

МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА РЫНКЕ УСЛУГ СВЯЗИ

Операторам требуется решение следующих аналитических задач [1-5]:

- анализ тарифной политики
- анализ эффективности работы операторов (с учетом особенностей макроэкономического состояния территорий, ресурсов, результатов);
- оценка емкости и прогнозирование развития рынка в целом, оператора, услуги
 - с учетом изменений, происходящих на рынке (выход новых операторов, изменение тарифов);
 - с использованием информации о рынках регионов, находящихся на более поздней стадии развития;
 - с учетом территориального распределения уровня благосостояния населения;
 - в зависимости от соотношения цен на услуги и доходов населения;
 - с учетом влияния цен, качества услуг, эффективности каналов распространения участников рынка;
- построение оптимального управления, обеспечивающего выполнение плана и достижение поставленных целей

1. Мархасин А.Б. Аналитические методы в прогнозировании рынков мобильной связи и антикризисном управлении. – М.: МЦНТИ, 1999. – 35 с.
2. Моделирование бизнес-процессов в электросвязи // Информ Курьер–Связь. 1999. №5. С. 52–53
3. Морозов А.Г. Переход от операционного обеспечения к аналитическим системам - следующий шаг в развитии информационных технологий для операторов связи. Биллинг. Компьютерная телефония. 2002. № 1. С. 50–55.
4. Разроев Э.А. Маркетинг сотовой связи. М.: Мобильные коммуникации, 1999. – 160 с.
5. Резникова Н. П. Маркетинг в телекоммуникациях. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 336 с.

Оценка емкости рынка с учетом изменений на рынке

Модель предполагает, что в результате снижения цен возникают новые сегменты спроса, увеличивающие общую емкость рынка.

$$\begin{cases} z = \sum_{q=1}^Q x_q(t - \tau_q), & q = 1, \dots, Q; \\ \frac{dx_q}{dt} = (\alpha_{q1} + \alpha_{q2} x_q) (X_q - x_q) \end{cases} \quad (1)$$

где z – текущее количество абонентов на рынке;

x_q – текущее количество абонентов на q -м сегменте рынка;

X_q – потенциальная емкость q -го сегмента;

Q – количество слагаемых (сегментов спроса), участвующих в формировании спроса на услуги связи.

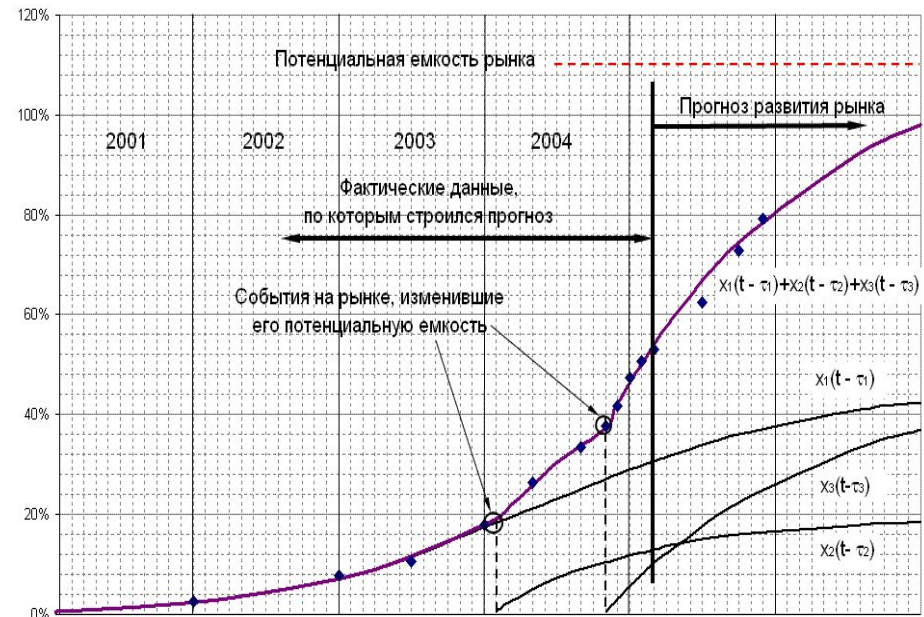


Рис. 1. Развитие регионального рынка (на примере рынка Пермской области)

α_{q1} – интенсивность маркетинговых усилий, направленных на потенциальных абонентов q -го сегмента;

α_{q2} – степень общения покупателей q -го сегмента;

τ_q – момент возникновения нового сегмента спроса.

с использованием классификации

Классификационная модель:

$$z_{k+1} = C(z_k, r_k) \times f(z_k) + \xi_k, \quad k = 1, \dots, T \quad (2)$$

где z_k – процент проникновения услуг связи на рынке региона (доля населения, пользующегося услугами);

r_k – вектор параметров социально-экономического состояния региона;

$f(z_k)$ – средний темп развития региональных рынков в тот момент, когда они находились на данном уровне развития;

$C(z_k, r_k) \in \{0.9, 1.0\}$ – функция, определяющая отклонение темпа развития рынка в регионе от среднего по всем регионам;

– ошибка прогнозирования,

$\xi_k \in \pm 5\%$ – возникающая вследствие действия неучтенных факторов.

Рассматривается развитие совокупности региональных рынков:

- траектории развития всех рынков формируют «коридор» развития спроса;
- текущее состояние рынка каждого региона (z_k) определяет отклонение темпов его развития от средних по «коридору».

