

Карбаев Данила Сергеевич

**Модели сценарного прогнозирования
макроэкономических показателей региона в условиях
малой выборки (на примере Самарской области)**

Специальность: 08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный областной университет (Наяновой)»

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор Кораблин Михаил Александрович

Официальные оппоненты – доктор экономических наук,
профессор Агафонова Валентина Васильевна

кандидат экономических наук
доцент Хасаншин Ильдар Анварович

Ведущая организация – Автономное муниципальное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарская академия государственного и
муниципального управления» (г. Самара)

Защита состоится 9 апреля 2010 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.215.01, созданном при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева», по адресу: 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева».

Автореферат разослан 4 марта 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета:
доктор экономических наук, доцент

Сорокина М.Г.

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования

Внедрение Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД) на региональном уровне позволило сформировать систему макроэкономических показателей, сопоставимую с зарубежными аналогами и адекватно отражающую реалии рыночных отношений. При этом переход к новому классификатору обусловил ряд проблем в моделировании региональной макроэкономики. Основной из этих проблем является ограниченность исходных данных в структуре ОКВЭД. Малый объем ретроспективной информации не позволяет применять классические методы прогнозирования временных рядов, так как в новых условиях они обладают невысокой точностью и достоверностью прогноза. Таким образом, возникает потребность в разработке новых методов прогнозирования, способных улучшить качество прогнозов и достоверно определить количественную оценку текущей структуры макроэкономических показателей.

В современной литературе проблемам прогнозирования макроэкономических показателей уделяется значительное внимание. В отечественной литературе проблемы макроэкономического моделирования рассматривались в трудах А. Гранберга, Л. Канторовича, В. Макарова, Ю. Яременко. Прикладные аспекты прогнозирования представлены в работах Д. Андрианова, А. Белоусова, Е. Гавриленкова, Е. Гурвича, О. Замкова и др. Вопросам сценарного когнитивного прогнозирования развития региональной макроэкономики посвящены работы А. Кулинича, М. Узякова. Среди зарубежных работ по прикладным вопросам прогнозирования в экономике представлены исследования Дж. Бокса и Г. Дженкинса, Ф. Робертса, Х. Таха, Дж. Ханка и др. В приведенных работах рассматриваются вопросы макроэкономического прогнозирования, в том числе и на региональном уровне, при этом вводятся требования на достаточность объема исходных данных. В частности, в работах Дж. Стока и М. Ватсона приводятся ограничения, определяющие достоверность расчетных моделей для малых выборок. Вместе с тем в отмеченных работах не рассматриваются вопросы прогнозирования макроэкономических показателей региона в условиях использования нового классификатора, не учитываются возможные направления приоритетного развития (сценарные планы) и не анализируются «скрытые» связи между макроэкономическими показателями и другими факторами (социальными, производственными и т.п.), которые могут оказать значительное влияние на прогноз развития экономической деятельности. Основной проблемой при этом является разработка моделей сценарного прогнозирования макроэкономических показателей региона в условиях малой выборки с учетом когнитивных взаимовлияний факторов.

Все вышесказанное обуславливает актуальность выбранной темы.

Цель работы и задачи исследования

Целью диссертационной работы является повышение эффективности принятия решений органами регионального управления за счет разработки и внедрения экономико-математических моделей и инструментальных средств прогнозирования макроэкономических показателей.

В соответствии с целью исследования были определены следующие задачи:

- Осуществить анализ и оценку существующих методов прогнозирования макроэкономических показателей на региональном уровне.

- Разработка когнитивной карты, устанавливающей взаимосвязи показателей в отраслевой структуре валового регионального продукта.
- Разработка алгоритма прогнозирования макроэкономических тенденций в условиях малой выборки.
- Сформулировать задачи и сформировать совокупность моделей сценарного прогнозирования отраслевой структуры макроэкономических показателей в условиях использования классификатора ОКВЭД при малых выборках статистического материала.
- Разработка программно-инструментальной среды для решения задач сценарного прогнозирования.
- Апробировать полученные результаты на практических примерах решения задач прогнозирования динамики региональных макроэкономических показателей.

Объект исследования: процессы прогнозирования показателей развития региональной макроэкономики.

Предмет исследования: модели, алгоритмы и инструменты прогнозирования макроэкономических показателей в условиях малой выборки.

Область исследования

1.8 – Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития.

2.1 – Развитие теории, методологии и практики компьютерного эксперимента в социально-экономических исследованиях и задачах управления.

Основные методы исследования

Разработка алгоритмов, методов и средств макроэкономического прогнозирования базируется на использовании следующих классов математических моделей: регрессионно-когнитивные графы; авторегрессионные модели; модели множественной регрессии; методы сценарного моделирования, основанные на математическом программировании с использованием среды электронных таблиц для экономических расчетов.

Научная новизна заключается в следующем:

- Разработаны регрессионно-когнитивные модели, которые позволяют установить взаимосвязи между показателями макроэкономической деятельности региона.
- Предложен алгоритм, обеспечивающий повышение эффективности решения задач прогнозирования в условиях малой выборки.
- Сформирована совокупность моделей, реализованная в виде программно-инструментальной среды, позволяющей осуществлять сценарное прогнозирование отраслевой структуры макроэкономических показателей для повышения эффективности принятия решений органами регионального управления при ограниченной ретроспективной информации.

Практическая значимость результатов исследования

Разработанные модели, методы и алгоритмы позволяют решать практические задачи прогнозирования структуры макроэкономических показателей в заданной классификации при ограниченной ретроспективной выборке.

