

DOI: 10.24143/2072-9502-2019-3-108-122
УДК [621.391:519.72]:[621.394/.396:004.032.26]

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СБОРА И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАЗНОРОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕТЕЙ ОПЕРАТОРА СВЯЗИ

А. А. Сорокин, Фам Хак Чонг, Н. С. Мальцева

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Предложен анализ методов и средств сбора, идентификации и обработки информации, связанной с учетом технических, социальных и экономических параметров состояния зоны покрытия сети. Одной из тенденций развития рынка телекоммуникаций является непрерывное увеличение объемов передаваемого трафика при сохранении таких показателей, как средний доход от одного абонента и общее количество абонентов у операторов связи. С учетом анализа этих тенденций в целях сохранения рентабельности операторам связи необходимо повышать эффективность своей работы за счет сокращения затрат на содержание инфраструктуры и продвижения новых услуг. Для решения этих задач необходимо использование различных видов сбора информации о состоянии зоны покрытия сети оператора связи. Проведенный анализ методов сбора информации о состоянии зоны покрытия сети выявил три их основных вида. Первый – методы сбора технических параметров состояния каналов связи между базовыми станциями оператора и абонентским оборудованием. Второй – сбор службой взаимодействия с абонентами информации о жалобах клиентов на качество оказываемых услуг. Третий – проведение маркетинговых исследований для прогнозирования потребности абонентов в новых услугах. В результате анализа установлено, что наибольшие трудности в области сбора и обработки информации связаны с комплексной идентификацией состояния зоны покрытия сети с учетом технических и социально-экономических факторов. Сложности вызваны ограничениями к интегрированному обобщению разнородной информации имеющихся технических средств для анализа состояния зоны покрытия сети. По результатам анализа теоретических методов установлено, что для обобщения информации, представленной в числовой и вербальной форме, наиболее целесообразно использование методов теории нечетких множеств.

Ключевые слова: оператор мобильной связи, сбор информации, обработка информации, зона покрытия сети, интегральные показатели, нейронные сети, нечеткие множества, маркетинговое исследование.

Для цитирования: *Сорокин А. А., Фам Хак Чонг, Мальцева Н. С.* Анализ методов сбора и математической обработки разнородной информации по оценке состояния зоны обслуживания сетей предприятий связи // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 3. С. 108–122. DOI: 10.24143/2072-9502-2019-3-108-122.

Введение

В настоящее время системы мобильной связи находятся на пике развития. Для пользователей услуг мобильной связи открываются новые возможности, связанные как с удовлетворением личных потребностей, так и с решением бизнес-задач. Услуги операторов сотовой связи позволяют их клиентам обеспечивать передачу голосовой информации, обмен короткими сообщениями (SMS – Short Message Services), в том числе и для решения задач управления исполнительными механизмами и сигнализации событий, а также осуществлять доступ к информационным сервисам сети Интернет. Практика показывает, что многие информационные сервисы создают прямую конкуренцию операторам сетей сотовой связи, примерами являются сервисы WhatsApp, Viber и др.; с другой стороны, многие сервисы создают высокую нагрузку на сети операторов связи, примером подобных сервисов являются YouTube, IVI и другие сервисы, связанные с распространением «тяжелого» (например, видео) контента, или виртуальные одноранговые (торрент) сети. Кроме этого, значительно сократился приток новых абонентов, наблюдается миграция абонентской базы между операторами-конкурентами вследствие предложения более выгодных условий.

Подобные обстоятельства, с одной стороны, повышают требования пользователей к качеству оказываемых оператором услуг, что приводит к необходимости совершенствования инфраструктуры сетей, с другой стороны, снижает рентабельность операторов связи (например,

из-за сокращения телефонного междугороднего и международного трафика). Операторы, реагируя на изменение рыночных тенденций, начали интеграционные процессы с информационными сервисами сети Интернет. Примером подобного явления стали приобретение американским оператором Verizon информационного сервиса Yahoo [1] или приобретение российским оператором ПАО «МегаФон» доли в компании Mail.ru groups (владельцы сервисов Mail.ru, «ВКонтакте», «Одноклассники») [2]. Кроме этого, сотовые операторы развивают сервисы, связанные с банковским обслуживанием или созданием торговых сетей по продаже абонентских сетевых устройств. При этом бизнес-модель оператора по сути трансформируется из модели получения средств за счет предоставления услуг связи в модель по получению прибыли на основе анализа информации, полученной о клиенте. Для успешного функционирования оператора связи как коммерческого субъекта экономической деятельности необходимо использование методов идентификации состояния клиентской базы и зоны покрытия сети. С учетом результатов первичного анализа [3] установлено, что используемые операторами средства анализа состояния зоны покрытия сети сильно ограничены в идентификации параметров социально-экономического характера, описывающих поведение абонентов, с последующей обработкой собранной информации и формированием рекомендаций для лиц, принимающих решения (ЛПР) по управлению оператором связи.

Таким образом, целью работы является анализ методов и средств сбора, идентификации и математической обработки информации, связанной с учетом технических, социальных и экономических факторов, о состоянии зоны покрытия сети.

В соответствии с поставленной целью можно выделить следующие задачи:

- анализ теоретических методов обработки разнородной информации технического, социального и экономического характера
- анализ тенденций развития систем и операторов мобильной связи;
- анализ методов сбора и идентификации информации технического, социального и экономического характера о состоянии зоны покрытия сети оператора связи.

Анализ теоретических методов обработки разнородной информации

Как описано в работе [4], для обобщения информации, представленной в числовой форме, можно использовать методы получения интегральных показателей. Сущность методов получения интегрального показателя Q :

$$Q = \sum_{i_Q=1}^{n_Q} \beta_{i_Q} \cdot m_{i_Q},$$

где β_{i_Q} – уровень значимости (влияния) переменной на итоговый результат; m_{i_Q} – значение параметра, используемого для получения интегрального показателя; i_Q – номер параметра; n_Q – максимальный номер параметра, используемого для получения итогового значения показателя Q . Общее количество параметров, характеризующих некоторый объект исследования, можно представить в виде множества $M = \{m_1, \dots, m_{n_Q}\}$. Часто для проведения сравнительного анализа двух аналогичных объектов используется соотношение вида

$$k_{Q^{iá.1}/Q^{iá.2}} = \frac{Q^{iá.1}}{Q^{iá.2}} = \left(\sum_{i_Q=1}^{n_Q} \beta_{i_Q} \cdot m_{i_Q}^{iá.1} \right) / \left(\sum_{i_Q=1}^{n_Q} \beta_{i_Q} \cdot m_{i_Q}^{iá.2} \right),$$

где $m_{i_Q}^{iá.1}$ и $m_{i_Q}^{iá.2}$ – значения показателей первого и второго объекта сравнения соответственно.