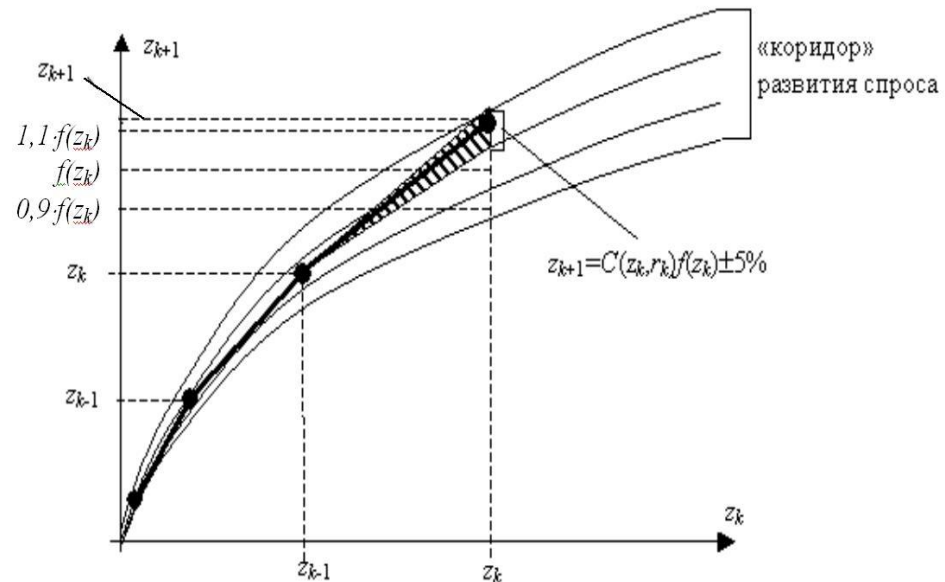


Рис. 2. Построение прогноза в «коридоре» развития спроса

с использованием классификации

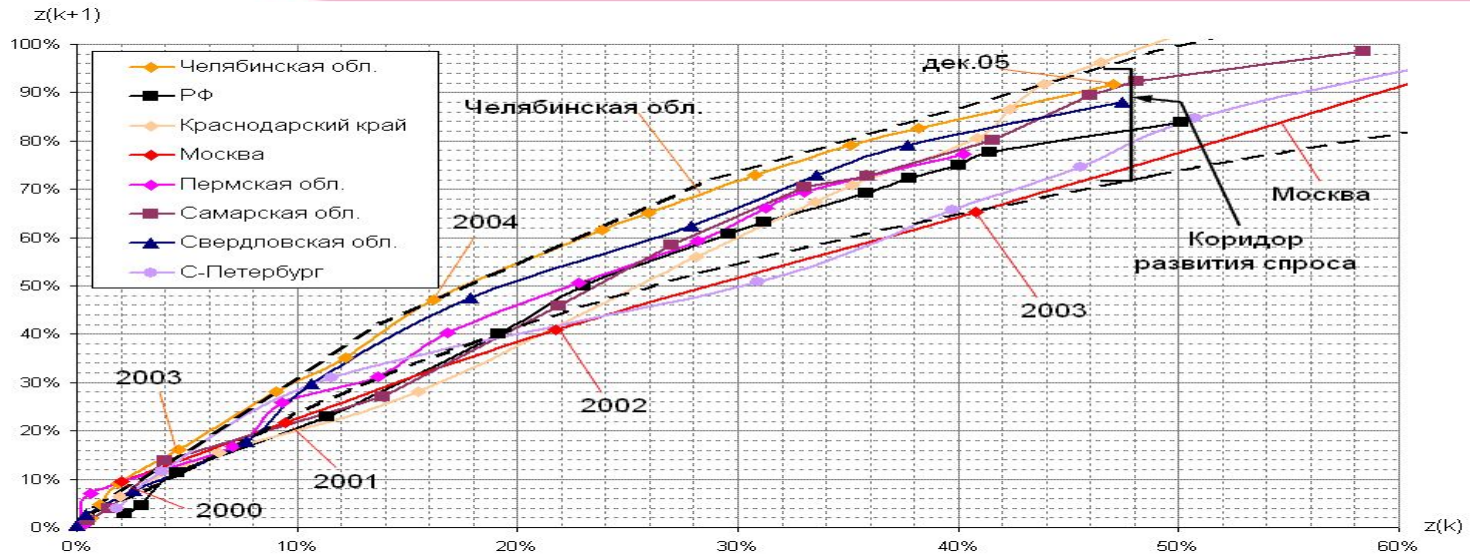


Рис. 3. Траектории развития региональных рынков

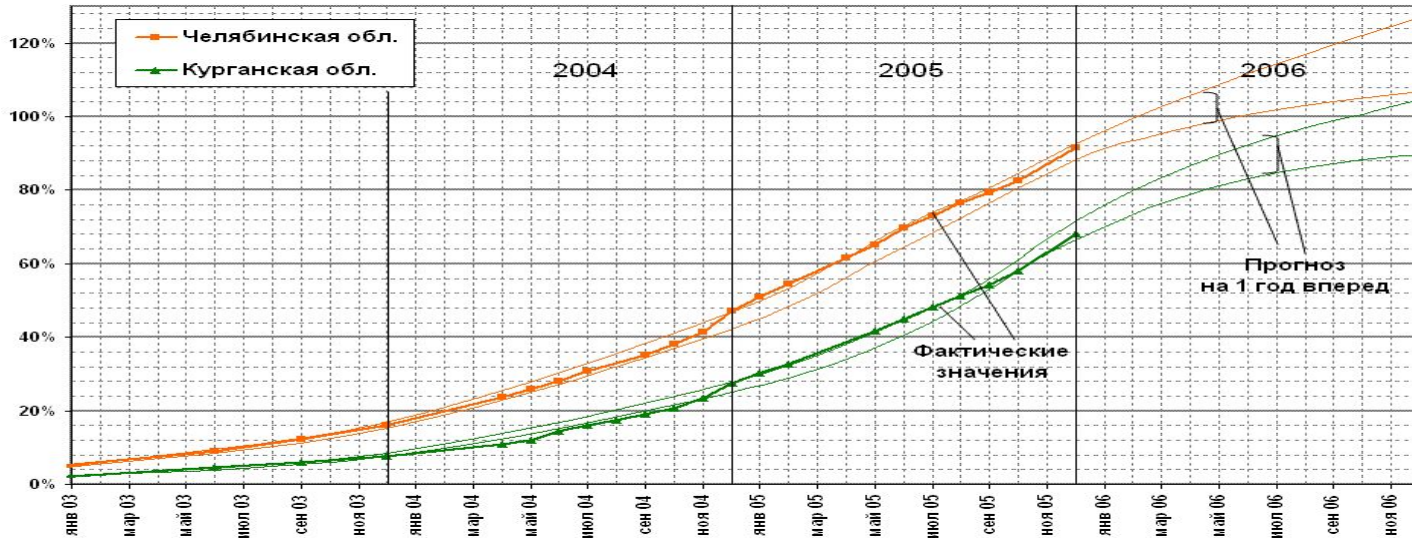


Рис. 4. Точность прогнозирования процента проникновения для Челябинской и Курганской областей

Емкость рынка городов и районов субъекта РФ прогнозируется в зависимости от уровня благосостояния населения и тенденций развития регионального рынка [6-7]

$$z_i(c_i(t), t) = f(c_i(t))y(t) \quad (3)$$

где $z_i(c_i(t), t)$ – функция текущей емкости рынка в -м городе в момент времени ;

$c_i(t)$ – постоянно-постоянная функция, характеризующая уровень благосостояния населения -го города в момент времени ;

$f(c_i(t))$ – функция, характеризующая зависимость емкости городского рынка от уровня благосостояния населения;

$y(t)$ – функция зависимости емкости регионального рынка от времени.

Перечень показателей априорного набора:

$x^{(1)}$ – доля безработных;

$x^{(2)}$ – остатки вкладов физ. лиц;

$x^{(3)}$ – среднемесячная заработная плата;

$x^{(4)}$ – оборот розничной торговли;

$x^{(5)}$ – объем промышленной продукции;

$x^{(6)}$ – объем платных услуг;

$x^{(7)}$ – производство потребит. товаров;

$x^{(8)}$ – наличие квартирных телефонов;

$x^{(9)}$ – число юридических лиц.

Интегральный индикатор уровня благосостояния населения:

$$c = \sum_{j=1}^p w_j \tilde{x}^{(j)}, \quad (4)$$

где $(\tilde{x}^{(1)}, \tilde{x}^{(2)}, \dots, \tilde{x}^{(p)})$ – апостериорный набор частных критериев,

w_j – весовые коэффициенты, удовлетворяющие условиям: $w_j \geq 0, \sum_j w_j = 1.$

с учетом уровня благосостояния населения

Функция зависимости емкости рынка от уровня благосостояния населения города и динамики развития регионального рынка:

$$z_i(c_i(t), t) = \frac{s_1 c_i(t) + s_2}{(1 + \exp(-\alpha(t - \beta)))} \quad (5)$$