Положения диссертации приняты к внедрению в Министерстве экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области. Основные положения и результаты работы нашли применение при выполнении научно-исследовательских работ Института проблем управления сложными системами РАН и используются в учебном процессе ГОУ ВПО «Самарский государственный областной университет (Наяновой)» при преподавании дисциплины «Интеллектуальные системы».

Новизна программных разработок подтверждена свидетельством Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009611746 «ЕПрогноз» от 01.04.2009.

Апробация результатов исследования

Результаты исследования докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах:

- Маркетинговые и социологические исследования: технология использования компьютерных программных средств: Международная научно-практическая конференция, г. Пенза, 2006.
- Проблемы управления экономикой в трансформируемом обществе: III Всероссийская научно-практическая конференция, г. Пенза, 2006.
- Наука. Творчество: III Международная научная конференция, г. Самара, 2007.
- Проблемы управления и моделирования в сложных системах: IX международная конференция, г. Самара, 2007.
- Наука. Творчество: IV Международная научная конференция, г. Самара, 2008.
- Проблемы управления и моделирования в сложных системах: X международная конференция, г. Самара, 2008.
- 28th International Symposium on Forecasting (ISF2008): Nice, France, 2008.
- 29th International Symposium on Forecasting (ISF2009): Hong Kong, 2009.

Публикации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 10 научных работах (из них 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК России) общим объемом 3 п.л.

Объем и структура работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации – 174 страницы машинописного текста. В работе содержится 36 рисунков, 21 таблица. Библиографический список содержит 110 наименований литературных источников, в том числе 104 отечественных, 6 зарубежных.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определена степень научной проработанности проблемы, выделены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость работы, приведены сведения о реализации полученных результатов.

В первой главе «Анализ проблем прогнозирования региональной макроэкономики» рассмотрены макроэкономические аспекты прогнозирования регионального развития.

Основой для построения макроэкономических моделей на региональном уровне является система национальных счетов (СНС). Ключевым показателем здесь выступает валовой региональный продукт (ВРП), который характеризует социально-экономическое развитие региона. В основе статистики макроэкономических показателей региона лежат модели СНС, представление которых на агрегированном уровне приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Основные региональные счета

<i>Использование</i>	<i>Ресурсы</i>
Счет производства	
2. Промежуточное потребление (ПП) 3. Валовой региональный продукт (Валовая добавленная стоимость – ВДС)	1. Выпуск товаров и услуг (валовой выпуск – ВВ)
Счет образования доходов	
2. Оплата труда (ОТ) 3. Другие налоги на производство (НПр_др) 4. Валовая прибыль экономики (ВПЭ)	1. Валовой региональный продукт (ВРП)
Счет использования доходов	
2. Расходы на конечное потребление (РКП) 3. Валовое накопление основного капитала (ВНок)	1. Валовой региональный располагаемый доход

Переход от Общероссийского классификатора отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) к Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД) меняет систему показателей социально-экономического развития региона, что требует разработки новых моделей и структур СНС, причем в первую очередь моделей прогностических, способных предсказать экономическое развитие региона. Существенным ограничением при этом является малый объем ретроспективной информации. Показано, что прогнозирование по малой выборке целесообразно проводить и в отраслевом разрезе, поскольку статистика ОКОНХ позволяет провести оценку моделей в сравнении с реальными данными.

Во второй главе «Разработка регрессионно-когнитивных моделей прогнозирования макроэкономических тенденций» проведен анализ экономико-математических методов прогнозирования макроэкономических показателей. Разработаны регрессионно-когнитивные модели прогнозирования макроэкономических тенденций, разработаны алгоритмы, позволяющие проводить прогнозы в условиях ограниченной выборки исходных данных.

На основе анализа динамики и структуры ВРП, выявления его связей с другими показателями, сформулирована задача прогнозирования развития региона в соответствии с региональными аспектами системы национальных счетов. Для этого был использован когнитивный подход, который основан на формализации представлений эксперта о проблемной ситуации (А. Кулинич, Ф. Робертс, Дж. Хейс). Для определения когнитивных связей между показателями макроэкономической системы предложено применить аппарат регрессионного анализа (Дж. Бокс, М. Ватсон, Г. Дженкинс, Дж. Сток): множественной регрессии, авторегрессии и обобщения их на многомерный случай.

Любой аспект деятельности экономического субъекта от предприятия до региона характеризуется индивидуальной совокупностью взаимосвязанных факторов, при этом интегральные макроэкономические показатели должны строиться с учетом всех межфакторных взаимосвязей. В связи с этим, концепция когнитивных орграфов представляется наиболее адекватной для формализации задач прогноза систем макроэкономических показателей, а также формирования и оптимизации структуры таких показателей. Прогнозирование тенденций развития макроэкономических показателей на основе методологии когнитивного моделирования включает: методологию структуризации прогноза; методы анализа прогноза, модель представления знаний эксперта в виде знакового орграфа – когнитивной карты (F, W) , где F – множество макроэкономических показателей, W – множество причинно-следственных отношений между показателями.

В региональной модели вершинами графа являются макроэкономические показатели. Дуги представляют аддитивные отношения с весовыми коэффициентами. Каждый коэффициент определяет вклад соответствующего показателя в общую сумму (рассчитываемый показатель). Основанием для построения когнитивной карты в этом случае служит предположение о том, что рассматриваемые исходные показатели взаимосвязаны между собой. При этом характер таких связей зачастую неизвестен и может реализовываться в графе через множество вершин-посредников, выявление которых в общем случае нетривиально.

