

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ОПЕРАТОРОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е. В. Кислицын

RESEARCH OF MARKET MOBILE OPERATORS WITH SIMULATION METHODS

E. V. Kislitsyn

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рынок операторов сотовой связи является достаточно молодым и быстро развивающимся. Вклад мобильных коммуникаций в ВВП достигает порядка 4 % в развитых государствах. Немало трудов посвящено проблемам функционирования и развития рынка сотовой связи, но лишь в немногих из них сделаны попытки количественного анализа. Целью работы является проведение исследования рынка операторов сотовой связи с использованием агентного подхода. *Материалы и методы.* Предлагается проведение анализа рынка сотовой связи в различных регионах на основе построения регрессионной модели. В качестве методологии исследования выбрана методология имитационного моделирования, в частности построение многоагентной системы. Парадигма агентного моделирования является достаточно новой, в особенности при исследовании социально-экономических систем. *Результаты.* Проведен эконометрический анализ, по результатам которого выявлена зависимость стоимости услуг сотовой связи от уровня конкуренции, среднедушевого дохода населения, а также от спроса на услуги связи. Построена регрессионная модель, отражающая зависимость стоимости минуты разговора в регионе от объема услуг связи, средней заработной платы и количества операторов в регионе. Спроектирована и разработана имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга, основанная на агентном подходе с нотацией системной динамики. На основании разработанной модели появилась возможность имитировать процессы, протекающие на рынке, управлять сотовыми операторами и влиять на тарифную политику. *Выводы.* Разработанная имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга позволяет проводить локальный и глобальный анализ взаимодействия операторов и абонентов в рамках предложенной локации. Модель позволяет отразить, как изменение финансирования или ввод новых тарифов отдельными операторами сотовой связи могут изменить соотношение абонентов между операторами. Кроме того, при доработке модели ее можно применить и при исследовании аналогичных олигополистических рынков (например, рынка интернет-провайдеров).

Ключевые слова: рынок сотовой связи, имитационное моделирование, многоагентные системы, системы поддержки принятия решений.

Abstract. *Background.* A market of operators of cellular is young enough and quickly developing. The contribution of mobile communications to GDP arrives at about 4 % in the developed states. Quite a bit labours are sanctified to the problems of functioning and market of cellular development, but only in not many out of them the attempts of quantitative analysis are made. The aim of work is realization of market of operators of cellular research with the use of agent-based modeling approach. *Materials and methods.* Realization of market of cellular analysis is offered in different regions based on construction of regres-

sive model. As methodology of research, methodology of imitation design is chosen, in particular, construction of the agent-based modeling system. A paradigm of ABSM design is new enough, in particular, at research of the socio-economic systems. *Results.* A econometric analysis, on results that dependence of cost of services of cellular is educed on the level of competition, profit of population, is conducted, and also from demand on services of connection. A regressive model is built, reflecting dependence of cost of minute of conversation in a region from the volume of services of connection, middle salary and amount of operators in a region. The simulation model of market of cellular of city of Yekaterinburg, based on ABSM approach with notation of system dynamics, is projected and worked out. Possibility to imitate processes aleak at the market, manage cellular operators and to influence on tariff politics appeared on the basis of the worked out model. *Conclusions.* Worked out simulation model of market of cellular Yekaterinburg allows to conduct the local and global analysis of co-operation of operators and subscribers within the framework of the offered location. A model allows to reflect, as a change, financing or input of new tariffs the separate operators of cellular can change the betweenness of subscribers by operators. In addition, at the revision of model of her it is possible to apply and at research of analogical olygopolystic markets (for example, market of the internet providers).

Key words: market of cellular communication, simulation, multi-agent systems, systems of support of decision-making.

Введение

Сотовая связь в России представляет общественный интерес. Рынок довольно молодой и быстро развивается, поэтому ситуация на нем постоянно изменяется. Она влияет на экономику и общество, что уже давно выявлено за рубежом. Вклад мобильных коммуникаций в ВВП в развивающихся странах оценивается в 4–6 %, в развитых государствах – в 2–4 % [1]. Сотовая связь создает рабочие места, стимулирует развитие смежных отраслей, повышает производительность труда, способствует созданию глобального информационного пространства. Инвестиции в сотовую связь повышают доверие зарубежных инвесторов к стране в целом.

Проблемам функционирования и развития рынка услуг сотовой связи посвящено немало научных трудов. В большинстве из них используются эмпирические методы исследования и прогнозирования [2–4]. Некоторые труды посвящены стратегическому планированию развития компаний – операторов сотовой связи [5, 6]. Но наиболее интересными, на взгляд автора, являются работы, в которых применяются математические методы исследования [7], в частности с применением олигополистических моделей и теории игр [8, 9]. Именно на этой концепции и основаны методы агентного имитационного моделирования, речь о которых пойдет в работе.