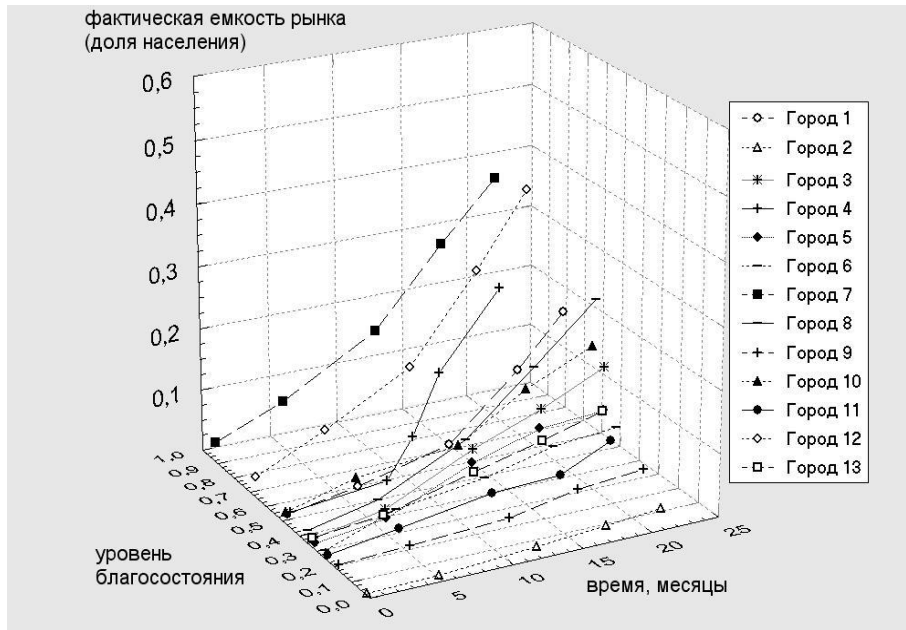


Рис. 5. Зависимость емкости рынка в городах Челябинской области от времени и уровня благосостояния населения

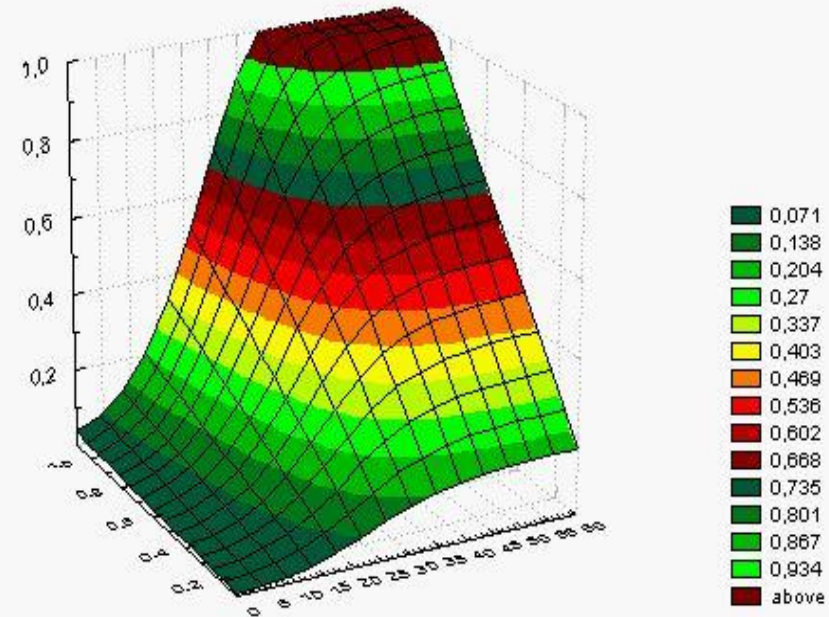


Рис. 6. График зависимости емкости рынка от времени и уровня благосостояния

- Айвазян С.А. К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения // Экономика и математические методы. 2003. – Т.39., №2. – С. 33–53, №3 – С. 19–53.
- Блинов А.Б., Гришин И.В., Ширяев В.И.. Определение емкости рынка в городах и районах субъекта РФ // Стратегическое развитие и планирование предприятий. Секция 2. 2004. – М.: ЦЭМИ РАН. – С. 29-31.

конкурентоспособности тарифных планов

- использование фактической структуры трафика абонентов для различных тарифных планов;
- стоимость междугородних, международных и роуминговых соединений не учитывается.

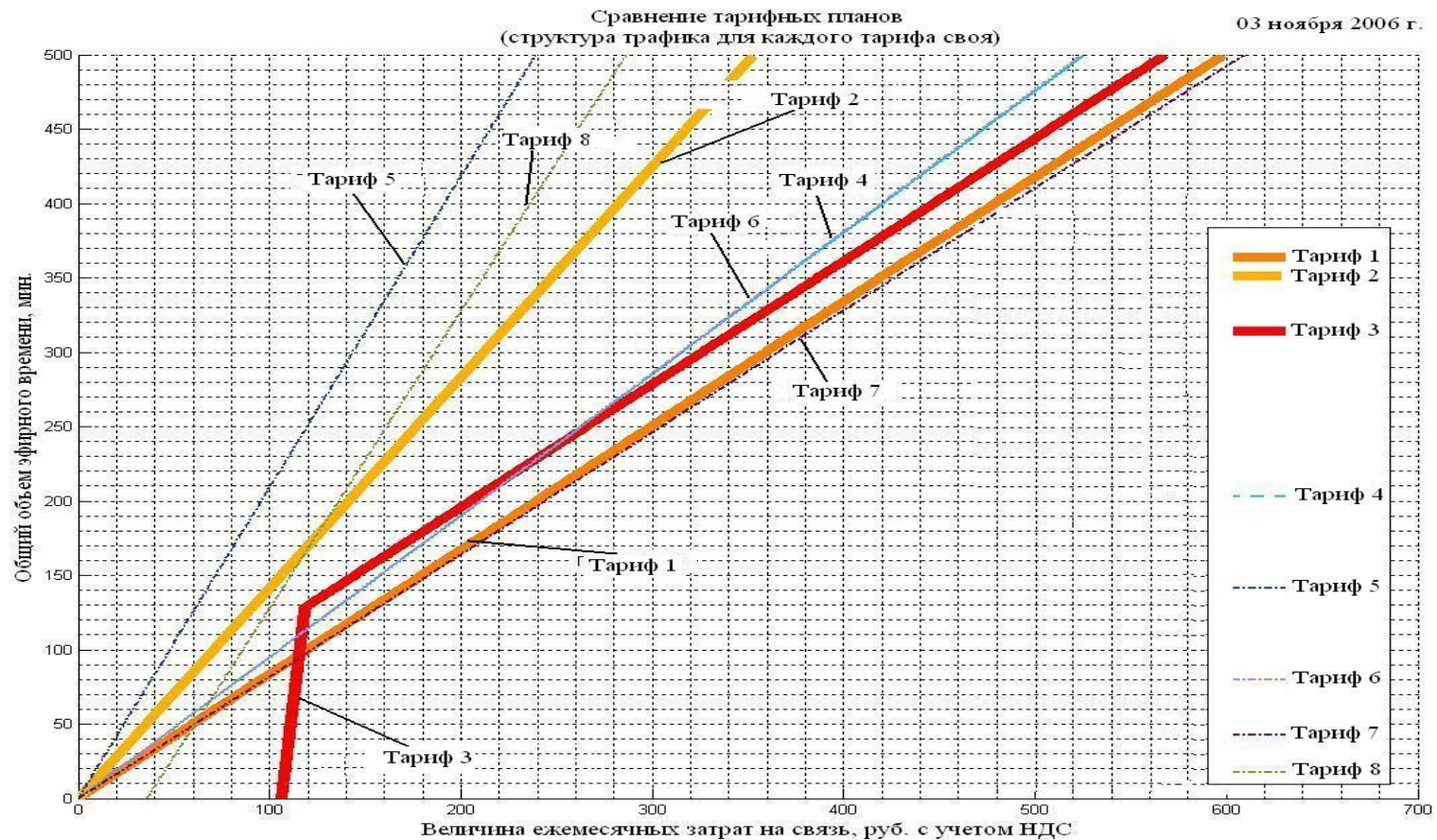


Рис. 7. Анализ ценовой конкурентоспособности предложений Utel на рынке

Модель развития спроса:

$$\frac{dz}{dt} = (\alpha_1 + \alpha_2 z)(Z - z), \quad (6)$$

где Z – потенциальная емкость рынка;
 z – текущее количество пользователей;
 α_1 – интенсивность маркетинговых усилий;
 α_2 – степень общения покупателей.