Если $k_{Q^{iá.1}/Q^{iá.2}} > 1$, то признается, что объект «1» лучше объекта «2», если $k_{Q^{iá.1}/Q^{iá.2}} < 1$, то наоборот. Основная сложность использования подобного метода заключается в том, что для получения значений оценок $M = \{m_1, \dots, m_{n_Q}\}$ и уровней значимости $B = \{\beta_1, \dots, \beta_{n_Q}\}$ требуется использование дополнительных методов, например экспертного анализа, что усложняет прове-

дение оценки, кроме того, неясными остаются вопросы получения интегральных показателей при условии нелинейных уровней значимости ($\beta_{n_Q} \neq \text{const}$).

Для разрешения задачи проведения интегральной оценки при условии, когда $\beta_{n_Q} \neq \text{const}$, нашли применение методы теории нечетких множеств. Сущность методов теории нечетких множеств заключается в сопоставлении определенному четкому значению переменной $m_{n_Q}^{\text{clear}}$ ее нечеткого значения $m_{n_Q}^{\text{fuzz}}$:

$$m_{n_Q}^{\text{clear}} \Rightarrow m_{n_Q}^{\text{fuzz}} : m_{n_Q}^{\text{fuzz}} = \mu^{\text{fuzz}}(m_{n_Q}^{\text{clear}}), \quad (1)$$

где μ^{fuzz} – это оператор преобразования четкого значения переменной к нечеткому, в работах [5, 6] подобный оператор получил название «функция принадлежности». Для осуществления преобразования также необходимо, чтобы у переменной $m_{n_Q}^{\text{clear}}$ была численная шкала оценивания – sc_{n_Q} , на которой отображено терм-множество – $\Gamma^{n_Q} = \{t_{n_T}\}$, где t_{n_T} – термы, при помощи которых происходит описание переменной $m_{n_Q}^{\text{fuzz}}$ в вербальной форме. Таким образом, справедливо высказывание

$$\forall m_{n_Q}^{\text{clear}} \subset M \exists \Gamma^{n_Q} = \{t_{n_T}\} : \forall t_{n_T} \exists \mu_{n_T}^{\text{fuzz}}(m_{n_Q}^{\text{clear}}). \quad (2)$$

Для обобщения влияния входных переменных формируется база знаний продукционных правил, пример структуры правила имеет вид

$$\#1 \text{ if } m_1^{\text{fuzz}} = t_1^{m_1^{\text{fuzz}}} \wedge \dots \wedge m_{n_Q}^{\text{fuzz}} = t_1^{m_{n_Q}^{\text{fuzz}}} \Rightarrow Q^{\text{fuzz}} = t_1^{Q^{\text{fuzz}}}, \quad (3)$$

где #1 – номер правила, максимальное количество которых в базе знаний равно ξ ; по возможности необходимо осуществить всевозможный перебор комбинаций входных переменных для указания значений выходной переменной в нечеткой форме. Формирование правил производится экспертной группой из проблемной области знаний. Обобщение значений выхода каждого правила дает общее – нечеткое – значение выходной переменной, преобразование которого при помощи операции дефаззификации формирует четкое значение. Формально подобное можно описать соотношением

$$F_Q(Q_{\#1}^{\text{fuzz}}, \dots, Q_{\xi}^{\text{fuzz}}) = Q^{\text{clear}}. \quad (4)$$

Как показывает обзор работ [5, 6], преимущества метода, описываемого соотношениями (1)–(4) заключаются в возможности агрегированной обработки информации в вербальной (количественной) и числовой (качественной) формах описания. Ограничения, как правило, возникают для случая $(n_Q > 4) \wedge (n_T > 5) = 1$, выполнение которого приводит к тому, что количество правил ξ в базе знаний составит 625, что значительно замедляет процесс обработки и приводит к сложностям проверки базы знаний на непротиворечивость. В работе [5] описываются приемы снижения вероятности появления противоречивых правил и приводится рекомендация использовать иерархические системы нечеткого вывода, которые позволяют разделить входное множество переменных на два подмножества, количество элементов в которых $n_Q \leq 4$, что уменьшает количество правил внутри базы знаний.

Обзор работ [7–9] показывает, что при наличии значительного количества статистической информации о значениях входных и выходных переменных для реализации оператора преобразования входных переменных в выходные возможно использование нейронных сетей. Нейронная сеть представляет собой структуру, состоящую из следующих слоев:

– множество входных нейронов $N^{in} = \{v_{n_Q}\}$, где число нейронов равно числу входных переменных;

– множество скрытых слоев $N_{n_{hid}}^{hid}$, где n_{hid} – номер скрытого слоя; количество скрытых слоев и количество нейронов внутри каждого слоя определяется экспертным путем, на начальном этапе формирования нейронной сети, или эмпирическим, в процессе отладки системы обработки информации с учетом выдаваемой точности результатов и длительности вычислений;

– множество выходных нейронов $N^{out} = \{v_{Q_n}\}$, где Q_n – номера выходных переменных; часто количество выходных переменных равно единице.

Нейроны различных слоев соединяют дугами – синапсами, каждый синапс имеет свой вес $b_{n_S}^{n_V}$, где n_S – номер синапса, соответствующего нейрону с номером n_V . Благодаря весу синапс может ослаблять или усиливать сигнал, поступающий от нейрона предыдущего слоя. Внутри каждого нейрона в скрытом слое находится оператор преобразования: сумматор сигналов, полученных от входных нейронов f_Σ (ослабленных или усиленных синапсами), и нормализатор значения после сумматора на интервал $[-1; 1]$ или $[0; 1]$ – функция активации f_{act} .

После формирования нейронной сети производится ее обучение на имеющейся статистической выборке. Сущность обучения заключается в следующем: пусть имеется некоторое множество входных переменных $M = \{m_1, \dots, m_{n_Q}\}$, при этом на выходе имеется одна переменная со значением q , тогда совокупность обучающих кортежей имеет вид

$$\begin{aligned} & \{m_1^1, \dots, m_{n_Q}^1 | q^1\}; \\ & \{m_1^k, \dots, m_{n_Q}^k | q^k\}; \\ & \{m_1^{k.max}, \dots, m_{n_Q}^{k.max} | q^{k.max}\}, \end{aligned}$$

где k – номер обучающего кортежа.

