

Гимаров В. В.

кандидат экономических наук, доцент

Дли М. И.

доктор технических наук, профессор

Иванова И. В.

аспирант,

*филиал Национального исследовательского
университета «МЭИ», г. Смоленск*

Решение задачи прогнозирования тенденций развития регионального рынка телекоммуникационных услуг на основе классификационного анализа

Аннотация. Показана значимость телекоммуникационной отрасли, выделены основные проблемы менеджмента предприятий. Проанализированы подходы к классификационному анализу траекторий. Предложен метод комплексного сопоставления траекторий в рамках решения задачи прогнозирования состояния рынка.

Ключевые слова: телекоммуникационные технологии, классификационный анализ, поточечное и структурное сходство траекторий.

The summary. The importance of the telecommunications industry is shown, the major problems of management of enterprises are produced. Approaches to the classification analysis of the trajectories are analyzed. We propose a method of complex trajectories in the mapping solution of the problem of forecasting market conditions.

Keywords: telecommunications technology, classification analysis, pointwise and structural similarity of trajectories.

Темпы экономического роста России, переход к инновационному пути развития, возрастающая необходимость модернизации систем хранения, обработки, передачи и защиты данных, стремление увеличить производительность труда обуславливают всевозрастающие потребности государственных и частных компаний во внедрении новейших информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Отрасль ИКТ является одной из наиболее значимых в структуре экономики Российской Федерации. Её вклад в ВВП составляет свыше

5%, по данному показателю она ставится на второе место среди всех естественных монополий России, после транспортной отрасли.

Общая значимость ИКТ как ключевой отрасли подчеркивается также тем, что она рассматривается в качестве локомотива для экономического и общественного развития. Так, в период мирового финансового кризиса ИКТ-отрасль оказалась одной из наиболее успешных: в 2009 г. объем мирового рынка в денежном выражении сократился всего на 1,5%. Прежде всего, это связано с тем фактом, что во время кризиса большинство предприятий воспринимали информационно-коммуникационные технологии в качестве нового способа ведения бизнеса, способствующего увеличению производительности, сокращению затрат на оплату труда, транспортных и других расходов. В связи с этим спрос на отдельные услуги ИКТ-сектора даже несколько возрос.

За последние годы Российская Федерация укрепила свои позиции в мировых рейтингах отрасли ИКТ. Так, в публикуемом ежегодно Мировым союзом связи индексе развития рассматриваемой отрасли, Россия в 2009 г. заняла 50 место из 156 стран. Положение России определяется высоким уровнем проникновения мобильной связи (23-е место), проводной телефонии (41-е место). При этом Россия отстает по коэффициенту проникновения широкополосного Интернета (74-е место) и количеству домашних компьютеров (79-е место). По предварительным данным Министерства коммуникаций и связи РФ, в 2010 г. отрасль показала значительный рост: объем сектора ИКТ составил 1 трлн. 919 млрд. руб., что на 8,4% выше показателя предыдущего года.

Быстрый рост объема и значимости рассматриваемой отрасли в структуре народного хозяйства РФ привели к тому, что для управления постоянно увеличивающимися по масштабу территориально распределенными телекоммуникационными предприятиями необходимо использовать новые инструменты анализа данных, которые позволят принимать решения с учетом сложности и многомерности региональных рынков, их технологических и экономических особенностей, а также временного фактора. В данном случае, в первую очередь, речь идет о построении эффективной системы принятия управленческих решений и прогнозирования состояния рынка с учетом взаимоотношений между всеми заинтересованными субъектами на основе моделирования процессов функционирования телекоммуникационных предприятий, что позволит повысить эффективность его деятельности.

Прогнозирование состояния рынка является одной из наиболее важных задач управления. В настоящее время для прогнозирования жизненных циклов товаров и услуг, а также тенденций развития глобальных и

локальных рынков используются различные экономико-математические методы и инструментальные средства. Один из классов экономико-математических моделей социально-экономических процессов основан на использовании теории классификационного анализа медленно изменяющихся (стационарных) данных и различных траекторий трендов.

Теоретические основы классификационного анализа данных описаны в различных работах отечественных и зарубежных ученых ¹.

В работе отдельных авторов в качестве критерия классификации рассматривается средняя близость точек в классе ². Однако при исследовании многопараметрической информации, изменяющейся во времени, использование подобных алгоритмов классификации невозможно, поскольку данные не являются сопоставимыми. В связи с этим, в данной работе рассмотрена возможность реализации динамического классификационного анализа на основе критерия качества классификации в виде обобщенного среднего.

В работе других авторов ³ методика классификации основана на использовании аппарата нечеткой логики и предполагает существование двух типов схожести между траекториями:

- структурное сходство: чем больше две траектории имеют общего в форме, динамике изменения, характеристиках, тем больше сходства между этими двумя траекториями;
- точечное сходство: чем меньше расстояние между точками двух траекторий, тем большее сходство наблюдается между ними.

Структурное сравнение, прежде всего, подходит для ситуаций, когда необходимо осуществить классификацию фрагмента траектории с высокой точностью. Поточечное сходство выражает близость траектории в реальном пространстве. В этом случае поведение траекторий не является первостепенным фактором, и некоторые различия по форме допускаются, пока траектории пространственно близки. В отличие от структурного сходства, расчет точечного не требует использования характеристик траекторий и основывается непосредственно на их значениях.