Дифференциальные уравнения:

$$\chi^2 \frac{d^2 z}{dt^2} + 2\chi\beta \frac{dz}{dt} + z = Z, \quad \beta > 1, \quad (7)$$

где χ, β – постоянные.

Экспоненциальная модель:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Z}{I \cdot t^2} \cdot \exp\left(\frac{-1}{I \cdot t}\right), \quad (8)$$

где I – интенсивность продаж услуг.

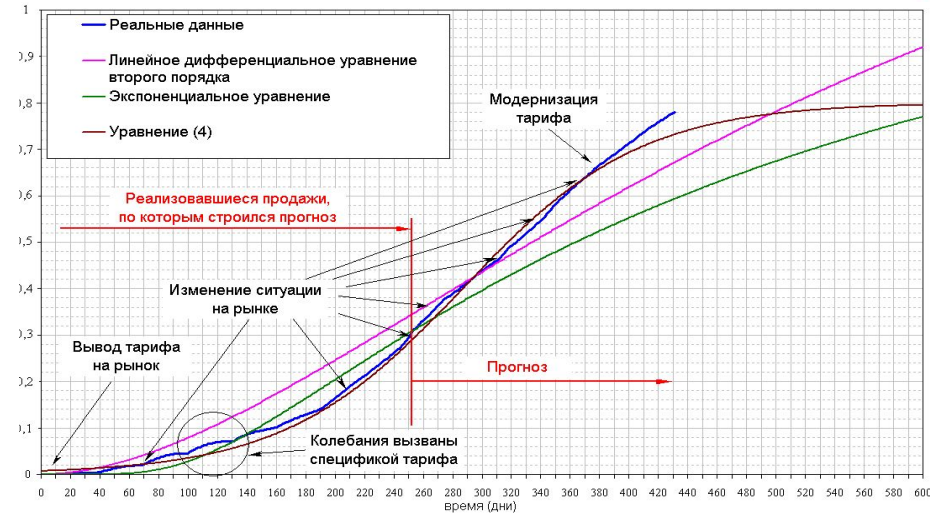


Рис. 8. Число абонентов действующего тарифа

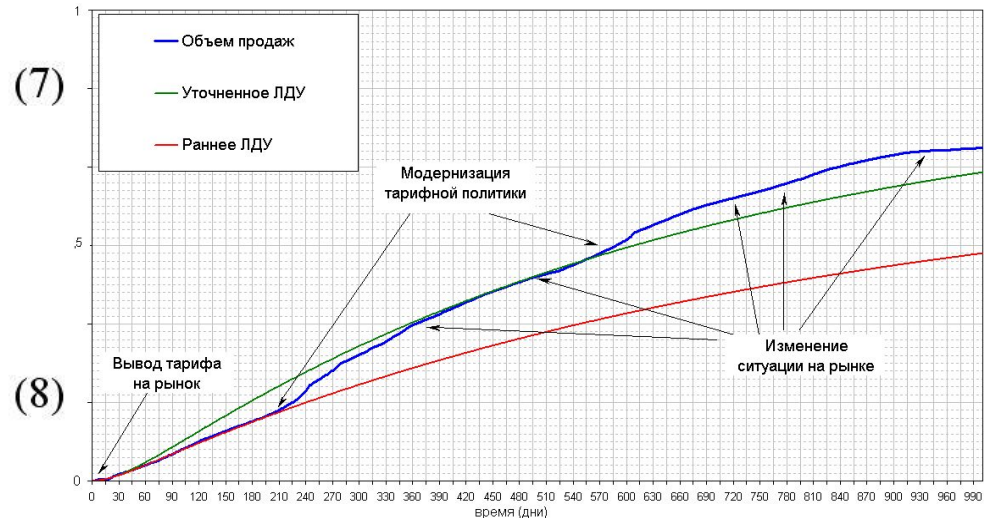


Рис. 9. Число абонентов закрытого на подключение тарифа



Предполагается зависимость скорости роста абонентских баз от соотношения цен, предлагаемых операторами, и уровня доходов потенциальных абонентов.

$$\begin{cases} x_{ik+1} = x_{ik} + \frac{1}{2} a_i \alpha_2 z_{ik} d_{ik} \left(q(x_{6k}) + q\left(\frac{u_{ik}}{\alpha_1}\right) \right) \left(x_{6k} - \frac{u_{ik}}{\alpha_1} \right) + \\ \quad + a_i \alpha_2 z_i d_{ik} \sum_{j=1}^5 x_{jk} \left(\frac{u_{jk} - u_{ik}}{u_{jk}} \right) - ch_{ik}; \\ x_{6k+1} = x_{6k} - \frac{1}{2} \frac{\alpha_2}{q(x_{6k})} \sum_{j=1}^5 a_j d_{jk} \left(q(x_{6k}) + q\left(\frac{u_{jk}}{\alpha_1}\right) \right) \left(x_{6k} - \frac{u_{jk}}{\alpha_1} \right) \\ i = \overline{1,5}; \quad k = 1, 2, \dots, \end{cases} \quad (9)$$

x_{ik} – число абонентов i -го оператора

x_{6k} – максимальный уровень доходов потенциальных клиентов;

u_{ik} – цена услуг i -го оператора;

d_{ik} – число пунктов продаж i -го оператора;

$q(\cdot)$ – функция распределения населения по уровню доходов; α_1 – ненаблюдаемый параметр системы, который характеризует

какую максимальную долю доходов потенциальные абоненты готовы потратить на услуги связи, предполагается линейно растущим;

α_1 – ненаблюдаемый параметр системы, который характеризует максимальную долю доходов, которую потенциальные абоненты готовы потратить на услуги связи;

α_2 – ненаблюдаемый параметр системы, характеризующий среднюю пропускную способность пункта продаж;

a_i – ненаблюдаемые параметры системы, характеризующие неучтенные в управлении неценовые особенности i -го оператора (репутация, качество и т.п.);

z_{ik} – “стимулятор подключений”, отражает нетрадиционные способы увеличения подключений;

ch_{ik} – отключение оператором по собственной инициативе заблокированных абонентов.

При отсутствии статистических данных о доходах потенциальных абонентов их оценки находятся с помощью фильтра Калмана.

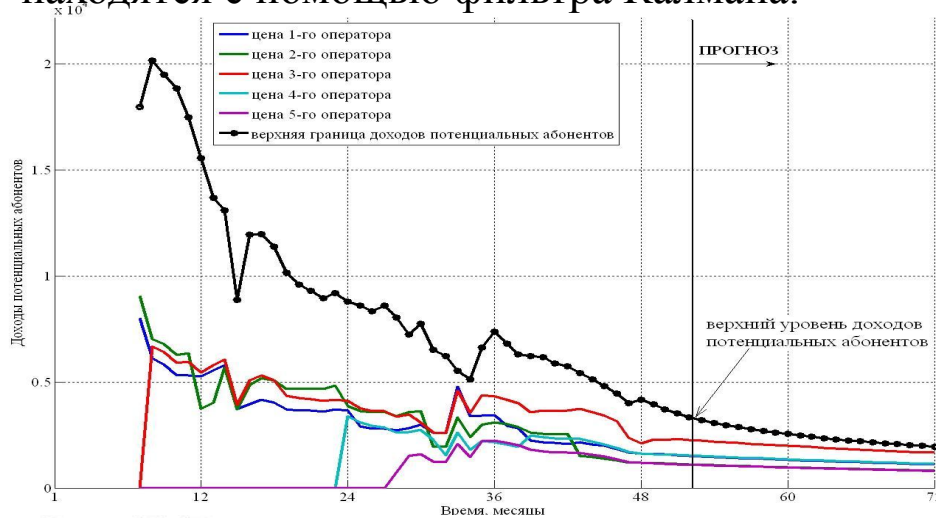


Рис. 11. Верхняя граница доходов потенциальных абонентов x_6 , и приведенные к уровню доходов цены

Оценки на апрель 2006 г:

- верхний уровень доходов потенциальных абонентов (x_6) – 3332 руб./мес.,
- максимальная цена на рынке (3-й оператор) позволяла подключаться с доходами 2263 руб./мес.;
- минимальная (5-й оператор) – 1092 руб./мес.