На вход нейронной сети подается часть обучающего кортежа, описывающего различные значения переменных на входе – $m_1^k, \dots, m_{n_Q}^k$ – и переменных q_N , полученных после преобразования нейронной сетью, на выходе. Оператор преобразования обозначается как F_N :

$$\begin{aligned} F_N(m_1^1, \dots, m_{n_Q}^1) &= q_N^1; \\ F_N(m_1^k, \dots, m_{n_Q}^k) &= q_N^k; \\ F_N(m_1^{k.max}, \dots, m_{n_Q}^{k.max}) &= q_N^{k.max}. \end{aligned}$$

Затем производится вычисление погрешностей δ между выходными значениями из обучающего кортежа и соответствующими выходами нейронной сети:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= |q_N^1 - q^1|; \\ \delta_k &= |q_N^k - q^k|; \\ \delta_{k.max} &= |q_N^{k.max} - q^{k.max}|. \end{aligned}$$

В результате получается множество погрешностей выходных значений нейронной сети $\Delta_k = \{\delta_1, \dots, \delta_{k.max}\}$, на основании элементов множества Δ_k рассчитывается значение погрешности нейронной сети. В качестве меры погрешности может использоваться среднеквадратичная ошибка:

$$\Delta_{\tilde{n}\delta\hat{e}\hat{a}} = \frac{1}{K_{max}} \sum_{k=1}^{K_{max}} \delta_k^2.$$

Если величина $\Delta_{\tilde{n}\delta.\tilde{e}\tilde{a}}$ не превышает критического значения $\Delta_{\tilde{e}\delta}$, то сеть признается обученной, если она выше, то для сети проводится следующий этап обучения за счет корректировки весов синапсов. Обучение длится до тех пор, пока либо не будет достигнуто условие $\Delta_{\tilde{n}\delta.\tilde{e}\tilde{a}} \leq \Delta_{\tilde{e}\delta}$, либо количество этапов (эпох) обучения не превысит критического значения. Если количество этапов превышает критическое значение, то обучение приостанавливается и считается целесообразной корректировка структуры нейронной сети. После выполнения условия $\Delta_{\tilde{n}\delta.\tilde{e}\tilde{a}} \leq \Delta_{\tilde{e}\delta}$ проводится проверка работоспособности сети на тестовой выборке – выборке, которая не принимала участия в обучении, но ее значения могут появиться в ходе эксплуатации сети. Если условие $\Delta_{\tilde{n}\delta.\tilde{e}\tilde{a}} \leq \Delta_{\tilde{e}\delta}$ выполняется и на тестовой выборке, то нейронная сеть признается работоспособной.

К числу ограничений описанного метода следует отнести «скрытность» процесса корректировки нейронной сети от разработчика системы обработки информации и изначальную ориентированность на обработку данных, представленных в числовой форме. Сам процесс обучения может потребовать затрат значительного количества вычислительных ресурсов, а при значительном изменении реальной зависимости выходных переменных от входных требуется повторное обучение. Кроме этого, на момент формирования системы обработки информации необходимо наличие обучающей выборки необходимого объема.

Таким образом, с учетом проведенного анализа, в качестве теоретического аппарата для обработки информации о зоне покрытия сети наиболее целесообразно использование методов теории нечетких множеств.

Выявление закономерностей в области развития систем и операторов мобильной связи

С технологической точки зрения системы мобильной связи в настоящее время продолжают интенсивное развитие. Создаются и развиваются рынки нового оборудования. Примеры – производство смартфонов, элементов интернета вещей, рынок приложений, ориентированных на установку на мобильные устройства. Для обеспечения необходимой скорости доступа абонентов внедряются технологии сетей сотовой связи 3-го, 4-го и 5-го поколений. Установка новых базовых станций позволяет расширить площадь зоны покрытия сетей сотовой связи, в том числе за счет базовых станций на подвижных объектах, внутри помещений, в торговых центрах, метрополитенах. Все это приводит к непрерывному интенсивному увеличению объемов передаваемого трафика. Тенденция к росту трафика, построенная на основании [10], приведена на рис. 1.

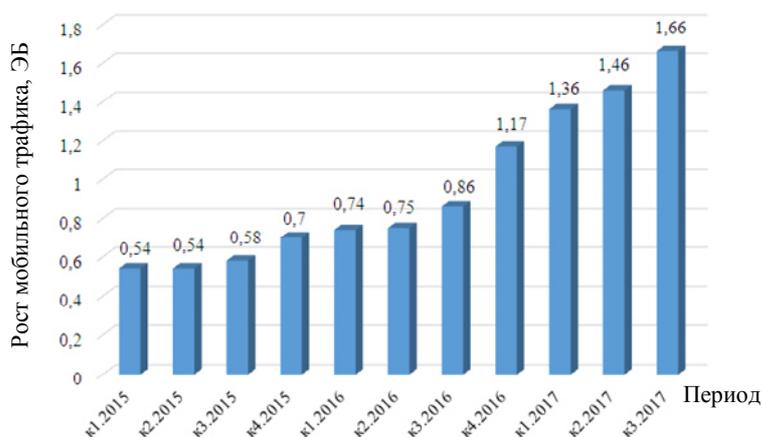


Рис. 1. Рост мобильного трафика в России в 2015–2017 гг.

В то же время, с точки зрения вовлечения новых абонентов, на основании анализа аналитических обзоров [11–14] можно заметить замедление развития рынка сотовой связи. С учетом обобщения [11–14] на рис. 2 показано изменение общего количества абонентов сотовых операторов связи в России с 2016 по 2018 г.