¹ Бауман Е.В., Дорофеев А.А. Классификационный анализ данных // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. М.: СИНТЕГ, 1999. С. 62–77; Angstenberger L. Dynamic Fuzzy Pattern Recognition with Applications to Finance and Engineering. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

² Бауман Е.В., Дорофеев А.А. Классификационный анализ данных // Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. М.: СИНТЕГ, 1999. С. 62–77.

³ Angstenberger L. Dynamic Fuzzy Pattern Recognition with Applications to Finance and Engineering. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

Как представляется, траектории одного класса должны быть достаточно близкими и при этом обладать схожими характеристиками. Поэтому необходимо проводить агрегирование нескольких измерений в единое целое, что позволит получить комплексную оценку схожести траекторий, учитывающую как точечную, так и структурную составляющие.

Пусть некоторое предприятие работает на рынке в течение периода времени $[t_0, t_n]$ и характеризуется состоянием спроса $x(t)$. Необходимо спрогнозировать значение спроса на услуги компании на период времени $[t_{n+1}, t_m]$ на основании анализа и классификации развития предприятия на других региональных рынках.

В первую очередь для решения поставленной задачи осуществляется оценка точечного сходства траекторий. Для этого для каждой двух траекторий $x(t)$ и $y(t)$ (известный тренд развития региональных рынков) осуществляется расчет $f(t)=x(t)-y(t)=[f(t_1), \dots, f(t_p)]$. Тогда точечная близость рассчитывается как последовательность $s(x,y)=s(x-y,0)=s(f,0)$ ⁴. Введение нечеткости для определения того, насколько полученное расстояние между точками s_i является допустимым, позволит устранить однозначность интерпретации результата без учета специфики каждого конкретного случая. Итоговая степень сходства траекторий определяется на основании перехода от полученной последовательности принадлежностей $u(f(t))=[s_1, \dots, s_p]$ к конкретному числу за счет использования операторов t -нормы, t -конормы, усреднения, компенсации (максимум, минимум, средняя арифметическая, медиана, α -квантиль и др.) ⁵.

Структурное сходство траекторий определяется на основании таких характеристик, как степень гладкости, диапазон значений, максимальное значение и время его появления, максимальная длина интервала с нулевой производной и другие. Для каждой описанной характеристики K_i определяется разность $\Delta K_i = |K_i(x) - K_i(y)|$ и определяется степень принадлежности полученного значения к нечеткому множеству допустимых отклонений. Аналогично с точечным сравнением полученный вектор $s_i = u_i(\Delta K_i) = [s_{i1}, \dots, s_{iL}]$ переводится в число $s(x, y)$, выражающее сходство траекторий, на основании операций взятия минимума, максимума, интегрирования ⁶.

⁴ Angstenberger L. Dynamic Fuzzy Pattern Recognition with Applications to Finance and Engineering. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

⁵ Там же.

⁶ Там же.

Таким образом, на основании проведенных расчетов были получены различные статистические показатели точечной и структурной схожести траекторий (максимум, минимум, средняя арифметическая, мода, медиана, α -квантили). Поскольку данные значения не показывают в чистом виде степень принадлежности траектории к конкретному классу, возникает необходимость разработки соответствующего метода, основанного на использовании нечеткой логики.

Для получения комплексного результата можно использовать набор нечетких продукционных правил, задаваемых с учетом весового коэффициента, вида:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Если } \min \mu(f(x_i - y_i)) \text{ очень низок, то их степень схождения низкая;} & (0,05) \\ \text{Если значение 0,25-квантиля } \mu(f(x_i - y_i)) \text{ высоко, то степень} & \\ \text{схождения высокая;} & (0,25) \\ \text{Если } \mu(f(\text{sm}(x) - \text{sm}(y))) \text{ очень мала, то степень схождения низкая;} & (0,25) \\ \dots & (0,45) \end{array} \right.$$

Применения данных правил для сопоставления нового образца с центрами существующих кластеров приводят либо к отнесению траектории к одному из них, либо к выделению нового кластера, отличного от существующих. Использование весовых коэффициентов для каждого правила представленного вида позволит выделить значимость параметра сопоставления. Так, оператору $\min$ или $\max$ должен соответствовать минимальный весовой коэффициент, поскольку в случае существования в последовательности точечного сравнения выбросов, их значение не будет показывать достоверный результат итогового сопоставления. В этом случае показатели усреднения будет более информативными.

Таким образом, предложенный подход комплексной оценки схожести траекторий развития рынка позволит получить наиболее достоверную оценку принадлежности тренда к определенному классу, что будет способствовать повышению эффективности менеджмента телекоммуникационных предприятий за счет принятия рациональных управленческих решений.

Литература

1. Бауман Е.В., Дорофеюк А.А. Классификационный анализ данных / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. М.: СИНТЕГ, 1999. С. 62–77.
2. Angstenberger L. Dynamic Fuzzy Pattern Recognition with Applications to Finance and Engineering. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.