правильно. Нарушение этих допущений может привести к дополнительной погрешности. Также разобран важный момент, связанный с исходными данными. Приобретение услуги должно быть эквивалентно формированию некоторого запаса, например, запас бутылей воды, запас чистоты машины, запас пустых мест на туристическом рейсе. Эта эквивалентность не всегда соблюдается, например, в примере замены неисправного оборудования, заменяется количество фактически вышедшего из строя оборудования на момент проверки вместо того, чтобы делать запас исправного оборудования. Даже если допущения не выполняются и метод не подходит для поставленных целей, он при небольшом сдвиге данных может пригодиться для эмпирической оценки нестационарной интенсивности.

Список источников

1. Беккерман Е.Н., Катаева С.С. Алгоритм оценивания числа состояний и значений интенсивностей МС-потока событий // *Вестник ТГУ*, 2009, no. 3(8), с. 19-26.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. *Теория случайных процессов и ее инженерные приложения*. Учеб. пособие для вузов, 2-е изд., стер. Москва, Высш. шк., 2000.
3. Водинчар Г.М. Свойства одного алгоритма оценки параметров нестационарных Пуассоновских процессов // *Вестник КРАУНЦ*, Физ.-мат. Науки, 2012, no. 1(4), с. 11-17.
4. Кораблев Ю.А. Емкостный метод анализа редких событий в торговле различными товарами // *Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса*, 2019, no. 3(48), с. 121-131.
5. Кораблев Ю.А. Емкостный метод определения функции скорости потребления // *Экономика и менеджмент систем управления*. Воронеж, Научная книга, 2015, no. 15(1.1), с. 140-150.
6. Кораблев Ю.А. Погрешность емкостного метода анализа редких событий, удаленность от конечного потребителя // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. Нальчик, Известия КБНЦ РАН, 2019, no. 3 (89), с. 48-77.
7. Резник А.Л. Об оценке интенсивности потоков при регистрации отсчетов // *Автометрия*. Издательство Сибирского отделения РАН, 1980, no. 3, с. 123-126.
8. Суворова А.В., Пашенко А.Е., Тулупьева Т.В., Тулупьев А.Л. Построение доверительных интервалов оценок интенсивности рискованного поведения на основе неравенства Чебышева // *Труды СПИИРАН*, 2009, вып. 10, с. 96-109.
9. Altman N.S. An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression // *The American Statistician*, 1992, no. 46(3), pp. 175-185.
10. Croston J.D. Forecasting and stock control for intermittent demands // *Operational Research Quarterly (1970-1977)*, 1972, no. 23(3), pp. 289-303.
11. Efron B., Tibshirani R.J. *An introduction of the Bootstrap*. New York, Chapman & Hall, 1993.
12. Walker S.H., Duncan D.B. (1967). Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables // *Biometrika*, no. 54 (1/2), pp. 167-178.

CAPACITY METHOD OF RARE EVENTS ANALYSIS, ASSUMPTIONS WHEN USED IN THE SERVICES AREA

Korablev Yuriy Aleksandrovich, Cand. Sc. (Econ.), Assoc. Prof.

Golovanova Polina Sergeevna, student

Kostrica Tat'yana Andreevna, student

Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradsky pr., 49, Moscow, Russia, 125993; e-mail: yura-korablyov@yandex.ru; polin-mart@ya.ru; 1tanyalilt@gmail.com

Purpose: the article explores the possibility of using the capacity method of rare events analysis in the economy for such various services as the supply of bottled water in an organization, cleaning a car in a car wash, forming tourist charter flights, replacing faulty air conditioners.

Discussion: the method involves the analysis of the event formation process, the restoration of the process parameters, their extrapolation and the start of the process to predict future events. Every event formation process in the considered services is described, for which it is assumed to use the method for further events forecasting. *Results:* the main assumptions, that must be observed for the correct method operation, are formulated. Possible consequences of violation of these assumptions are described. It is shown that even if the method is not suitable for the selected type of events, it can still be used as a nonparametric method for estimating unsteady intensity for applying, for example, the theory of random processes.

Keywords: capacity method, service sector, assumptions, conditions, violation of assumptions.

References

1. Bekkerman E.N., Kataeva S.S. Algorithm of estimation for number of states and state rates of MC-flow. *Vestnik TGU*, 2009, no. 3 (8), pp. 19-26. (In Russ.)
2. Wentzel E.S., Ovcharov L.A. *The theory of random processes and its engineering applications*, 2000. (In Russ.)
3. Vodinchar G.M. Characteristics of an algorithm for non-stationary Poisson process estimation. *Vestnik KRAUNTS. Fiz.-mat. Nauki*, 2012, no. 1 (4), pp. 11-17. (In Russ.)
4. Korablev Yu.A., Golovanova P.S., Kostritsa T.A. Capacity method of analyzing rare events in the trade of various goods. *Business. Education. Law*, 2019, no. 3, pp. 121-131. (In Russ.)
5. Korablev Yu.A. Capacity method determination consumption rate function. «*Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*». Voronezh, Nauchnaya kniga, 2015, no. 15(1.1), pp. 140-150. (In Russ.)
6. Korablev Yu.A. Error of the capacity method of rare events analysis, remoteness from the end user. The News of KBSC of RAS, 2019, no. 3 (89), pp. 48-77. (In Russ.)
7. Reznik A.L. On estimating the intensity of flows during sample's registration. *Avtometriya, Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya RAN*, 1980, no. 3, pp. 123-126.

8. Suvorova A.V., Pashchenko A.E., Tulup'eva T.V., Tulup'ev A.L. Risky behavior rate estimates calculation based on Chebyshev inequality. *SPIIRAS Proceedings*, 2009, Issue 10, pp. 96-109. (In Russ.)
9. Altman N. S. An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician*, 1992, no. 46 (3), pp. 175–185.
10. Croston J.D. Forecasting and stock control for intermittent demands. *Operational Research Quarterly (1970-1977)*, 1972, no. 23 (3), pp. 289-303.
11. Efron B., Tibshirani R.J. *An introduction of the Bootstrap*. New York, Chapman & Hall, 1993.
12. Walker S.H., Duncan D.B. (1967). Estimation of the probability of an event as a function of several independent variables. *Biometrika*, no. 54 (1/2), pp. 167-178.