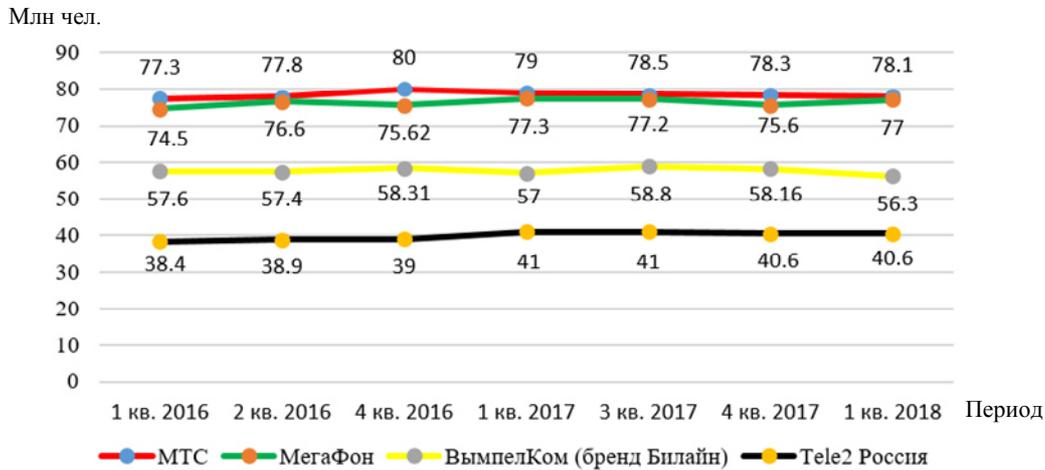


Рис. 2. Количество абонентов крупных операторов РФ с 2016 по 2018 г.

Как можно заметить из рис. 2, количество абонентов у 4-х наиболее крупных операторов в России практически не изменяется. Кроме этого, следует отметить, что общее количество абонентов – около 250 млн чел. при численности населения в России около 144 млн чел. Таким образом, в среднем на одного жителя страны (включая новорожденных и пожилых людей) приходится около 2-х SIM-карт, а в пересчете на количество трудоспособного населения (около 76 млн чел.) – более 3-х SIM-карт. Анализ материалов [12] свидетельствует о том, что показатель среднего дохода операторов связи от одного абонента в течение последних нескольких лет остается на уровне 300 руб. в месяц (что, с учетом ставки дисконтирования национальной валюты, говорит о его фактическом уменьшении), т. е. с экономической точки зрения рынок сотовой связи находится на этапе насыщения с последующей перспективой перехода к стагнации и спаду.

Таким образом, для сохранения рентабельности операторам мобильной связи необходимо повышать эффективность своей работы за счет сокращения издержек на содержание инфраструктуры и продвижение услуг, а также путем предложения новых услуг целевым потребителям за счет более точного таргетинга абонентской аудитории. Решение подобных задач в целом вписывается в новую модель концепции управления оператором – модель eТОМ (Enhanced Telecom Operations Map) [15, 16], – в рамках которой реализуются программные комплексы по поддержке принятия решения в области операционных и бизнес-процессов оператора связи – OSS /BSS (Operation Support System/Business Support System) системы. К подобному классу программного обеспечения можно отнести системы сбора информации о состоянии оборудования и распределения запасов оборудования, системы управления рабочей силой предприятия связи, системы накопления статистики и оформления заявок на устранение неисправностей, поступающих от абонентов, системы сбора данных о состоянии зоны покрытия сети оператора связи [17, 18].

Обзор работ [3, 19] и опыт проектирования и эксплуатации элементов сетей операторов сотовой связи показывает, что одну из серьезных трудностей представляет сбор и обработка информации о состоянии зоны покрытия сети оператора. В настоящее время эта задача осложняется еще и потому, что операторы начинают предлагать новые услуги, которые раньше предлагались банками, торговыми предприятиями, службами быта, что требует сбора информации о состоянии зоны покрытия сети не только технического, но и социально-экономического характера.

Анализ методов сбора информации о состоянии зоны покрытия сети оператора связи

В настоящее время можно выделить следующие основные методы сбора информации о состоянии зоны покрытия сети [3, 20, 21]:

- методы сбора информации о технических характеристиках, которые описывают качество предоставления сервисов абонентам;
- методы сбора информации о жалобах клиентов на качество оказываемых услуг;
- методы анализа социально-экономической ситуации на административной территории в зоне покрытия сети.

К методам сбора информации о технических характеристиках, которые описывают качество предоставления сервисов абонентам, относятся различные технические средства сбора и обработки информации о параметрах физического канала связи между базовой станцией и абонентским терминалом и характеристиках логического соединения между прикладными процессами, происходящими на абонентском устройстве, и процессами прикладного уровня, происходящими на серверах, на которых располагаются информационные сервисы, используемые абонентом в ходе сеанса связи.

Примерами физических характеристик являются уровень мощности сигнала на входе в абонентское устройство, соотношение сигнал/шум и другие технические параметры каналов передачи данных между абонентским устройством и базовой станцией сотовых сетей стандартов 2–4-го поколений. Оценка качества логических соединений между прикладными процессами, происходящими на абонентском устройстве, информационными сервисами сети Интернет производится в процессе совершения тестовых голосовых и видео-«звонков», что позволяет оценить сквозное качество предоставления услуг определением скорости доступа к удаленным информационным ресурсам. Примером средств реализации подобных задач являются программные комплексы, изготавливаемые компаниями QualiPoc Android [22], TEMS Investigation [23], «Корунд» [24]. Обобщенная схема информационных процессов работы приведенных комплексов показана на рис. 3.



Рис. 3. Обобщенная схема информационных процессов работы

Анализ подобных комплексов и обзор работ [22–24] показывает, что ограничения их применения связаны со следующими моментами:

- ограниченным количеством подобных комплексов в региональном отделении оператора (как правило, их количество находится в пределах 2–3 единиц на одно отделение);

– результаты измерений, как правило, хранятся в локальной базе данных регионального отделения оператора, в отделения более высокого ранга направляются агрегированные отчеты, что снижает скорость доставки информации экспертам и ЛПП отделений более высокого ранга;

– для проведения измерений привлекаются специалисты регионального отделения и выделяется автомобильный транспорт, что приводит к пропорциональной зависимости стоимости измерительных мероприятий от объемов выполненных работ (площади территории зоны покрытия сети), т. к. в стоимость необходимо включать часовую заработную плату и затраты на эксплуатацию автотранспорта.

Эти ограничения привели к тому, что мониторингу подвергаются автомобильные дороги, оживленные улицы, крупные междугородние трассы, измерения проводятся с частотой от одного до трех-четырёх раз в месяц. При этом на второстепенных улицах, придомовых территориях измерения проводятся гораздо реже. Часто контроль качества предоставления услуг на подобных территориях осуществляется больше на основе сбора жалоб от абонентов.

Системы сбора жалоб, заявок и пожеланий от абонентов получили название «каналы обратной связи взаимодействия с клиентом», дальнейшее их развитие было реализовано в создании CRM-систем (Customer Relationship Management) – систем управления взаимоотношениями с клиентами. В назначение CRM-систем входит не только формирование заявок техническому персоналу на устранение неполадок сети или подключение абонентов, но и предложение клиентам новых видов услуг компании [16, 25, 26].