Цель работы – провести исследование рынка операторов сотовой связи, используя агентный подход. В соответствии с данной целью автором были поставлены следующие научные задачи:

- 1) раскрыть сущность и специфику рынка операторов сотовой связи;
- 2) провести эконометрический анализ рынка сотовой связи России;
- 3) построить имитационную модель рынка операторов сотовой связи г. Екатеринбурга.

Эмпирический и эконометрический анализ рынка операторов сотовой связи России

В России сотовая связь появилась в 1991 г. Главным действующим лицом тогда стала компания «Дельта Телеком». Так как компаний, предоставляющих услуги сотовой связи, было достаточно мало, они завышали цену, которая порой доходила до тысячи долларов за пакет услуг. В 1998 г. операторы столкнулись с оттоком клиентов; конечно же, многие из них разорвались. Но уже через год компания «ВымпелКом» предложила пакет услуг, рассчитанный на абонентов с невысокими доходами. Период 1995–2004 гг. является примером ценовой олигополистической войны [10]. Операторы сотовой связи уменьшали стоимость услуг, чтобы повысить количество абонентов.

Рынок сотовой связи развивается, и численность абонентов возрастает. На конец 2004 г. 74 млн человек пользовались услугами операторов, а на конец 2014 г. их уже стало 240,3 млн. Уровень проникновения сотовой связи составил 166,8 %.

В процессе работы на рынке российской сотовой связи три крупнейших оператора (МТС, Билайн, Мегафон) используют большое количество ценовых и неценовых методов конкуренции между собой. Появление Tele2 дает возможность данным компаниям выйти на новый уровень обслуживания, улучшить свои технологии и разработать новые продукты, стремясь доказать потребителю свое превосходство.

Динамику развития рынка сотовой связи можно наблюдать на рис. 1, 2.

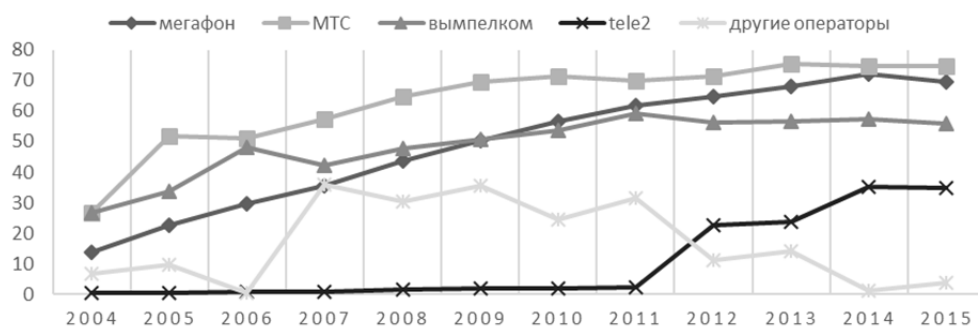


Рис. 1. Динамика роста численности абонентской базы, млн чел.

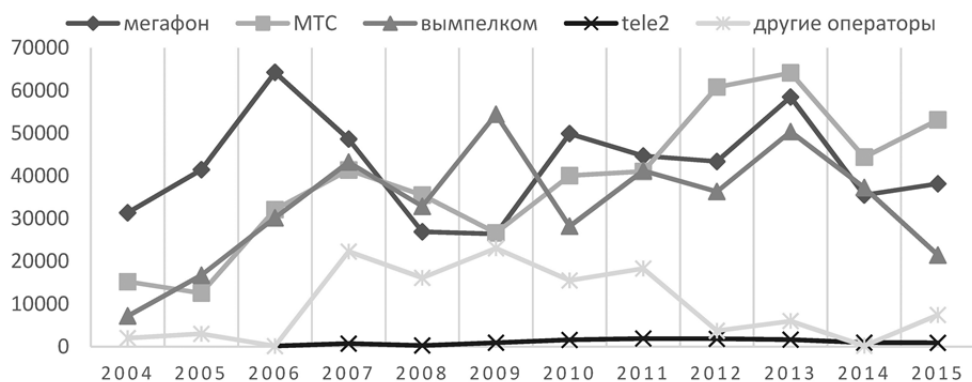


Рис. 2. Динамика прибыли сотовых компаний, млн руб.