Для формирования когнитивного графа проведена реконструкция взаимосвязей между макроэкономическими показателями. В качестве инструмента решения таких задач использован аппарат множественной линейной регрессии, который позволяет получить единую формулу для предсказаний одного показателя Y (временного ряда) по значениям других показателей X_1, \dots, X_k :

$$y_t = a_0 + a_1x_{t1} + a_2x_{t2} + \dots + a_kx_{tk} + \varepsilon_t, \quad t=1, \dots, n; \quad (1)$$

где x_{ti} – значения регрессора X_i в наблюдении t , $i=1, \dots, k$;

a_0, \dots, a_k – коэффициенты множественной регрессии (параметры регрессии);

ε_t – случайные члены, характеризующие влияние случайных ошибок.

Параметры a_0, \dots, a_k находятся путем выбора для прогнозных значений \hat{Y} вектора оценок β , минимизирующего сумму квадратов остатков (отклонений отдельных значений от предсказанных по регрессии):

$$e = Y - \hat{Y} = Y - X\beta, \quad ESS = \sum \varepsilon_t^2 \rightarrow \min. \quad (2)$$

Следует отметить, что предложенная модель является статической, т.е. значения x_{t1}, \dots, x_{tk} влияют на y_t только в момент времени t . Однако для прогнозирования данных, получаемых последовательно во времени, важно установить динамические зависимости. Одной из общих моделей прогнозирования динамических рядов является модель авторегрессии (порядка p). Согласно данной модели, каждое наблюдение есть сумма случайной компоненты ε и линейной комбинации предыдущих наблюдений:

$$y_t = a_0 + a_1y_{t-1} + a_2y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon. \quad (3)$$

Обобщением моделей (1) и (3) на многомерный случай является векторная авторегрессия. Для каждого набора показателей с разбиением на k отраслей (видов экономической деятельности) задается вектор Y_t из временных рядов: $y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}$. Для модели векторной авторегрессии порядка p связь между этими рядами примет вид:

$$Y_t = \alpha + A_1Y_{t-1} + A_2Y_{t-2} + \dots + A_pY_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (4)$$

где $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k)^T$ – вектор констант;

$\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \dots, \varepsilon_{kt})^T$ случайный вектор, компоненты которого не коррелированы по времени и не коррелированы со значениями переменных $y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt}$

$A_q = (a_{1q}, a_{2q}, \dots, a_{kq})^T$ – вектор коэффициентов, $q = 1, \dots, p$.

Основной целью регрессионного анализа является установление причинно-следственных связей между рассматриваемыми показателями, что позволяет сформировать адекватную когнитивную карту ситуации. В связи с этим, для каждой регрессионной модели проводится проверка адекватности, оценка статистической значимости коэффициентов и исключение незначимых показателей. Коэффициенты регрессии определяют вклады каждой независимой переменной в предсказание зависимой переменной. Показателем качества (достоверности) модели в данном случае выступает коэффициент детерминации, который определяется следующим образом:

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} = \frac{ESS}{TSS}. \quad (5)$$

Здесь вариация $TSS = \|y - \bar{y}\|^2 = \sum (y_t - \bar{y})^2$ разбивается на две части: объясненную регрессионным уравнением ($ESS = \|\hat{y} - \bar{y}\|^2$, где \bar{y} – среднее значение временного ряда) и необъясненную ($RSS = \|y - \hat{y}\|^2$), т.е. связанную с ошибками ε :

$$\|y - \bar{y}\|^2 = \|\hat{y} - \bar{y}\|^2 + \|y - \hat{y}\|^2, \text{ или } TSS = ESS + RSS. \quad (6)$$

В процессе расчета коэффициента детерминации устанавливаются доверительные интервалы для прогнозируемых значений:

$$\hat{y} - 2SE \leq y \leq \hat{y} + 2SE. \quad (7)$$

где $SE = \sqrt{\frac{ESS}{n-k}}$ – среднеквадратичная ошибка модели.