Взаимодействие с клиентом производится, как правило, при помощи следующих видов коммуникации:

– «горячий» номер телефона call-центра: на подобный номер телефона клиент может обратиться практически по любому вопросу, связанному с тарификацией услуг, возникшими трудностями получения услуг, формированием предложений оператору по повышению качества обслуживания или расширения спектра предоставляемых услуг; подобный «горячий» номер может дублироваться аналогичной «горячей» электронной почтой или «горячим» аккаунтом в социальных сетях;

– номер телефона (электронная почта, аккаунт в социальных сетях) службы технической поддержки: аналогичен по назначению предыдущему виду коммуникации с клиентами оператора, однако ориентирован в основном на прием жалоб на качество обслуживания и заявок на устранение неисправностей; назначается, как правило, в случае возникновения необходимости разгрузить call-центр, обслуживающий «горячий» номер (электронную почту, аккаунт в социальной сети). Подобный вид получения информации от абонента, а следовательно, и о состоянии зоны покрытия сети осуществляется по следующему принципу (для упрощения восприятия рассматривается вариант формирования заявки на устранение неисправности):

1. Клиент сталкивается со снижением качества обслуживания или отказом в обслуживании.
2. Клиент обращается по номеру телефона (электронной почте, сообщением на аккаунт социальной сети) службы технической поддержки оператора и излагает суть проблемы.
3. Работник службы технической поддержки задает уточняющие вопросы клиенту и заполняет специальную форму обратной связи, как правило, в электронной форме.
4. На основании формы обратной связи формируется заявка на устранение неисправности.
5. На основании заявки назначается технический специалист, который формирует рекомендации по дальнейшим направлениям эксплуатации и развития сети и устраняет неисправность.
6. После устранения неисправности технический специалист формирует отчет на «закрытие» заявки.
7. По истечении определенного периода аналитическая группа оператора связи изучает поступающие от клиентов заявки и формирует рекомендации по управлению развитием оператора связи.

В обобщенном виде схема обмена информацией при использовании каналов обратной связи, основанных на коммуникации абонентов и специалистов служб технической поддержки, показана на рис. 4.



Рис. 4. Обобщенная схема информационных процессов при взаимодействии абонентов и специалистов служб технической поддержки оператора связи

Ограничениями подобных методов являются следующие:

- клиент не всегда своевременно сообщает о сложностях в получении услуги, которые могут казаться ему незначительными, а само обращение произойдет на позднем этапе развития неисправности или при полном отказе в обслуживании;
- клиент не всегда может адекватно описать неисправность и указать возможные ее причины в связи с тем, что у клиента, как правило, отсутствуют необходимые компетенции для идентификации неисправности;
- специалист службы технической поддержки, также ввиду ограничения компетентности по отдельным вопросам работы сети оператора, может недостоверно идентифицировать претензию абонента и, как следствие, составить неадекватную заявку на устранение неисправности, в результате чего будет назначен несоответствующий специалист, с последующим перенаправлением заявки после уточнения неисправности.

Результатом описанных ограничений является увеличение срока устранения неисправностей, что приводит к недовольству клиентов и, как следствие, ухудшению рейтинга оператора относительно конкурентов. Кроме этого, при помощи подобных методов сложно прогнозировать возникающие потребности у клиентов, связанные с предложением им новых видов услуг, корректировкой тарифных планов и другими мероприятиями, связанными с прогнозированием развития рынка, на котором оператор связи работает в заданном регионе. Для решения задачи прогнозирования используются различные методы маркетингового анализа сфер рынка, в которых ведет деятельность оператор связи.

Сущность проведения маркетинговых исследований заключается в анализе результатов опросов определенной группы потенциальных клиентов, а также общих тенденций развития определенного сектора рынка [27, 28]. Информация, связанная с результатами опросов, как правило, собирается при помощи анкетирования. Анкетирование в виде личного интервьюирования представителей целевой группы проводится либо в виде опросов по телефону, либо путем заполнения форм обратной связи. В обобщенном виде процесс проведения маркетинговых исследований можно представить в виде схемы, показанной на рис. 5.

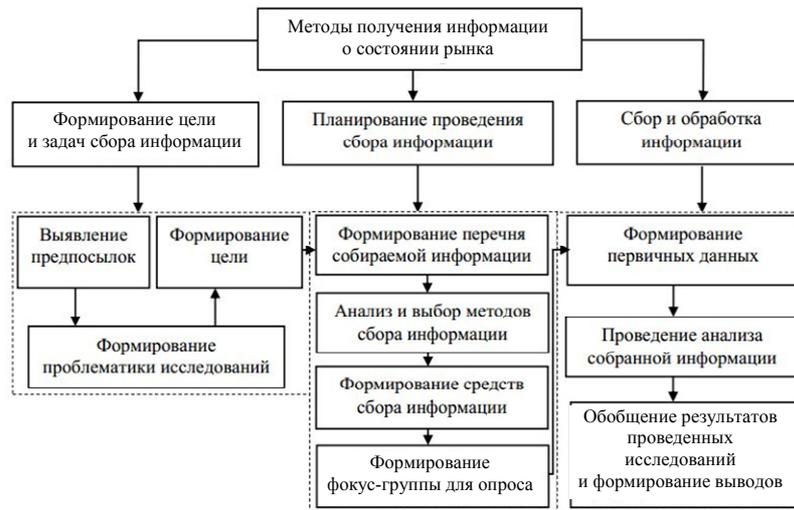


Рис. 5. Схема проведения маркетинговых исследований [27, 28]

Сбор данных о тенденциях развития определенного сектора рынка производится в процессе анализа аналитических отчетов различных организаций и агентств. Примером подобного источника являются материалы аналитического агентства JSON.TV [29].

Практический опыт показывает, что у методов сбора информации, основанных на интервьюировании представителей целевых групп, имеется ряд ограничений, связанных:

- с достоверностью информации, которую указывает в анкете представитель целевой группы;
- адекватностью сформулированных вопросов в анкете или опросном листе;
- частым раздражением представителей целевой группы на предложение заполнить анкету или ответить на вопросы, что негативно влияет на достоверность собираемой информации;
- сложностью контроля достоверности анкет, которые сдает интервьюер после окончания опросов;
- сложностью последующей идентификации информации для проведения ее машинной обработки.