Сотовая связь стала неотъемлемой частью жизни российских граждан. Это доказано кризисом 2008–2010 гг.: почти для 90 % потребителей затраты на сотовую связь в кризис не изменились. Рынок сотовой связи показал устойчивость к падению потребительских доходов.

Предположим, что цена на услуги операторов сотовой связи в каждом регионе РФ зависит от нескольких параметров, среди которых уровень жизни, определяемый средним уровнем доходов населения, степень конкуренции и спрос на услуги связи в рассматриваемом регионе.

Уровень жизни населения напрямую влияет на способность и готовность абонентов сотовой связи платить за услуги в регионе, поэтому он влияет на среднюю стоимость услуг. Уровень конкуренции является не менее важным фактором: если в регионе действует мало операторов, то конкуренции не наблюдается, так как отсутствуют стимулы снижения цен на рынке. В таких условиях есть риск вступления в сговор с целью получения максимальной прибыли. На стоимость услуг сотовой связи также влияет спрос. В регионах, где сотовой связью пользуются больше, операторы устанавливают более высокие цены.

Исходные данные для регрессионной модели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для регрессионной модели¹

Регион	Средняя цена за минуту разговора, руб.	Средняя заработная плата, руб.	Объем оказанных населению услуг связи (на одного жителя), млн руб.	Количество операторов в регионе
Астраханская область	1,2	25 999	6580	6
Брянская область	1,2	20 640	4632,3	4
Владимирская область	1,05	19 000	4889,2	6
Ивановская область	1,1	19 380	4479,3	5
Костромская область	1,05	21 013	4801,9	6
Курская область	1,05	23 112	4684,7	7
Московская область	1,65	40 265	12360,2	9
Орловская область	1,05	20 193	4876,3	5
Пермский край	1,3	27 408	4633,1	6
Республика Дагестан	1,8	18 713	2876,3	7
Республика Калмыкия	1,3	18 826	5790,6	6
Рязанская область	1,05	23 800	5136,7	5
Сахалинская область	1,5	52 050	10298,1	5
Свердловская область	1,1	28 042	5666,9	8
Тверская область	1,07	24 863	5075	5
Тульская область	1,05	25 102	5366	6
Тюменская область	1,17	58 140	7683	4
Ханты-Мансийский АО	1,25	57 310	9721,1	6
Чукотский АО	1,3	70 969	10361,6	7
Ямало-Ненецкий АО	1,2	90 185	11372,9	7

¹ Составлено автором по данным исследовательской компании ComNews Research: [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.comnews-research.ru/>

Построенная автором по исходным данным линейная регрессионная модель оказалась некачественной, так как коэффициент корреляции равен 0,46, а значимость F оказалась значительно больше 5 % [11]. Таким образом, линейная модель не подходит для описания рынка сотовой связи. Для решения возникшей проблемы были построены корреляционные поля, отражающие зависимость средней цены стоимости минуты разговора от факторов, предложенных выше, из которых выявлен полиномиальный характер зависимостей. В случае с фактором «объем услуг связи» зависимость описывается кубической функцией, а с фактором «средняя заработная плата» – квадратной. Таким образом, была построена нелинейная множественная регрессионная модель рынка сотовой связи. Результирующие показатели модели представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Регрессионная статистика модели¹

Показатель	Значение
Коэффициент регрессии	0,974797
Коэффициент детерминации	0,950229
Стандартная ошибка	0,0617
Наблюдения	18
Значимость F	0,00000152
Объясненная дисперсия	0,799502
Необъясненная дисперсия	0,041876
Общая дисперсия	0,841378

Таблица 3

Результирующие показатели модели²

Показатели	Коэффициенты	t-статистика	P-значение	Нижние 95 %	Верхние 95 %
Y-пересечение	3,656877161	9,579582826	0	2,816681	4,497073703
Средняя заработная плата (X ₁)	3,50279E-05	4,064731541	0,0018	1,61E-05	5,39949E-05
Объем услуг связи (X ₂)	-0,00109445	-7,153296306	0	-0,00143	-0,0007577
Количество операторов в регионе (X ₃)	-0,013579501	-0,907323092	0,038	-0,04652	0,019361664
X ₁ ²	-3,19656E-10	-4,944909708	0,0004	-4,6E-10	-1,7738E-10
X ₂ ²	1,08916E-07	4,271945395	0,001	5,28E-08	1,65031E-07
X ₂ ³	-3,11362E-12	-2,534164513	0,0278	-5,8E-12	-4,0936E-13

¹ Рассчитано автором в среде MS Excel.

² Там же.