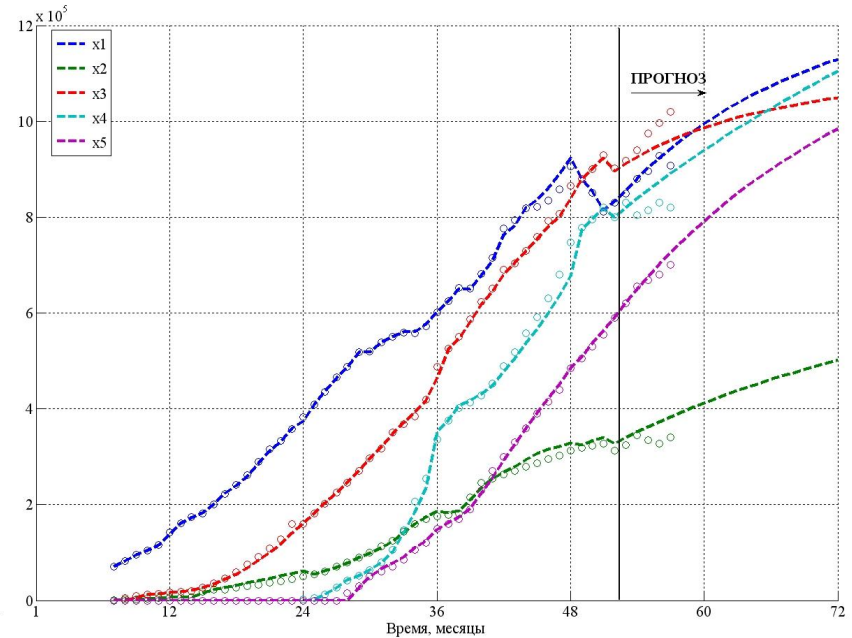


Рис. 10. Результаты фильтрации и прогноз переменных состояния $x_i, i = \overline{1,5}$

Точность прогноза числа абонентов на 5 месяцев:

- при использовании модели (9): x_1 -98,9%, x_2 -92,5%, x_3 -96,5%, x_4 -95,3%, x_5 -98,2%.
- при использовании логистических кривых – 81,7-94,9%

Моделирование конкурентного рынка

Система уравнений:

$$\frac{1}{x_i} \cdot \frac{dx_i}{dt} = \varphi_i(x, u_i, p_i, w_i) \cdot \left(1 - \frac{z}{Z}\right), \quad (10)$$

$$z = \sum_{i=1}^n x_i, \quad i = \overline{1, n},$$

где x_i – число абонентов i -го оператора;
 φ_i – непрерывно-дифференцируемая функция;
 Z – потенциальная емкость рынка;
 p_i – параметры модели;
 u_i – управление фирмой;
 w_i – неопределенности и ошибки измерений.

Параметры модели p_i определяют степень влияния на рынок соответствующих управляющих воздействий.

Для рынка сотовой связи структуру функции φ_i в (10) можно представить

$$\varphi_i(x, u_i, p_i, w_i) = \sum_{j=1}^6 p_{ij} s_{ij} + p_{i7} \frac{x_i}{z} + p_{i8} + p_{i9} w_i, \quad (11)$$

где s_{ij} – управляющие воздействия операторов на рынок.

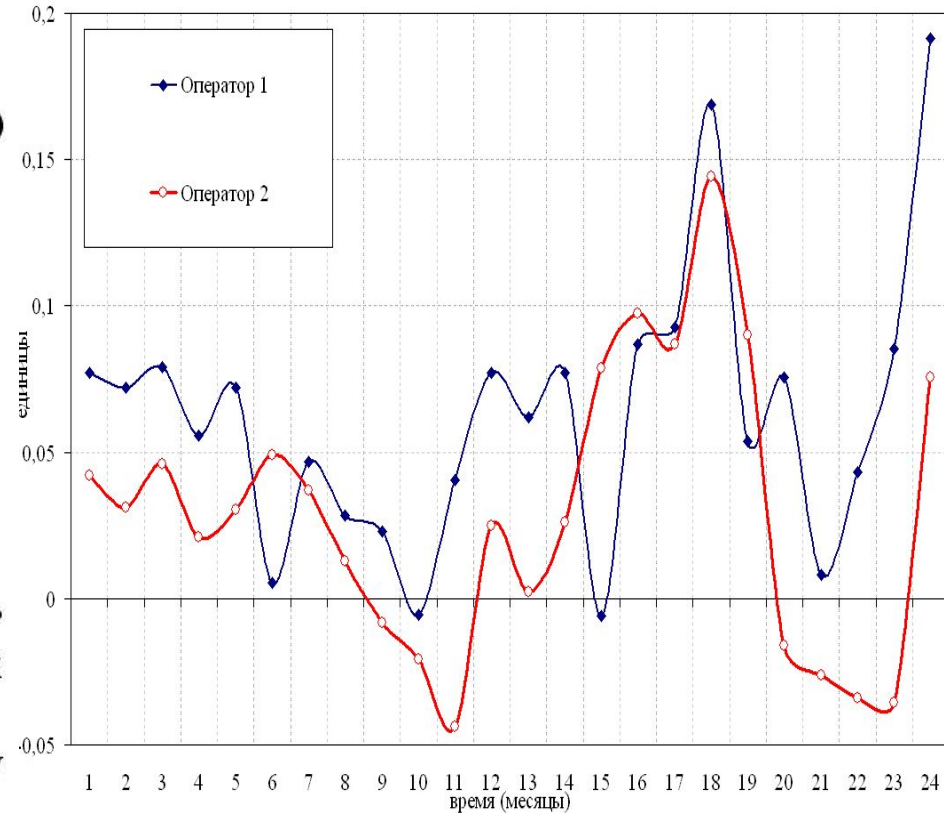


Рис. 12. Изменение φ_i на примере рынка сотовой связи Челябинской области

На рис. 15 приведены результаты моделирования изменения числа абонентов по операторам стандарта GSM Челябинской области за период с апреля по октябрь 2004 г. с использованием модели (11), в которой все коэффициенты p_{ij} стационарны (не менялись со временем). Ошибка аппроксимации по различным участникам рынка составила от 0,6% до 5%.