Используемые методы обобщения отчетов аналитических агентств также имеют ряд ограничений, связанных:

- с разнородностью представленной информации в количественных и качественных формах;
- субъективностью мнения экспертов, которые проводят обобщение информации и подготовку комплексного отчета.

В связи с вышесказанным в ряде отраслей используются различные скрытые методы сбора информации о поведении пользователей с целью последующей ее машинной обработки для выявления различных корреляций, что позволяет спрогнозировать дальнейшее поведение целевой аудитории. Область знаний, занимающаяся подобными исследованиями, получила название Big Data [30]. В настоящее время подобные методы получили широкое распространение в рамках анализа поведения пользователей различных веб-ресурсов. Использование подобных средств позволяет выделить гендерные особенности, возрастную аудиторию, сегментировать пользователей по уровню образования, месту проживания и т. д. Результатом является предложение соответствующей контекстной рекламы товаров или услуг, которые могут вызвать интерес у представителя целевой аудитории. Примером практической реализации подобного решения является проект «Яндекс Крипта» [31]. Как показывает практика, направления, связанные с изучением поведения пользователей на территории зоны покрытия сети, аналогичные «Яндекс Крипте», требуют дальнейшего развития. Обобщение преимуществ и ограничений методов сбора информации о состоянии зоны покрытия сети представлено в таблице.

**Преимущества и ограничения методов
сбора информации о состоянии зоны покрытия сети**

Методы	Преимущества	Ограничения
Методы сбора информации о технических характеристиках	Позволяют количественно измерить параметры оценки качества предоставления услуг абонентам (в том числе от абонентского терминала до сервера информационного сервиса)	Малое количество измерительных комплексов в региональных отделениях оператора; относительно низкая скорость доставки информации экспертам и лицам; относительно высокие затраты на проведение измерений (требуется привлечение специалиста и автотранспорта)
Методы сбора информации о жалобах клиентов на качество оказываемых услуг	Относительно оперативное получение информации от пользователей об изменении (ухудшении) качества оказываемых услуг	Клиент не всегда своевременно сообщает о сложностях получения услуги; клиент не всегда может достоверно описать неисправность; специалист службы технической поддержки не всегда может достоверно идентифицировать информацию, содержащуюся в сообщении клиента
Методы анализа социально-экономической ситуации	Возможность привлечения к исследованию значительного количества опрашиваемых клиентов; возможность автоматизации обработки собранной информации на основании анализа данных из анкет; возможность получения информации о факторах социально-экономического характера, касающихся объекта исследования	Зависимость собираемой информации от субъективных мнений опрашиваемых клиентов и формы представления вопросов в анкете; сложность контроля достоверности информации в анкетах; определенная сложность последующей идентификации информации для проведения ее машинной обработки; частая разнородность форм представленной информации (может носить качественный и количественный характер); влияние субъективизма мнений экспертов на конечный результат проводимого исследования

С учетом анализа результатов, представленных в таблице, можно сделать вывод о целесообразности дальнейшего развития положений по обработке разнородной информации технического и социально-экономического характера, которая характеризует состояние зоны покрытия сети оператора связи. Основой подобных положений, с учетом проведенных исследований, являются методы обработки информации, основанные на положениях теории нечетких множеств.

Выводы

В ходе проведенных исследований выявлены следующие закономерности в области развития сетей операторов связи: в настоящее время наблюдается постоянное интенсивное увеличение объемов передаваемого трафика, при этом число абонентов изменяется незначительно, так же незначительно изменяется показатель доходности оператора от одного абонента. Подобное явление говорит об увеличении нагрузки на сеть оператора и фиксации рентабельности оператора связи как коммерческой фирмы. Поэтому для поддержания оценочных показателей деятельности на приемлемом уровне оператору необходимо повышать эффективность эксплуатации своей инфраструктуры. Для реализации этой задачи разрабатывается специализированное программное обеспечение, позволяющее автоматизировать многие процессы операционной и бизнес-деятельности оператора связи. Для успешного функционирования подобных программ необходим сбор различных видов информации, характеризующих состояние инфраструктуры оператора. Одной из наиболее сложных областей сбора информации является зона покрытия сети. Причина сложности заключается в том, что ее состояние характеризуется как техническими параметрами, связанными с обеспечением качества предоставляемых услуг, так и социально-экономическими характеристиками, связанными с удовлетворенностью абонентов качеством обслуживания и готовностью приобретать новые сервисы, которые может предложить оператор.

Проведенный анализ методов математической обработки информации показал, что для решения поставленной задачи наилучшим образом подходят методы, основанные на использовании теории нечетких множеств и алгоритмов нечеткого вывода.

Из результатов проведенного анализа существующих методов сбора и обработки информации следует, что наибольшие трудности в области сбора и обработки информации связаны с комплексной идентификацией состояния зоны покрытия сети с учетом технических и социально-экономических факторов. Сложности вызваны ограничениями имеющихся технических средств для анализа состояния зоны покрытия сети к интегрированному обобщению разнородной информации.