Таким образом, регрессионная модель имеет следующий вид:

$$y = 3,6568 - 3,2 \cdot 10^{-10} x_1^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} x_1 - 3,11 \cdot 10^{-12} x_2^3 + 1,09 \cdot 10^{-7} x_2^2 - 0,001x_2 - 0,013x_3, \quad (1)$$

где x_1 – средняя заработная плата пользователей услуг связи в регионе, млн руб.; x_2 – объем услуг связи, руб.; x_3 – количество операторов сотовой связи в регионе.

Рассчитанные коэффициенты имеют высокий уровень значимости, что подтверждается соответствующими р-значениями. Это означает, что факторы, выбранные для анализа, действительно влияют на стоимость услуг сотовой связи.

Получается, что если в каком-либо регионе появится новый оператор сотовой связи, то стоимость этих услуг снизится в среднем на 1,35 %. Также увеличение спроса на сотовую связь изменяет цену услуг по кубической зависимости, а увеличение средней заработной платы в регионе даже на 1 рубль повлечет за собой изменение цены на сотовую связь согласно квадратичной зависимости, представленной в формуле (1).

Коэффициент детерминации равен отношению объясненной дисперсии к общей. В построенной модели коэффициент детерминации равен 0,95. Это значит, что модель достаточно точно отражает зависимость цены от предложенных факторов.

Построенная регрессионная модель является значимой, что подтверждается показателем «значимость F», значение которого должно быть менее 5 %. Следовательно, стоимость услуг сотовой связи действительно зависит от уровня жизни, спроса на услуги связи, а также от количества операторов, которые эти услуги оказывают.

Имитационная модель рынка операторов сотовой связи г. Екатеринбурга

Используя одни лишь математические и эконометрические методы, иногда достаточно проблематично провести качественный долгосрочный анализ рынка сотовой связи, так как в таких моделях могут отсутствовать случайные факторы, личное мнение потребителей и т.д. Для решения данных проблем автором предложена методика исследования рынков с помощью построения агентной имитационной модели.

Агентное моделирование – это современное направление в моделировании сложных систем, которые состоят из автономных и независимых агентов. Агент – это некая сущность, обладающая активностью и автономным поведением. Она может принимать решения в соответствии с некоторыми правилами, изменяться и взаимодействовать с окружением и другими агентами.

Система, где существуют агенты различных классов, которые потенциально могут взаимодействовать друг с другом, называется многоагентной системой. При моделировании рынка сотовой связи явно выделяются два типа

агентов – абонент и оператор. Описание поведения агентов является главной задачей исследователя. Описание поведения агентов происходит, как правило, в диаграмме состояний, хотя могут быть и более редкие случаи – описание с использованием диаграмм действий и низкоуровневых средств дискретно-событийного моделирования. Диаграмма состояний агента в модели представлена на рис. 3.

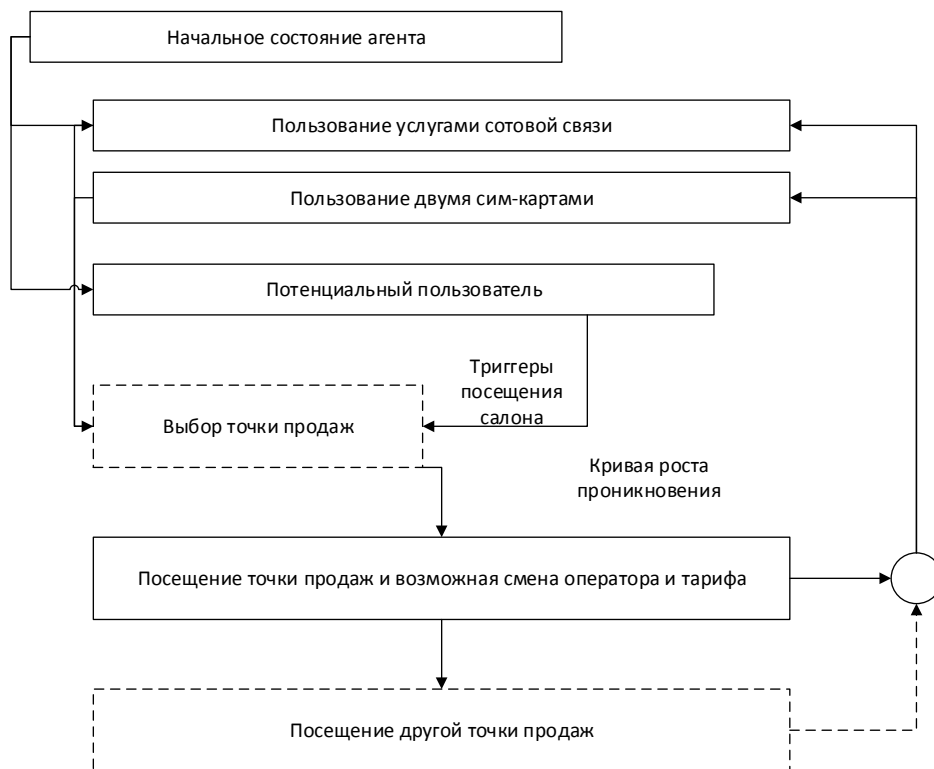


Рис. 3. Основная диаграмма состояний агента [12]