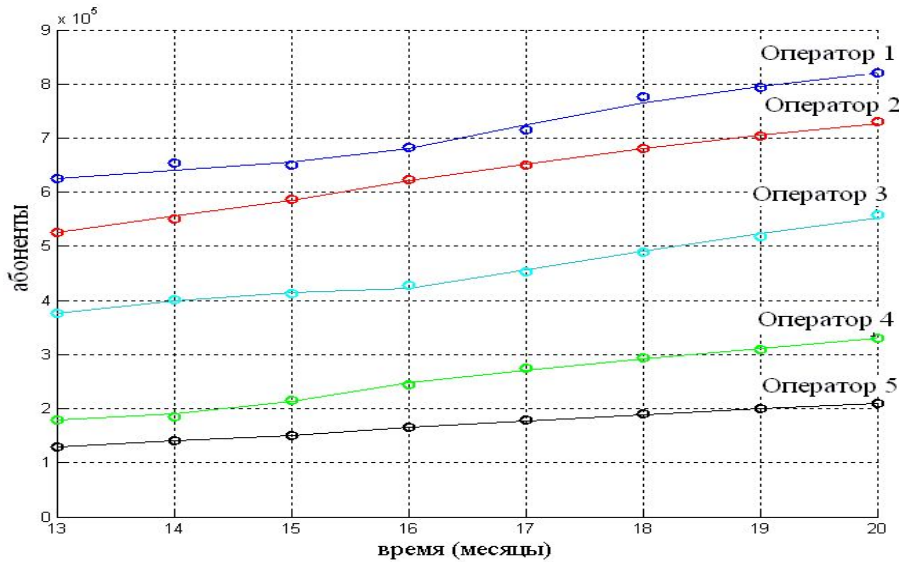


Рис. 13. Аппроксимация фактических данных стационарной моделью (3)

Влияние управляющих воздействий каждого из операторов на рынок с начала 2005 г. стабилизировалось (рис. 14). Абсолютные значения параметров модели у различных операторов близки, что обусловлено одинаковой реакцией потребителей на управляющие воздействия участников рынка.

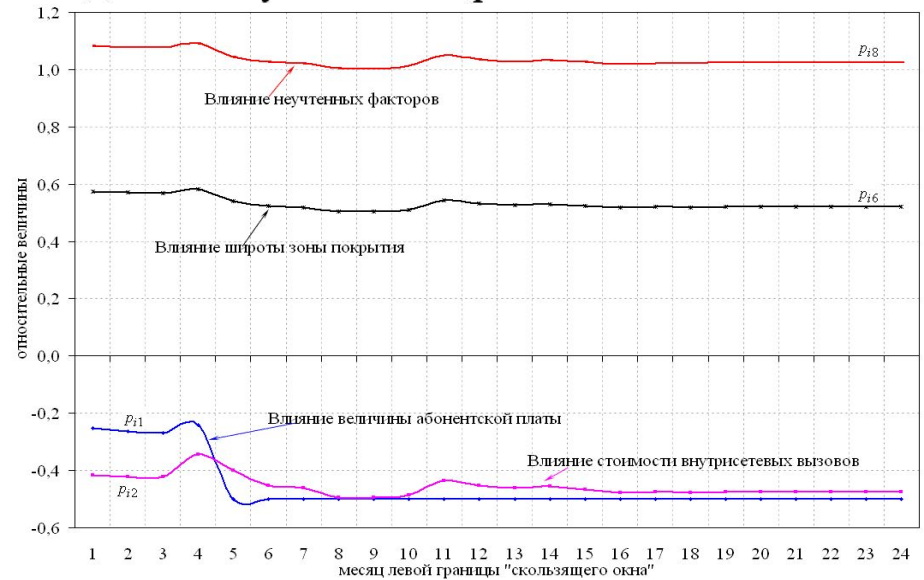


Рис. 14. Изменение значений параметров p_{ij} модели (11) для одного из операторов

Ошибка прогнозирования на 3 месяца составила от 1,7% до 8,2%.

оптимального управления поведением фирмы

Необходимо найти управление в виде закона с обратной связью, которое доставляет минимальное значение линейно-квадратичному функционалу качества:

$$I = \|x_N - M_N\|_S^2 + \sum_{k=0}^{N-1} (\|x_k - M_k\|_Q^2 + \|u_k\|_R^2), \quad (12)$$

где $M_k, k = 0, 1, \dots, N$ – желаемая траектория изменения фазового вектора; $\|\cdot\|^2$ – квадратичная форма, построенная на одной из заданных положительно-определенных матриц S, Q, R .

Для синтеза управления, доставляющего минимум критерию (12) модель системы необходимо привести к линейному виду

$$\begin{cases} x_{k+1} = A_k x_k + B_k u_k + \Gamma_k w_k + c_k, \\ y_{k+1} = x_{k+1} + v_{k+1}, k = 0, 1, \dots, N-1, \end{cases} \quad (13)$$

где A_k и B_k – известные матрицы; c_k – известный вектор; y_{k+1} – вектор измерений состояния системы; v_{k+1} – вектор ошибок измерений, связанных с неточной информацией

о состоянии рынка (числе абонентов участников рынка); w_k – вектор возмущений.

Управление, доставляющее решение задаче, следуя, получено в виде

$$\begin{aligned} u_k^* &= -K_k^1 x_k^* - K_k^2 w_k^* - k_k^3, \\ k &= 0, 1, \dots, N-1, \end{aligned} \quad (14)$$

Реализация алгоритма поиска оптимального управления

Принято допущение, что один оператор представлен обособленно, а остальные совокупно в виде второго участника рынка, т.е. $n = 2, m = 2$.

Модель (10) для рынка сотовой связи с учетом функции (11) имеет вид

$$\frac{1}{x_i} \frac{dx_i}{dt} = \left(\sum_{j=1}^6 p_{ij} u_{ij} + p_{i7} \frac{x_i}{z} + p_{i8} + p_{i9} w_i \right) \cdot \left(1 - \frac{z}{Z} \right), \quad i = \overline{1, 2}. \quad (15)$$

оптимального управления поведением фирмы

Пример.

Для построения оптимального управления в случае наличия неопределенностей в функционировании конкурентного рынка и ошибок в измерении фазового вектора системы заданы следующие априорные размеры множеств неопределенностей:

$$W_k = V_k = 10^3 \cdot \begin{bmatrix} -20; +20 \\ -50; +50 \end{bmatrix}.$$

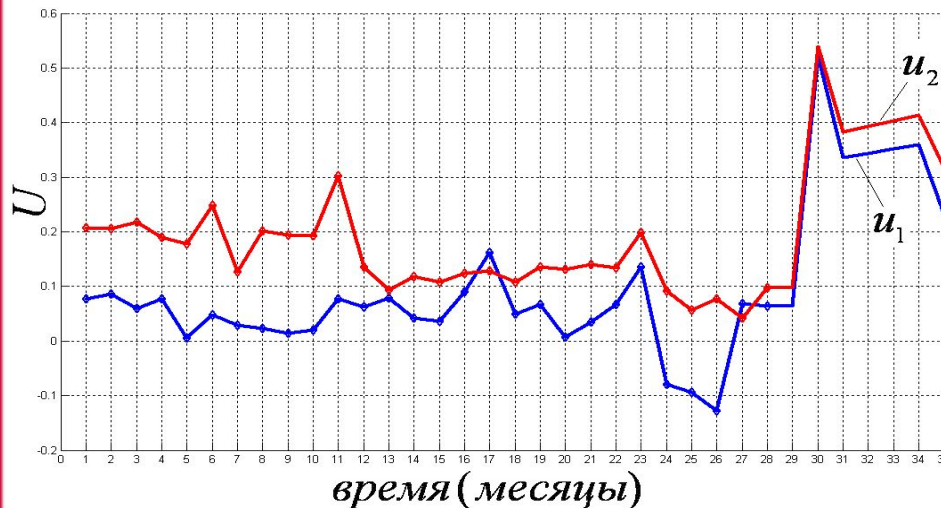


Рис. 15. Управление u_1, u_2 (факт: 1–29 месяц, оптимальное: 30–35 мес.)