Таким образом, результаты проведенных исследований открывают новые возможности для дальнейшего развития систем поддержки и принятия решений по управлению инфраструктурой оператора связи в области усовершенствования методов обработки большого объема разнородной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Verizon Completes \$4.48 Billion Purchase of Yahoo, Ending an Era.* URL: <https://www.nytimes.com/2017/06/13/technology/yahoo-verizon-marissa-mayer.html> (дата обращения: 15.10.2018).
2. «МегаФон» купил контроль в Mail.ru Group. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3214260> (дата обращения: 16.10.2018).
3. *Сорокин А. А., Горюнов А. А., Марочкин Д. С.* Распределенная измерительная система сети сотовой связи на основе мобильных датчиков // Датчики и системы. 2017. № 3 (212). С. 16–23.
4. *Лойко В. И., Ефанова Н. В.* Подход к оценке интегрального показателя риска интегрированных производственных систем // Политемат. сетев. электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2005. № 11. С. 53–70.
5. *Штовба С. Д.* Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
6. *Леоненков А. В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 719 с.
7. *Хайкин С.* Нейронные сети. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
8. *Паблин Н. Б., Орешков В. И.* Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2013. 704 с.
9. *Галушкин А. И.* Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия – Телеком, 2010. 426 с.
10. *Мобильный интернет в России почти удвоился.* URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2017/12/25/746357-mobilnii-internet#galleries%2F140737493702275%2Fnormal%2F1> (дата обращения: 16.10.2018).
11. *Количество абонентов сотовой связи сократилось почти на полмиллиона.* URL: <https://www.protarif.info/news/new?id=3158> (дата обращения: 15.10.2018).
12. *Рынок мобильной связи: рост, какого не было несколько лет.* URL: <https://www.comnews.ru/content/113706/2018-06-27/rynok-mobilnoy-svyazi-rost-kakogo-ne-bylo-neskolko-let> (дата обращения: 17.10.2018).
13. *Савицкий В.* Квартальный подсчет по итогам II квартала 2016 г. URL: <http://www.comnews.ru/content/103556/2016-09-01/kvartalnuu-podschet> (дата обращения: 17.10.2018).
14. *Шишулин Д.* Квартальный подсчет по итогам II квартала 2018 г. URL: <https://www.comnews.ru/content/114612/2018-08-27/kvartalnuu-podschet> (дата обращения: 17.10.2018).
15. *Расширенная карта процессов оператора связи (eTOM).* URL: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2008/06/sr80609.html> (дата обращения: 17.10.2018).
16. *Райли Д., Кринер М.* NGOSS. Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 192 с.
17. *OSS/BSS – базовое программное обеспечение в телекоме.* URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2594410> (дата обращения: 15.10.2018).
18. *Системы поддержки деятельности операторов связи (OSS).* URL: <https://www.nvg.ru/solutions-and-services/resheniya-oss-bss/sistemy-podderzhki-deyatelnosti-operatorov-svyazi-oss> (дата обращения: 18.10.2018).
19. *Скрынников В. Г.* Радиосистемы UMTS/LTE. Теория и практика. М.: Спорт и культура – 2000, 2012. 864 с.
20. *Пшеничников А. П., Степанов М. С.* Обобщенная модель Call-центра // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5. № 7. С. 125–128.
21. *Степанова И. С.* Особенности маркетинга на рынке телекоммуникационных услуг // Вестн. Омск. ун-та. 2011. № 4 (62). С. 261–265.
22. *QualiPoc Android с R&S@TSMA.* URL: https://www.rohde-schwarz.com/ua/applications/qualipoc-android-r-s-tsma-application-card_56279-200203.html (дата обращения: 12.10.2018).
23. *TEMS Investigation User's Manual.* URL: https://www.academia.edu/33788079/TEMS_Investigation_Users_Manual (дата обращения: 19.10.2018).
24. *КОРУНД.* Комплекс тестирования сетей связи. URL: http://www.zaodixi.ru/out_e.php?id=404 (дата обращения: 15.10.2018).
25. *Поддержка продаж.* Аргус. URL: <http://argustelecom.ru/resheniya/podderzhka-prodazh.htm> (дата обращения: 15.10.2018).
26. *Управление клиентским опытом.* Аргус. URL: <http://argustelecom.ru/produktyi/upravlenie-klientskim-opytom.html> (дата обращения: 15.10.2018).
27. *Белявский И. К.* Маркетинговое исследование: информация, анализ, прогноз: учеб. пособие. М.: КУРС: НИЦ Инфра М, 2013. 392 с.
28. *Галицкий Е. Б., Галицкая Е. Г.* Маркетинговые исследования. Теория и практика: учеб. для вузов. М.: Юрайт, 2014. 570 с.
29. *JSON.TV:* официальный сайт компании. URL: <http://json.tv/> (дата обращения: 15.10.2018).
30. *Силен Д., Мейсман А., Али М.* Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. СПб.: Питер, 2017. 336 с.
31. *Технология Крипта.* URL: <https://yandex.ru/company/technologies/crypta/> (дата обращения: 15.10.2018).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сорокин Александр Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры связи; alsorokin.astu@mail.ru.

Фам Хак Чонг – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры связи; pktrong87@mail.ru.

Мальцева Наталия Сергеевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры связи; maltsevans@mail.ru.



ANALYSIS OF COLLECTION METHODS AND MATHEMATICAL PROCESSING OF HETEROGENEOUS INFORMATION ON THE CONDITION OF THE NETWORK COVERAGE AREA OF A COMMUNICATIONS OPERATOR

A. A. Sorokin, Fam Hak Chong, N. S. Maltseva

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article analyzes the methods and means of collecting, identifying and processing information related to technical, social and economic parameters of network coverage area. One of the trends in the telecommunications market is a continuous increase in the volume of transmitted traffic while maintaining indicators such as the average revenue per subscriber and the total number of subscribers for telecom operators. Taking into account the analysis of development trends in order to preserve the profitability of work, telecom operators need to increase the efficiency of their work by reducing the cost of maintaining the infrastructure and promoting new services. To solve these problems, it is necessary to use various types of information gathering about the state of the network coverage of a provider. The analysis of methods for collecting information on the network coverage revealed three main types. The first relates to the methods of collecting technical parameters of communication channels between the base stations of the operator and subscriber equipment. The second consists in collecting information on subscriber complaints about the service quality by means of the customer interaction service. The third is conducting marketing research to predict the needs of subscribers for new services. The results of the analysis show that the greatest difficulties in collecting and processing information are related to the complex identification of the network coverage area, taking into account technical and socio-economic factors. The difficulties have been caused by the limitations of the available technical means for analyzing the state of the network coverage area to an integrated generalization of heterogeneous information. According to the analysis results of theoretical methods, it has been stated that using the methods of the theory of fuzzy sets is most appropriate for generalizing the information presented in numerical and verbal form.

Key words: mobile operator, collection of information, information processing, network coverage area, integral parameters, neural networks, fuzzy sets, marketing research.

For citation: Sorokin A. A., Pham Khac Trong, Maltseva N. S. Analysis of collection methods and mathematical processing of heterogeneous information on the condition of the network coverage area of a communications operator. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2019;3:108-122. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2019-3-108-122.

REFERENCES

1. *Verizon Completes \$4.48 Billion Purchase of Yahoo, Ending an Era*. Available at: <https://www.nytimes.com/2017/06/13/technology/yahoo-verizon-marissa-mayer.html> (accessed: 15.10.2018).
2. «MegaFon» купил контрол' в Mail.ru Group [“MegaFon” bought management in Mail.ru Group]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3214260> (accessed: 15.10.2018).