По рис. 3 видно, что изначально агент может быть либо пользователем сотовой связи, либо «потенциальным пользователем», т.е. человеком, который на данный момент не пользуется услугами сотовой связи, но в будущем может стать абонентом. Согласно модели каждый агент в определенное время посещает точку продаж и в зависимости от работы дилера он может либо сменить оператора и тариф, либо остаться со своим. Создание программно нескольких тысяч агентов, живущих в соответствии с данной диаграммой, позволяет моделировать спрос на определенном локальном рынке. Каждое событие зависит от индивидуальных характеристик агента, его истории, от состояния других агентов и системы в целом. К примеру, событие, которое заключается в посещении агентом салона связи, возможно, вызвано событиями-триггерами, предшествующими данному (появление нового тарифного плана, «неудовлетворенность» качеством услуг оператора, рекомендации друзей и т.д.). Основной задачей агентного моделирования является синхронизация событий по всем агентам.

Рассмотрим, как происходит выбор агентом оператора и тарифа сотовой связи. На рис. 4 отображены основные направления деятельности оператора сотовой связи. Показатели, характеризующие данные направления, выделены на рисунке пунктиром.

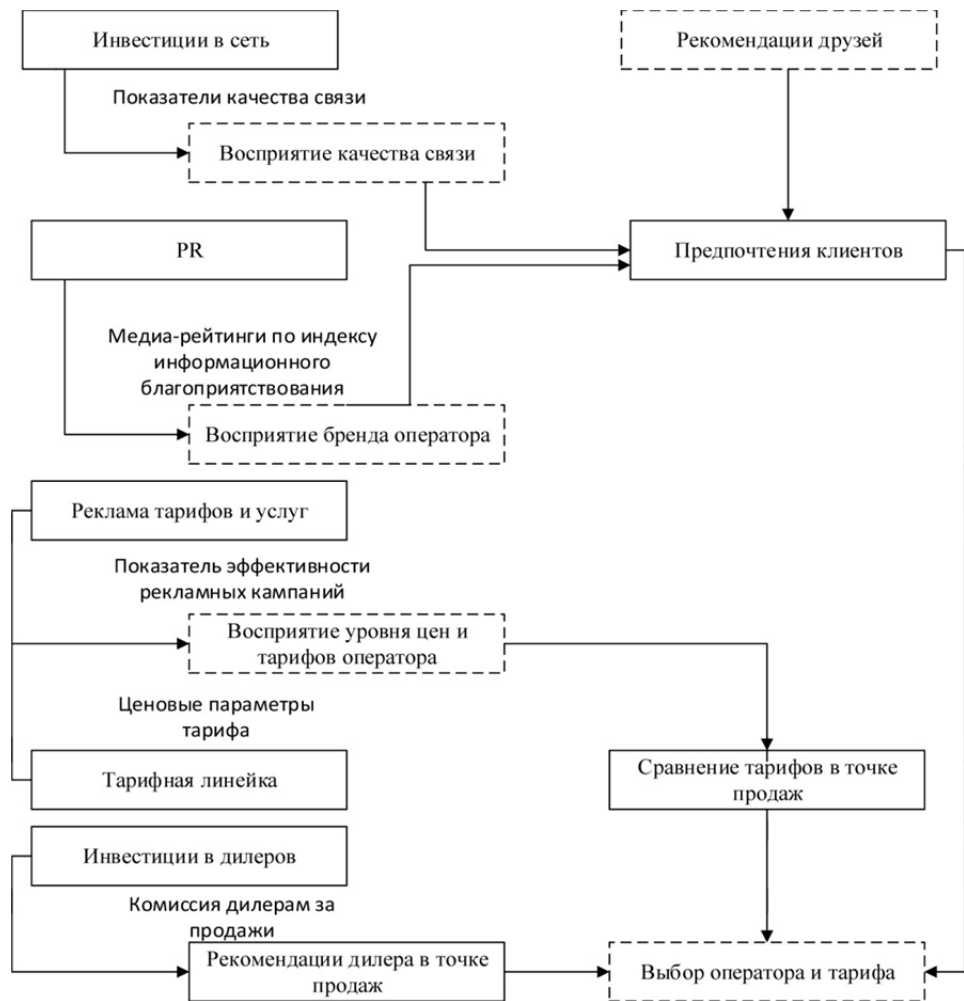


Рис. 4. Основные факторы, определяющие выбор агентом оператора и тарифа [13]