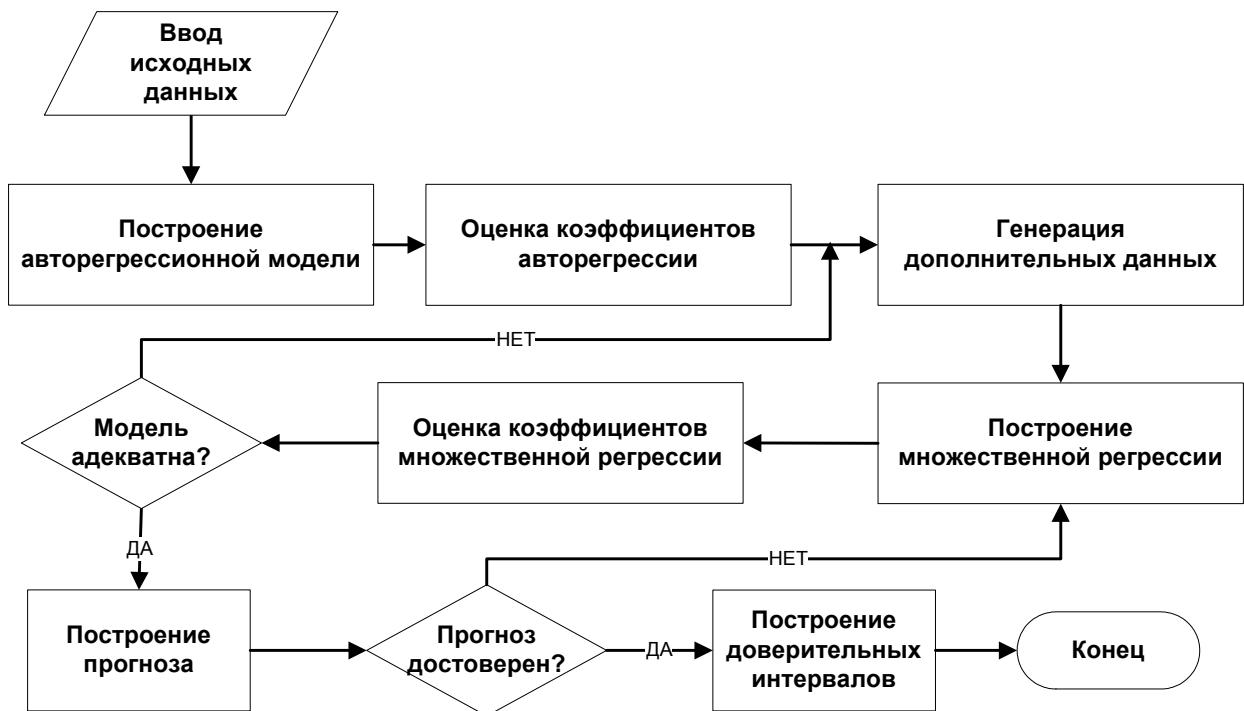


Рис. 1 – Алгоритм прогнозирования макроэкономических тенденций

По имеющимся статистическим данным регрессионные модели позволяют установить эмпирические закономерности, на основе которых осуществляется

прогнозирование. Однако на практике такой подход представляется весьма ограниченным, так как в связи с бедной статистикой макроэкономических показателей база исходных данных весьма ограничена. Поэтому для устранения данного недостатка в диссертации разработан алгоритм (рис. 1), основанный на использовании хронологической авторегрессионной модели (3). На основе этой модели для каждого из базовых показателей генерируются дополнительные данные, которые используются для построения модели множественной регрессии.

Авторегрессия строится как функция $x_t = f(x_{t-1}, \dots, x_{t-p})$. После оптимизации, определения достоверности и исключения незначимых коэффициентов, модель авторегрессии представляется в виде:

$$a_1 = \frac{x_t = a_1 x_{t-1} + a_0, \sum (x_{t-1} - \bar{x}_{t-1})(x_t - \bar{x}_t)}{\sum (x_{t-1} - \bar{x}_{t-1})^2}, \quad (8)$$

$$a_0 = \bar{x}_t - a_1 \bar{x}_{t-1},$$

где a_1, a_0 – коэффициенты регрессии, t – время, x_t – прогнозируемое значение показателя x в момент времени t , x_{t-1} – исходное значение показателя x в момент времени $(t-1)$, \bar{x}_t и \bar{x}_{t-1} – выборочные средние значения для моментов времени t и $(t-1)$ соответственно.

На каждом шаге алгоритма формируется корректирующая модель множественной регрессии. Если она недостаточно точно описывает поведение целевого показателя, то генерируется дополнительный набор данных с использованием модели авторегрессии. Процесс продолжается до тех пор, пока не достигается приемлемое решение. После этого проводится оптимизация модели путем исключения незначимых коэффициентов. В результате формируется модель, описывающая поведение показателей с заданной степенью точности.

Модель множественной регрессии строится на расширенной базе данных, полученной за счет применения вспомогательной авторегрессионной модели. Для выбранных отраслевых показателей y_1, \dots, y_k модель (4) представляется в виде системы линейных уравнений:

$$\begin{cases} y_{1t} = a_{11}y_{1t-1} + a_{12}y_{2t-1} + \dots + a_{1k}y_{kt-1} + \alpha_1 + \varepsilon_{1t}, \\ \dots \\ y_{kt} = a_{k1}y_{1t-1} + a_{k2}y_{2t-1} + \dots + a_{kk}y_{kt-1} + \alpha_k + \varepsilon_{kt}, \end{cases} \quad (9)$$

где $a_{11}, \dots, a_{kk}, \alpha_1, \dots, \alpha_k$ – параметры регрессии; $\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{kt}$ – остатки.

Данная модель задает когнитивную карту ситуации, пример которой представлен на рисунке 2 для отраслевой структуры показателей ВВ и ПП (на дугах обозначены значимые коэффициенты). Таким образом, на основе исторических данных рассчитаны доверительные интервалы в перспективе для каждого года и определены основные тенденции данных показателей.

Доверительные интервалы задают диапазоны возможного изменения значений показателя. С течением времени точность прогноза ухудшается, поэтому имеет смысл говорить о постановке задачи прогнозирования на 3-5 лет. В работе показано, что такая среднесрочная перспектива характеризуется наиболее высокой достоверностью прогноза.