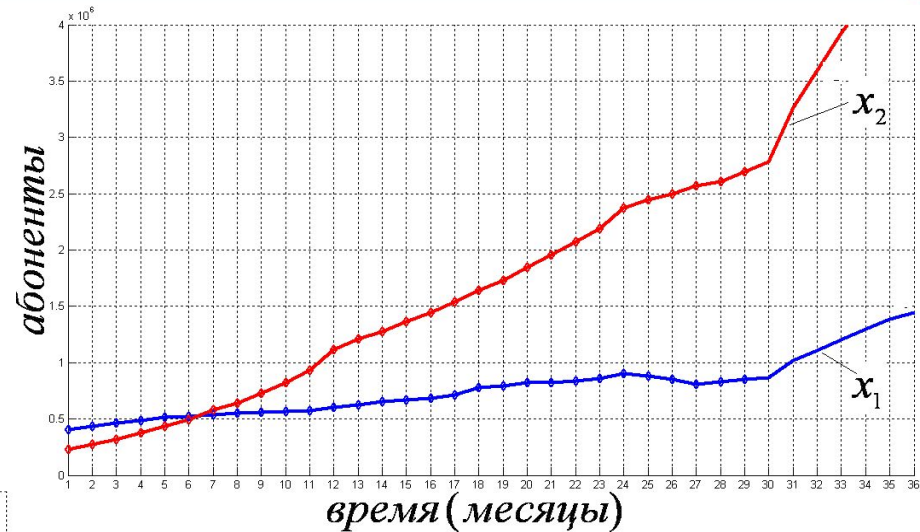


Рис. 16. Абоненты x_1, x_2 (факт: 1–29 месяц, оптимальное: 30–35 месяц)

Аналогичные модели могут применяться для анализа функционирования фирмы и оптимального управления фирмой [8–14].

8. Головин И.Я., Ширяев В.И. Оптимальное управление фирмой при известном изменении спроса на продукцию // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2001. №4. С. 95–101.
9. Панов С.А., Ширяев В.И. Задача об оптимальном управлении торговой операцией // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2002. №4. С.11–24.
10. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика). М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
11. Ширяев В.И., Баев И.А., Ширяев Е.В. Экономико-математическое моделирование управления фирмой: Монография. – М.: КомКнига, 2006. – 224 с.
12. Forrester Jay W. 1999. Industrial Dynamics. Waltham, MA: Pegasus Communication.
13. Golovin I.Ya., Shiryayev V.I. 2001. Optimal Management of a Firm under Known Variation in the Demand for Products. Journal of Computer and System Sciences International 40.
14. Shiryayev V.I., Shiryayev E.V., Golovin I.Ya., Smolin V.V. 2002. Adaptation and Optimal Control of Firm and its State and Parameters Estimation at Change of a Market Situation. Proceedings of The 20th International Conference of The System Dynamics Society.

Задача ранжирования – получить оценки эффективности управления предприятиями, учитывающие разницу в доступных ресурсах и условиях работы.

Трудности, возникающие при сравнении операторов [15-19]:

- Каждый оператор действует в собственных условиях (на территории с определенным уровнем экономического развития, покупательной способностью населения, уровнем конкуренции).
- Операторы могут различаться масштабами своей деятельности и располагать различным объемом ресурсов (финансовых, технических) для своего развития.

Фактический результат – согласно набору и значениям критериев и уровню их значимости

Потенциальный результат – средний фактический результат, полученный при управлении объектами, имевшими близкие ресурсы и условия функционирования

Отклонение фактического результата от потенциального – следствие различной **эффективности** использования доступных ресурсов в сложившихся условиях.

Использование оценок эффективности для поддержки принятия решений

1. Выявление эффективных управленческих решений.
2. Оценка напряженности плановых заданий.
3. Оценка сбалансированности ресурсов предприятия.

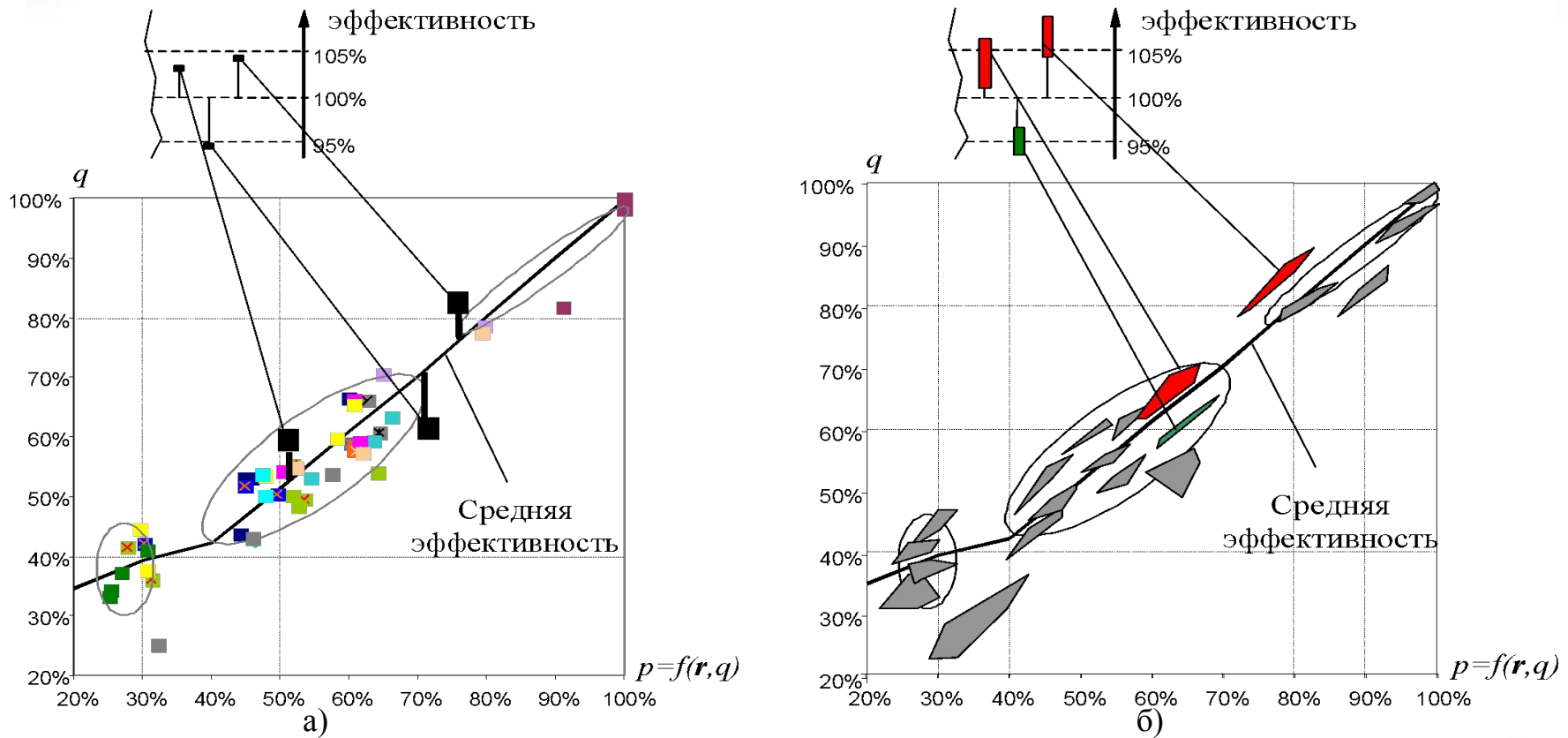


Рис. 17. Позиции предприятий в координатах («потенциальный результат»; «фактический результат») а) при фиксированной значимости критериев; б) при интервальных оценках значимости.