Выбор оператора или тарифа определяется экономическими и психологическими факторами. Согласно правилам когнитивной логики существуют специализированные модели поведения агента, которые учитывают как экономические, так и личностно-психологические факторы. В соответствии с такими моделями выбор пользователя услугами связи определяется его изначальными предпочтениями, потенциальной выгодностью тарифа, рекомендациями дилера и друзей и инерционным фактором. Предпочтения агента задаются в соответствии с формулой:

$$\text{Предпочтение}_{\text{агента}} = \text{Качество}_{\text{связи}} \times \text{Восприятие}_{\text{связи}} + \text{Привлекательность}_{\text{бренда}} \times \text{Восприятие}_{\text{бренда}} + \text{Уровень}_{\text{цен}} \times \text{Восприятие}_{\text{цен}}. \quad (2)$$

Таким образом, предпочтения клиента (агента) складываются из показателя качества связи, привлекательности бренда и ценовой политики оператора. Показатель «качество связи» зависит от уровня инвестиций в развитие сети конкретного оператора и рассчитывается по уравнению регрессии, заданному программно с применением нотации системной динамики. Показатель «привлекательность бренда» рассчитывается как индекс информационного благоприятствования, который зависит от уровня и количества положительных и отрицательных отзывов на оператора сотовой связи, а также от расходов на рекламу. Показатель «уровень цен» является относительным и рассчитывается исходя из суммарной оценки цен на основные виды услуг (см. рис. 9) по каждому оператору в отдельности и в целом по рынку сотовой связи в конкретном регионе. Показатели, отвечающие за восприятие того или иного фактора, формируются в имитационной модели с применением генератора случайных чисел.

Для построения имитационной модели рынка сотовой связи г. Екатеринбурга был выбран инструмент имитационного моделирования AnyLogic. Модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга состоит из двух классов – «Main» (рис. 5) и «Клиент». Класс «Клиент» состоит из диаграммы состояний, описанной ранее, и других параметров.



Рис. 5. Класс «Main»

В классе «Main» располагаются пять операторов сотовой связи г. Екатеринбурга: МТС, Билайн, Мегафон, Теле2 и абстрактный оператор под названием «Другие», объединяющий в себе всех остальных операторов. На главной форме расположена временная диаграмма, в которой отражаются данные о количестве абонентов по каждому оператору. Кнопки, расположенные справа от диаграммы, позволяют перейти к управлению тем или иным оператором (рис. 6).

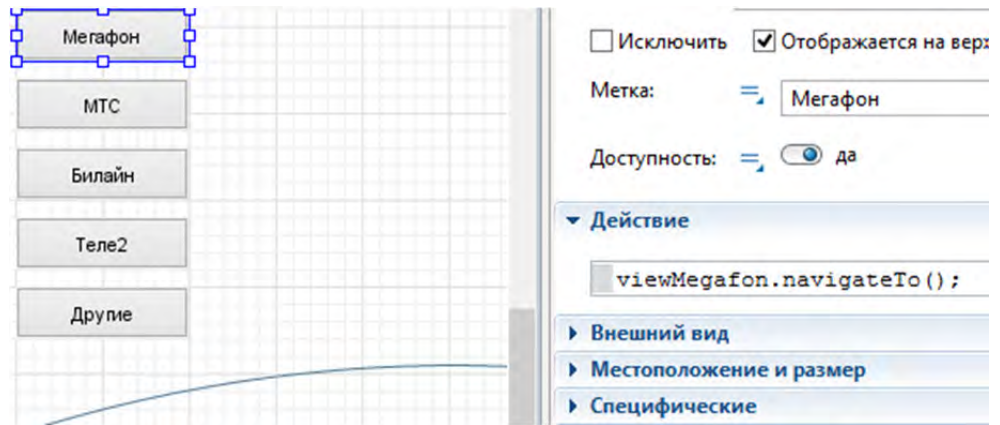


Рис. 6. Кнопки операторов

Агенты, моделирующие операторов, разработаны по аналогии друг с другом. Моделирование процессов управления операторами осуществлено с применением нотаций системной динамики (рис. 7).