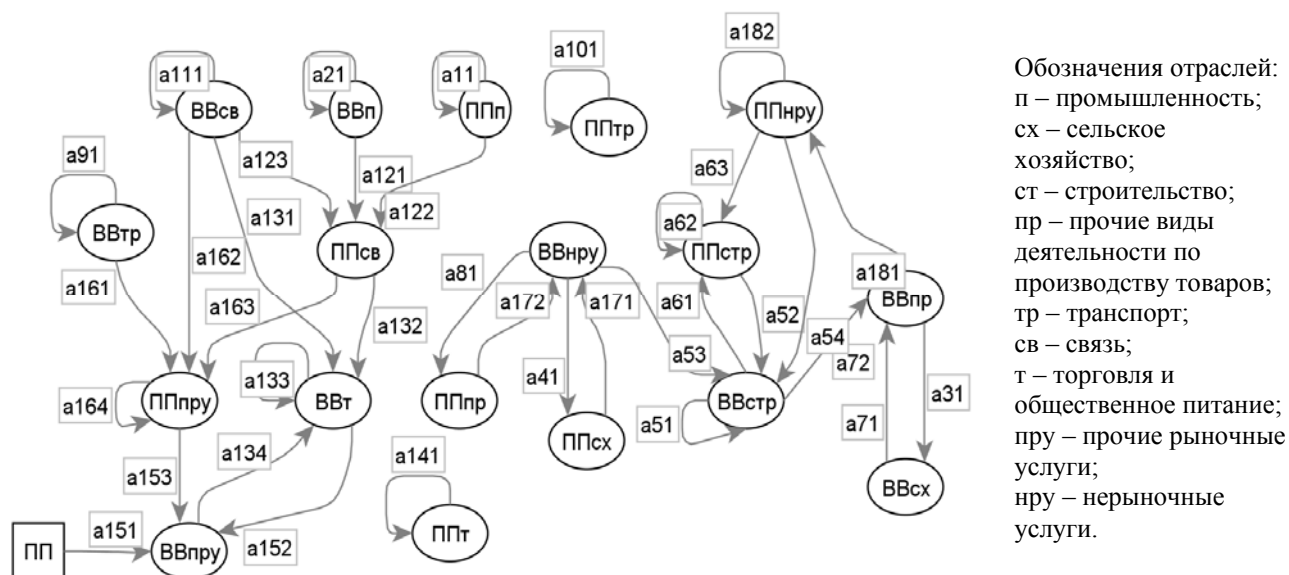


Рис. 2 – Когнитивная карта модели счета производства по отраслям для валового выпуска (ВВ) и промежуточного потребления (ПП)

В третьей главе «Формирование совокупности моделей сценарного прогнозирования отраслевой структуры макроэкономических показателей» описывается методика и инструментальная реализация моделей сценарного прогнозирования.

Большое значение в определении сценариев динамического процесса развития региона играет система ограничений (отношений) в среде взаимовлияющих переменных и целевых показателей. Такая система рассматривается в работе как основа для прогнозирования любого процесса экономического развития, при этом с вычислительной точки зрения она абсолютно адекватна концепциям математического программирования (Дж. Данциг, Г. Канторович, Х. Таха) – основного направления решения целевых задач в условиях множественных ограничений.

Основные региональные счета представляют собой статические модели, однако такие модели не обладают прогностической силой. Задача перехода к динамической модели решается путем введения дополнительных показателей-индексов, отражающих динамику изменения значений исходных показателей (в процентах):

$$I_{\phi.o._{xt}} = \frac{x'_t}{x_{t-1}} \cdot 100, \quad I_{def._{xt}} = \frac{x_t}{x'_t} \cdot 100, \quad \Delta x = \frac{x_t}{x_{t-1}} \cdot 100. \quad (10)$$

Здесь для текущего года t : x'_t – значение показателя x в ценах предыдущего года, x_t – значение показателя x в ценах текущего года, $I_{\phi.o._{xt}}$ – индекс физического объема показателя x , $I_{def._{xt}}$ – индекс-дефлятор показателя x , x_{t-1} – значение показателя x за предыдущий год. Также вычисляется темп роста Δx , который характеризует относительную скорость изменения значений показателя.

Структуризация задачи проводится в два этапа: математическая формулировка задачи и разработка электронных таблиц. По всем счетам в отраслевом разрезе и по видам экономической деятельности проводится сценарное прогнозирование на основе технологии поиска решения (задачи математического программирования). В первую очередь, выбираются показатели, которые варьируются в процессе поиска решения. Остальные показатели рассматриваются как зависимые переменные, изменяющиеся под

влиянием варьируемых показателей с учетом исходных данных – констант. Диапазоны такого варьирования ограничиваются с учетом практических соображений, основанных на реалиях расчетного процесса. С этой целью вводится система ограничений, которая задавала бы разумные диапазоны изменения показателей.

В общем случае решение сложных задач с большим количеством параметров, требует введения большого количества ограничений. Для каждого варьируемого показателя x вводятся следующие параметры, которые отражают абсолютные изменения значений данного показателя за год:

$$\begin{aligned}\delta I_{\phi.o._x t} &= |I_{\phi.o._x t} - I_{\phi.o._x (t-1)}|, \\ \delta I_{\text{деф.}_x t} &= |I_{\text{деф.}_x t} - I_{\text{деф.}_x (t-1)}|, \\ \delta \Delta x_t &= |\Delta x_t - \Delta x_{t-1}|.\end{aligned}\quad (11)$$

Рассматриваются 4 типа статистических моделей в структурах ОКОНХ и ОКВЭД на основе следующих счетов:

1. Счет производства.
2. Счет образования доходов.
- 3.1. Счет использования доходов: расчет расходов на конечное потребление.
- 3.2. Счет использования доходов: расчет валового накопления основного капитала и инвестиций в основной капитал.

Для каждого набора варьируемых показателей на основе (11) устанавливается вектор ограничений G таким образом, что $G_{\min t} \leq G_t \leq G_{\max t}$, $t = 1, \dots, N$. При этом для основных счетов в структурах ОКОНХ и ОКВЭД задачи сценарного прогнозирования на N лет вперед формулируются в следующем виде.

Отраслевые задачи прогнозирования (k – число отраслей):

1. Счет производства: задача расчета $ВРП$ в зависимости от валовой добавленной стоимости ($ВДС$) и чистых налогов на продукты ($ЧНП$)

$$ВРП_N = \sum_{i=1}^k \frac{ВДС_{i0}}{10^{4N}} \cdot \prod_{t=1}^N (I_{\phi.o._ВДС it} \cdot I_{\text{деф.}_ВДС it}) + \frac{ЧНП_0}{10^{4N}} \cdot \prod_{t=1}^k (I_{\phi.o._ЧНП t} \cdot I_{\text{деф.}_ЧНП t}). \quad (12)$$

2. Счет образования доходов: задача расчета валовой прибыли экономики ($ВПЭ$) и оплаты труда ($ОТ$) в зависимости от значений $ВРП$ и $ЧНП$.

$$\begin{aligned}ВПЭ_N + ОТ_N &= ВРП_N - ЧНП_N = ВРП_N - НП_N + СП_N - ЧНПp_{\partial p}_N = \\ &= ВРП_N \left(1 - \frac{НП_{y\partial 0}}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N \Delta НП_{y\partial t} + \frac{СП_{y\partial 0}}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N \Delta СП_{y\partial t} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{ЧНПp_{\partial p_{y\partial 0}}}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N \Delta ЧНПp_{\partial p_{y\partial t}}\right),\end{aligned}\quad (13)$$

где $НП$ – налоги на продукты, $СП$ – субсидии на продукты, $ЧНПp_{\partial p}$ – другие чистые налоги на производство; $НП_{y\partial}$, $СП_{y\partial}$ и $ЧНПp_{\partial p_{y\partial}}$ – удельные доли соответствующих показателей в $ВРП$.