15. Карминский А.М., Пересецкий А.А., Петров А.Е. Рейтинги в экономике. М.: Финансы и статистика, 2005. 240 с.
16. Крамин Т.В. К оценке потенциала и структуры спроса на услуги сотовой связи в регионах России //Проблемы современной экономики. 2004. № 1-2. С. 152–155.
17. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2005. 176 с.
18. Тишаква И.А. Спрос-предложение на рынке услуг связи. Выбор стратегии региональными операторами //Информ-курьер связь.2005.№1–2.
19. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность: Россия и мир. 1992–2015. М.: Экономика. 2005. 606 с.

Рейтинг региональных отделений операторов сотовой связи, действующих в ряде регионов РФ

50 региональных отделений, 13 регионов, 7 параметров, описывающих макроэкономическое состояние региона и текущее состояние операторов (размер абон. базы, доля рынка, средняя цена минуты, MOU, радиопокрытие территории, кол-во точек продаж)

Критерии оценки результатов:

- средний уровень доходности абонента (ARPU) (значимость 1030%);
- доля оператора в приросте абонентской базы региона (значимость 1030%);
- выручка (значимость 4080%).

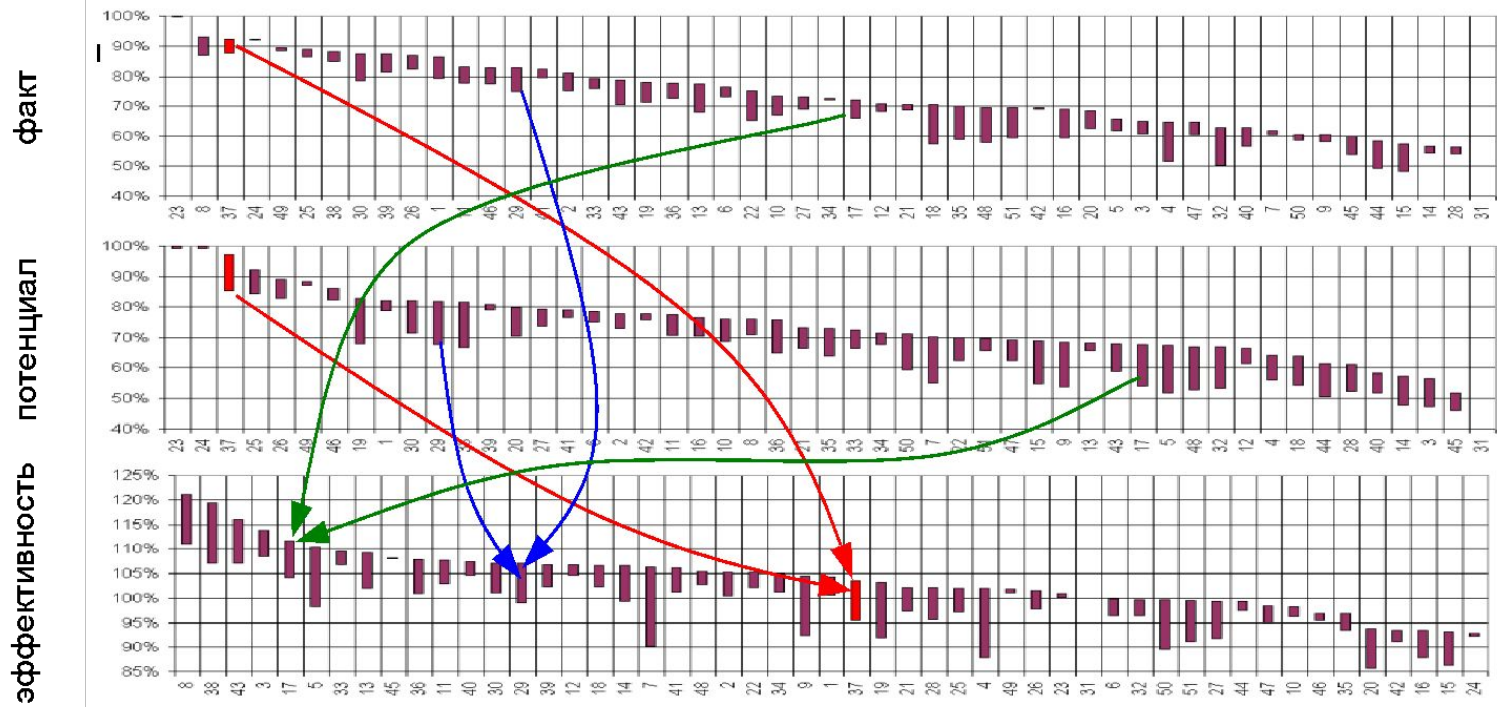


Рис.18. Рейтинги операторов по фактическому результату, потенциалу и эффективности



Предложенные модели позволяют оператору:

- оценивать и прогнозировать емкость рынка используя данные о динамике продаж, развитии других рынков, уровне благосостояния населения и распределении доходов;
- моделировать конкурентный рынок с учетом цен, развития сети, каналов распространения услуг, рекламы;
- находить оптимальное управление для выполнения плановых заданий.

Возможность совместного использования нескольких моделей повышает точность и надежность прогнозирования. Реализация описанных моделей расширит возможности применения аналитических систем к задачам, решаемым операторами. Это повысит привлекательность аналитических систем для существующих и потенциальных клиентов, увеличит их ценность и может стать уникальным конкурентным преимуществом на рынке.

Ширяев Владимир Иванович,
д.т.н., проф.,

начальник аналитической группы Челябинского отделения
Межрегионального филиала сотовой связи ОАО «Уралсвязьинформ»,
зав. кафедрой прикладной математики Южно-Уральского государственного университета

e-mail: vis@suct.ru

тел.: +7(351)261-17-08, +7(351)267-90-74

1. 2003. Identification of carrying capacity of the market and synthesis of a cellular communication company price strategy. System Dynamic Society. Proceedings of the 21st International Conference: 39-40. New York, USA. <http://www.systemdynamics.org/conf2003/proceed/proceed.pdf>.
2. 2004. Modeling the mobile service market of the region and a control problems solution. Proceedings of the 22nd International Conference: 44. Oxford, England. <http://www.systemdynamics.org/conf2004/indexpapers.htm>.
3. Модели прогнозирования развития региональных рынков сотовой связи стандарта GSM // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. №5. С. 3–16.
4. О возможностях аналитических систем для решения задач оценки емкости, прогнозирования и моделирования развития рынка сотовой связи // Аналитические системы CBOSS 2005: опыт использования и новые возможности. М.: CBOSS, 2005. С. 65–66.
5. О прогнозировании развития региональных рынков сотовой связи // Мобильные системы. 2006. №2. С. 5–10.
6. Оценка результатов и эффективности работы предприятий на региональных рынках (на примере операторов сотовой связи) // Менеджмент в России и за рубежом. 2006. №5. С. 22-31.
7. Модели развития сотового рынка // Информ Курьер–Связь. 2006. №4. С. 79–81. www.miks.ru/magazine/magazine_look.php?id=985
8. О прогнозировании развития региональных рынков с использованием методов распознавания образов (на примере рынка сотовой связи) // Финансы и бизнес. 2006. №3. С. 97-105.
9. Прогнозирование развития рынков инновационных товаров по городам региона (на примере сотовой связи) // Финансы и бизнес. 2006. №2. С.142-147.
10. 2006. Applying models to forecast mobile service market development. Proceedings of the 24th International Conference: 81-82. Nijmegen, Netherlands. <http://www.systemdynamics.org/conferences/2006/proceed/proceed.pdf>