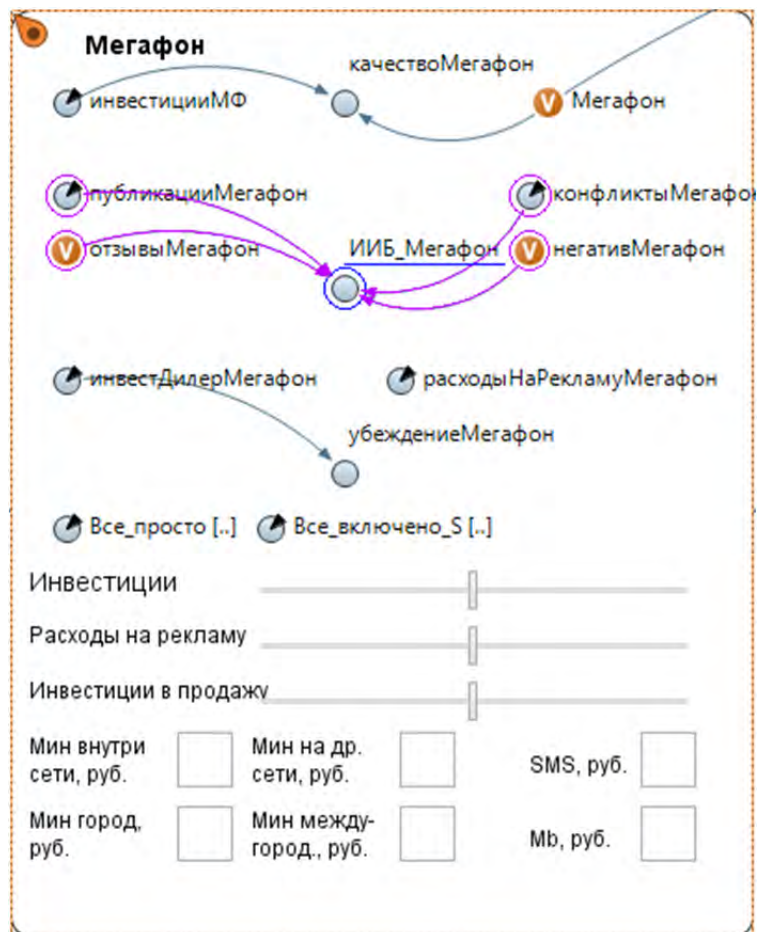


Рис. 7. Оператор «Мегафон» в классе «Main»

В качестве динамических переменных взяты показатель качества, индекс информационного благоприятствования и сила убеждения. Показатель качества напрямую зависит от количества абонентов и объема вложенных инвестиций, который пользователь может редактировать вручную с помощью слайдера. Индекс информационного благоприятствования складывается из таких факторов, как количество положительных и отрицательных отзывов об операторе, количество публикаций в СМИ и количество конфликтных ситуаций, которые, в свою очередь, зависят от расходов на рекламную кампанию и PR.

Все тарифы у каждого оператора отражены в виде отдельных массивов параметров, состоящих из восьми элементов, в каждом из которых хранятся значения определенных критериев. К примеру, в параметрах «Все просто» и «Все включено S» подобраны тарифы оператора Мегафон с ценами на сотовую связь внутри сети, на звонок другого оператора, на городской, на междугородний, SMS, MMS и Интернет соответственно. Управление финансами осуществляется путем изменения соответствующих показателей (объем инвестиций, расходы на рекламу, инвестиции в продажу и т.д.) с помощью слайдеров (рис. 8).

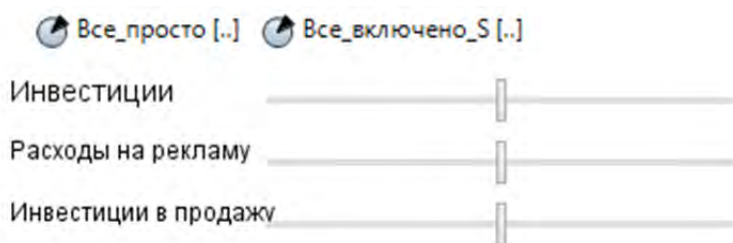


Рис. 8. Изменение финансовых показателей оператора

Особым способом реализовано управление тарифной политикой. В разработанной модели присутствует возможность как изменить основные параметры действующих тарифов, так и создать абсолютно новый (рис. 9).