3. Счет использования доходов:

- 3.1. Задача расчета расходов на конечное потребление ($РКП$)

$$РКП_N = \frac{РКП_0}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N \Delta РКП_t. \quad (14)$$

3.2. Задача расчета инвестиций в основной капитал (*Иок*)

$$Иок_N = \frac{Иок_0}{10^{4N}} \prod_{t=1}^N (I_{ф.о._Иок\ t} \cdot I_{деф._Иок\ t}). \quad (15)$$

Задачи прогнозирования по видам экономической деятельности (k – число видов экономической деятельности):

1. Счет производства: задача расчета ВРП в зависимости от валового выпуска (ВВ) и промежуточного потребления (ПП)

$$ВРП_N = \sum_{i=1}^k \frac{ВВ_{i0}}{10^{4N}} \cdot \prod_{t=1}^N (I_{ф.о._ВВ\ it} \cdot I_{деф._ВВ\ it}) \left(1 - \frac{ПП_{y\partial\ i0}}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N ДПП_{y\partial\ it} \right). \quad (16)$$

2. Счет образования доходов: задача расчета валовой прибыли экономики (*ВПЭ*) и оплаты труда (*ОТ*) на основе величины их удельных долей в ВРП ($ВПЭ_{уд}$, $ОТ_{уд}$)

$$\begin{aligned} ВПЭ_N + ОТ_N &= \sum_{i=1}^k (ВПЭ_i + ОТ_i) = \\ &= \frac{ВПЭ_{y\partial\ 0}}{10^{2N}} \sum_{i=1}^k \prod_{t=1}^N \Delta ВПЭ_{y\partial\ it} + \frac{ОТ_{y\partial\ 0}}{10^{2N}} \sum_{i=1}^k \prod_{t=1}^N \Delta ОТ_{y\partial\ it}. \end{aligned} \quad (17)$$

3. Счет использования доходов:

3.1. Задача расчета расходов на конечное потребление (*РКП*)

$$РКП_N = \frac{РКП_0}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N \Delta РКП_t. \quad (18)$$

3.2. Задача расчета инвестиций в основной капитал (*Иок*)

$$Иок_N = \frac{Иок_0}{10^{2N}} \prod_{t=1}^N (I_{ф.о._Иок\ t} \cdot I_{деф._Иок\ t}). \quad (19)$$

Пример инструментальной реализации для задачи (19) приведен на рисунке 3. Целевым является значение для инвестиций в основной капитал (*Иок*) в 2010 году. Значения валового накопления основного капитала (*ВНок*) рассчитываются на основе удельного значения инвестиций в основной капитал ($Иок_{y\partial}$), которое представляет долю *Иок* в *ВНок*. Стрелками на электронной таблице обозначен граф расчета зависимых показателей. Изменяемыми в данной задаче являются показатели темпа роста удельного значения инвестиций в основной капитал ($\Delta Иок_{y\partial}$), индекса физического объема ($I_{ф.о._Иок}$) и индекса дефлятора ($I_{деф._Иок}$), выраженные в процентах. Это позволяет рассчитать значения инвестиций в основной капитал в ценах предыдущего года (*Иок'*). Ограничения накладываются на варьируемые и дополнительные показатели ($\delta \Delta Иок_{y\partial}$, $\delta I_{ф.о._Иок}$, $\delta I_{деф._Иок}$), отражающие абсолютные изменения (11) за год.

Задачи сценарного прогнозирования (12-19) относятся к классу нелинейных (всего в данных задачах представлено 2599 переменных при 2019 ограничениях). Стандартные средства Microsoft Excel не позволяют решать задачи подобной сложности, поэтому в качестве эффективного инструмента для решения рекомендуется использовать пакет математического программирования Premium Solver Platform, взаимодействующий с табличным процессором Microsoft Excel по встроенному алгоритму нелинейной оптимизации метода обобщенного приведенного градиента.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1									
2									
3			Начальные данные						
4								Целевая ячейка	
5		Расчет Внок							
6			2005	2006	2007	2008	2009	2010	
7		Внок, млн. руб.	70497,30	81340,60	142787,66	173353,73	148829,57	173959,33	
8		Иок, млн. руб.	66443,30	87146,20	137184,11	165376,42	133402,72	168742,00	
9		Иок', млн. руб.		81904,32	119874,26	113805,59	123377,64	159580,81	
10		Иок _{уд}	0,94	0,95	0,96	0,95	0,98	0,97	
11		ΔИок _{уд} , %		101,23	100,70	99,29	93,96	108,22	
12		И _{ф.о.} _Иок, %		123,27	137,56	104,83	77,63	119,62	
13		И _{деф.} _Иок, %		106,40	114,44	115,00	103,91	105,74	
14									
15		Изменяемые ячейки							
16									
17					2007	2008	2009	2010	
18					ΔИок _{уд} , %	0,53	1,40	5,34	14,26
19					ΔИ _{ф.о.} _Иок, %	14,29	32,73	27,20	42,00
20					ΔИ _{деф.} _Иок, %	8,04	0,56	11,09	1,83

Рис. 3 – Пример модели сценарного прогнозирования: расчет валового накопления основного капитала, млн. руб.