3. Sorokin A. A., Goriunov A. A., Marochkin D. S. Raspredelelnaia izmeritel'naia sistema seti sotovoi sviazi na osnove mobil'nykh datchikov [Distributed measuring system of cellular network based upon mobile sensors]. *Datchiki i sistemy*, 2017, no. 3 (212), pp. 16-23.
4. Loiko V. I., Efanova N. V. Podkhod k otsenke integral'nogo pokazatelya riska integrirovannykh proizvodstvennykh sistem [Approach to evaluating integral parameter of risk if integrated industrial systems]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2005, no. 11, pp. 53-70.
5. Shtovba S. D. *Proektirovanie nechetkikh sistem sredstvami MATLAB* [Fuzzy systems design by MATLAB methods]. Moscow, Goriachaia liniia – Telekom Publ., 2007. 288 p.
6. Leonenkov A. V. *Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH* [Fuzzy modelling in MATLAB and fuzzyTECH environment]. Saint-Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2003. 719 p.
7. Khaikin S. *Neironnye seti* [Neural networks]. Moscow, Vil'iams Publ., 2006. 1104 p.
8. Paklin N. B., Oreshkov V. I. *Biznes-analitika: ot dannykh k znaniiam* [Business-analytics: from data to knowledge]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2013. 704 p.
9. Galushkin A. I. *Neironnye seti: osnovy teorii* [Neural networks: theoretical grounds]. Moscow, Goriachaia liniia – Telekom Publ., 2010. 426 p.
10. *Mobil'nyi internet v Rossii pochti udvoilsia* [Mobile Internet has almost doubled in Russia]. Available at: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2017/12/25/746357-mobilnii-internet#_galleries%2F1407_374_93702275%2Fnormal%2F1 (accessed: 16.10.2018).
11. *Kolichestvo abonentov sotovoi sviazi sokratilos' pochti na polmilliona* [The number of cellular subscribers has fallen by half a million]. Available at: <https://www.protarif.info/news/new?id=3158> (accessed: 15.10.2018).
12. *Rynok mobil'noi sviazi: rost, kakogo ne bylo neskol'ko let* [Mobile market: unprecedented growth in just a few years]. Available at: <https://www.comnews.ru/content/113706/2018-06-27/rynok-mobilnoy-svyazi-rost-kakogo-ne-bylo-neskolko-let> (accessed: 17.10.2018).
13. *Kvartal'nyi podschet* [Quarterly calculation]. Available at: <http://www.comnews.ru/content/103556/2016-09-01/kvartalnyi-podschet> (accessed: 17.10.2018).
14. *Kvartal'nyi podschet* [Quarterly calculation]. Available at: <https://www.comnews.ru/content/114612/2018-08-27/kvartalnyi-podschet> (accessed: 17.10.2018).
15. *Rasshirennaia karta protsessov operatora sviazi (eTOM)* [Extended flow-process diagram of the operator (eTOM)]. Available at: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2008/06/sr80609.html> (accessed: 17.10.2018).
16. Raili D., Kriner M. NGOSS. *Postroenie effektivnykh sistem podderzhki i ekspluatatsii setei dlia operatora sviazi* [NGOSS. Building effective systems of support and maintaining networks for a communications operator]. Moscow, Al'pina Biznes Buks Publ., 2007. 192 p.
17. *OSS/BSS – bazovoe programnoe obespechenie v telekome* [OSS/BSS - basic software in telecom]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/2594410> (accessed: 15.10.2018).
18. *Sistemy podderzhki deiatel'nosti operatorov sviazi (OSS)* [Operation support system for communications operators]. Available at: <https://www.nvg.ru/solutions-and-services/resheniya-oss-bss/sistemy-podderzhki-deyatelnosti-operatorov-svyazi-oss> (accessed: 18.10.2018).
19. Skrynnikov V. G. *Radiosistemy UMTS/LTE. Teoriia i praktika* [Radio systems UMTS/LTE. Theory and practice]. Moscow, Sport i kul'tura – 2000 Publ., 2012. 864 p.
20. Pshenichnikov A. P., Stepanov M. S. Obobshchennaia model' Call-tsentra [Generalized model of the Call-center]. *T-Comm: Telekommunikatsii i transport*, 2011, vol. 5, no. 7, pp. 125-128.
21. Stepanova I. S. Osobennosti marketinga na rynke telekommunikatsionnykh uslug [Marketing characteristics on telecommunication service market]. *Vestnik Omskogo universiteta*, 2011, no. 4 (62), pp. 261-265.
22. *QualiPoc Android s R&S@TSMA*. Available at: https://www.rohde-schwarz.com/ua/applications/qualipoc-android-r-s-tasma-application-card_56279-200203.html (accessed: 12.10.2018).
23. *TEMS Investigation User's Manual*. Available at: https://www.academia.edu/33788079/TEMS_Investigation_Users_Manual (accessed: 19.10.2018).
24. *KORUND. Kompleks testirovaniia setej svyazi*. [CORUND. The complex for communication networks testing]. Available at: http://www.zaodixi.ru/out_e.php?id=404 (accessed: 15.10.2018).
25. *Podderzhka prodazh. Argus* [Sells support. Argus]. Available at: <http://argustelecom.ru/resheniya/podderzhka-prodazh.html> (accessed: 15.10.2018).
26. *Upravlenie klientskim opytom. Argus* [Management of clients experience. Argus]. Available at: <http://argustelecom.ru/produktyi/upravlenie-klientskim-opytom.html> (accessed: 15.10.2018).
27. Beliavskii I. K. *Marketingovoe issledovanie: informatsiia, analiz, prognoz: uchebnoe posobie* [Marketing research: information, analysis, forecast: teaching guide]. Moscow, KURS: NITs Infra M Publ., 2013. 392 p.
28. Galitskii E. B., Galitskaia E. G. *Marketingovye issledovaniia. Teoriia i praktika: uchebnyk dlia vuzov* [Marketing research. Theory and practice: textbook for universities]. Moscow, Iurait Publ., 2014. 570 p.

29. *JSON.TV: ofitsial'nyi sait kompanii* [JSON.TV: official website of the company]. Available at: <http://json.tv/> (accessed: 15.10.2018).

30. Silen D., Meisman A., Ali M. *Osnovy Data Science i Big Data. Python i nauka o dannykh* [Principles of Data Science and Big Data. Python and Data Science]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2017. 336 p.

31. *Tekhnologiya Kripta* [Crypt technology]. Available at: <https://yandex.ru/company/technologies/crypta/> (accessed: 15.10.2018).

The article submitted to the editors 17.04.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sorokin Alexandr Aleksandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Communication; alsorokin.astu@mail.ru.

Pham Khac Trong – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Communication; pktrong87@mail.ru.

Maltseva Natalia Sergeevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Communication; maltsevans@mail.ru.