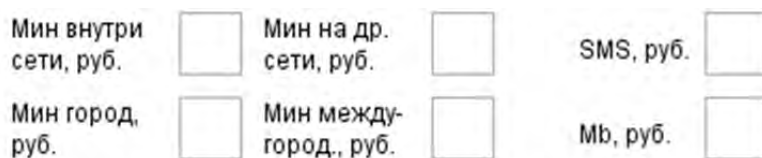


Рис. 9. Параметры тарифов операторов

Таким образом, разработанная имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга позволяет проводить локальный и глобальный анализ взаимодействия операторов и абонентов в рамках предложенной локации. Модель позволяет отразить, как изменение финансирования или ввод новых тарифов отдельными операторами сотовой связи могут изменить соотношение абонентов между операторами. Кроме того, при доработке модели ее можно применить и при исследовании аналогичных олигополистических рынков (например, рынка интернет-провайдеров).

Заключение

В ходе исследования был рассмотрен и изучен российский рынок сотовой связи. Было установлено, что рынок является олигополистическим, высококонцентрированным, т.е. войти на рынок довольно трудно.

Проведен эконометрический анализ, по результатам которого выявлена зависимость стоимости услуг сотовой связи от уровня конкуренции, среднедушевого дохода населения, а также от спроса на услуги связи. Построена регрессионная модель, отражающая зависимость стоимости минуты разговора в регионе от объема услуг связи, средней заработной платы и количества операторов в регионе.

Спроектирована и разработана имитационная модель рынка сотовой связи г. Екатеринбурга, основанная на агентном подходе с нотацией системной динамики. На основании разработанной модели появилась возможность имитировать процессы, протекающие на рынке, управлять сотовыми операторами и влиять на тарифную политику.

Библиографический список

1. Проблемы формирования единого экономического и правового пространства в России / под науч. ред. Н. Ю. Власовой. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2000. – 240 с.
2. Баранова, И. В. Рынок сотовой связи / И. В. Баранова, А. Н. Кудь, К. С. Калюжная // Символ науки. – 2015. – № 6. – С. 93–95.
3. Бакман, Ю. А. Рынок сотовой связи России как сегмент рынка телекоммуникаций: методы прогнозирования / Ю. А. Бакман, В. С. Панфилов // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2008. – Т. 6. – С. 398–416.
4. Смолин, В. В. Оценивание и прогнозирование положения компании на рынке сотовой связи / В. В. Смолин // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 10. – С. 60–61.
5. Зарецкий С. Н. Инструменты формирования маркетинговой стратегии на рынке дополнительных услуг сотовой связи / С. Н. Зарецкий // Вестник Университета Российской академии образования. – 2010. – № 3. – С. 156–159.
6. Матюшкина, Н. А. Стратегии операторов сотовой связи по продвижению услуг на российский рынок / Н. А. Матюшкина, Е. А. Пономарева // In Situ. – 2016. – № 11. – С. 38–40.
7. Трегуб, И. В. Математические модели спроса и предложения услуг с добавленной стоимостью на рынке сотовой связи / И. В. Трегуб // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2008. – № 5. – С. 101–104.
8. Бабушкина, Т. О. Анализ рынка операторов сотовой связи на основе построения олигополистической теоретико-игровой модели / Т. О. Бабушкина, Е. В. Кислицын // Экономика, право и образование в условиях риска и неопределенности: тенденции и перспективы развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Нижний Тагил, 25 февраля 2016 г.). – Екатеринбург, 2016. – С. 10–14.
9. Кореева, Е. Б. Формирование модели поведения олигополистов на рынке услуг сотовой связи / Е. Б. Кореева // Управление большими системами. – 2007. – № 19. – С. 174–186.
10. Алиева, А. А. Сущность олигополии / А. А. Алиева // Актуальные вопросы современной экономики. – 2014. – № 2. – С. 15–19.

11. Першин, В. К. Тенденции развития рынка природного газа Европы: особенности, участники, перспективы / В. К. Першин, Е. В. Кислицын // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2016. – № 5 (67). – С. 74–87.
12. Красносельский, А. В. Имитационное моделирование рынка сотовой связи / А. В. Красносельский // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 3. – С. 327–332.

Кислицын Евгений Витальевич
старший преподаватель,
кафедра статистики, эконометрики
и информатики,
Уральский государственный
экономический университет
E-mail: kev@usue.ru

Kislitsyn Evgeny Vitalyevich
senior lecturer,
sub-department of statistics,
econometrics and computer science,
Ural State University of Economics

УДК 338.47

Кислицын, Е. В.

Исследование рынка операторов сотовой связи методами имитационного моделирования / Е. В. Кислицын // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 3 (23). – С. 51–63.