В четвертой главе «Моделирование динамики макроэкономических показателей регионального развития Самарской области» рассмотрены примеры моделирования в сфере анализа и прогнозирования динамики макроэкономических показателей одного из развитых регионов России (Самарской области).

Основой для построения прогнозов на региональном уровне в структуре ОКВЭД являются сценарные условия социально-экономического развития, которые разработаны на основе анализа социально-экономической ситуации региона за предыдущие годы с учетом ожидаемых итогов развития в текущем году. Данные сценарии представляются в трех вариантах:

- 1 вариант (инерционный) предполагает сохранение основных тенденций, сложившихся в экономике области за предшествующий период.
- 2 вариант (умеренно оптимистичный) ориентируется на успешную реализацию комплекса мер по ускорению экономического роста.
- 3 вариант (кризисный) рассматривается в рамках прогноза по ОКВЭД, согласно которому приняты во внимание негативные тенденции динамики показателей в 2009 г., связанные с мировым финансово-экономическим кризисом.

Для моделей ОКОНХ горизонт прогнозирования задается с 2002 по 2006 год. Для моделей ОКВЭД аналогичный горизонт устанавливается с 2007 по 2010 год. Исходными данными при этом являются статистические значения показателей в 2001 и 2006 годах. Соответственно. Конечным результатом моделирования являются временные ряды, рассчитанные для каждого показателя. Проведение оценки точности моделей по видам экономической деятельности на тестовой выборке реальных данных невозможно, ввиду отсутствия ретроспективной базы, поэтому такая оценка проводится для классификатора ОКОНХ.

В качестве примера итоговых результатов сценарного прогнозирования на рисунке 4 приведены варианты динамики ВРП по моделям счета производства в

структурах ОКОНХ и ОКВЭД. Расчеты по первому и второму вариантам, очевидно, задают «коридор» в рамках которого находятся реальные значения показателя: официальная динамика ВРП ближе к умеренно оптимистичному варианту.

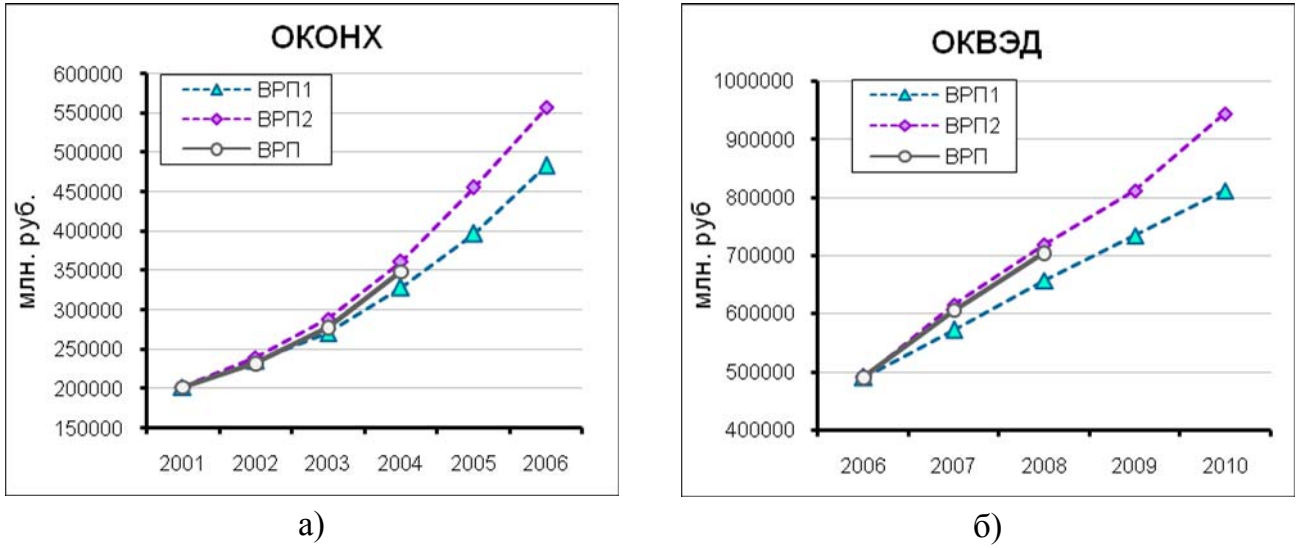
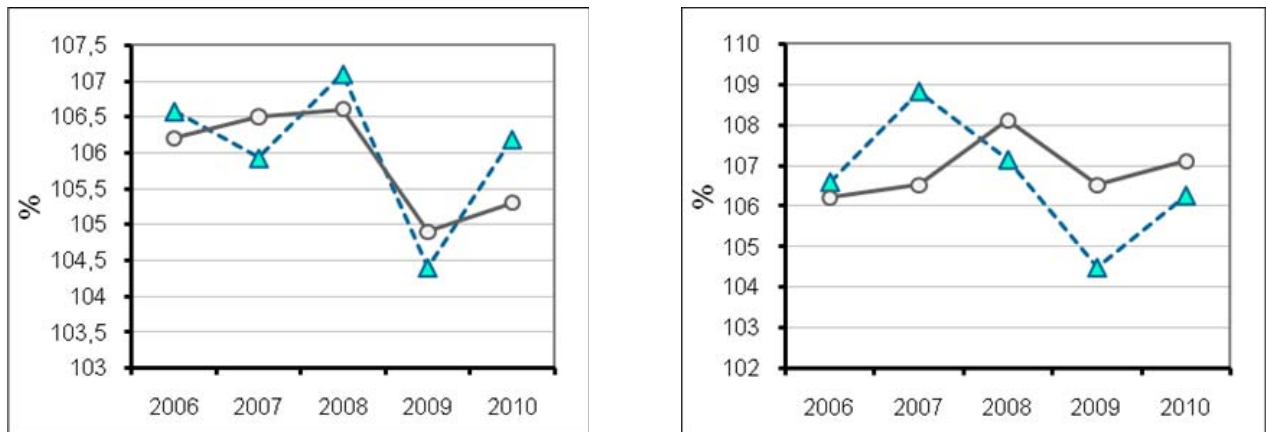
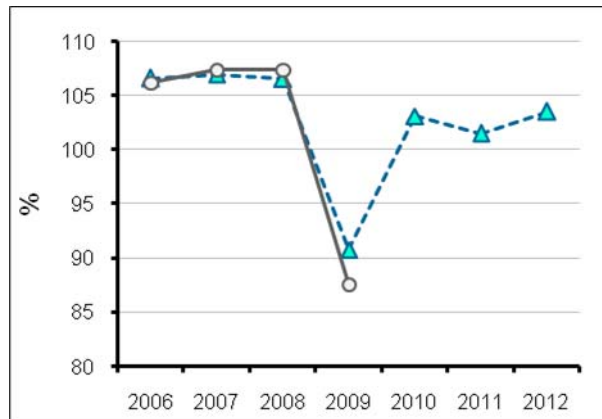


Рис. 4 – Результаты моделирования счета производства ВРП в структурах ОКОНХ и ОКВЭД, для первого (ВРП1) и второго (ВРП2) вариантов в сравнении с официальными данными (ВРП): 2001-2006, 2006-2010 гг., млн. руб.



а) I_{ф.о.} ВРП, 1 вариант (инерционный), 2006-2010 гг.

б) I_{ф.о.} ВРП, 2 вариант (умеренно-оптимистичный), 2006-2010 гг.



в) I_{ф.о.} ВРП, 3 вариант (кризисный), 2006-2012 гг.

Рис. 5 – Результаты моделирования динамики индекса физического объема ВРП (I_{ф.о.} ВРП) в сравнении с официальными данными: ОКВЭД, %

Рисунок 5 иллюстрирует варианты расчета (обозначены пунктиром) динамики макроэкономических показателей, отраженной в индексах физического объема в сравнении с вариантами официального прогноза социально-экономического развития Самарской области 2008-2010 годов (сплошная линия). Для кризисного варианта развития событий в 2009 году наблюдается падение индексов физического объема выпуска продукции по каждому виду экономической деятельности, что отражается в падении индекса физического объема ВРП на 10%: рис. 5, в). На этой базе построен прогноз до 2012 года.

По результатам расчетов на базе значений 2006 года по первым двум вариантам к 2010 году агрегированный показатель ВРП Самарской области достигнет 841 и 875 млрд. руб. соответственно, при этом отклонения от официальных данных прогноза развития области за данный период в среднем не превышают 5%. По третьему, кризисному варианту, расчетный уровень ВРП составит в 2009 году 661 млрд. руб. и в 2012 году достигнет значения 891 млрд. руб.

В целом, проведенные оценки позволяют говорить о приемлемой точности разработанных моделей с одной стороны, с другой – о гибкости применяемых подходов в условиях прогнозирования кризисной ситуации.

Выводы и результаты:

1. Проведен анализ и сформирована оценка существующих методов прогнозирования макроэкономических показателей. Показано, что их применение ограничено объемом статистической базы, в связи с уменьшением достоверности прогнозов на малых выборках.
2. Разработана когнитивная карта, устанавливающая на основе регрессионных моделей взаимовлияния макроэкономических показателей в отраслевой структуре ВРП.
3. Предложен и реализован алгоритм прогнозирования макроэкономических показателей региона с ограниченной ретроспективной выборкой, позволяющий оценить тенденции развития макроэкономических показателей.
4. Предложена формулировка задач сценарного прогнозирования по малой выборке, для решения которых разработана и исследована совокупность моделей сценарного прогнозирования отраслевой структуры макроэкономических показателей в условиях использования классификатора ОКВЭД.
5. Разработана программно-инструментальная среда, обеспечивающая процесс построения достоверных прогнозов на вариантной основе с помощью платформы Premium Solver Platform for Microsoft Excel.
6. Проведена апробация комплекса моделей сценарного прогнозирования динамики макроэкономических показателей и оценка точности в сравнении с официальными данными. Показано, что разработанные модели и алгоритм позволяют получить достоверные прогнозы в среднесрочной перспективе.

Список опубликованных работ по теме диссертации

В ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК:

1. Карбаев Д.С., Кораблин М.А., Смирнов С.В. Регрессионно-когнитивные графы в задачах макроэкономического прогнозирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2007. №03. – С. 28-31.

2. Карбаев Д.С. Планирование макроэкономических показателей по сценариям развития региона // Экономические науки. 2008. №09. – С. 379-382.

В других изданиях:

3. Карбаев Д.С. Построение регрессионно-когнитивных моделей для предсказания макроэкономических показателей // Маркетинговые и социологические исследования: технология использования компьютерных программных средств: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2006. – С. 20-23.

4. Карбаев Д.С. Решение задач планирования макроэкономических показателей развития региона // Проблемы управления экономикой в трансформируемом обществе: сб. статей III Всероссийской научно-практической конф. – Пенза, 2006. – С. 135-138.

5. Карбаев Д.С. Регрессионно-когнитивные модели в задачах предсказания макроэкономических показателей // Наука. Творчество: III Международная научная конференция. 9 апреля 2007 г. Самарск. муницип. ун-т Наяновой. В 2-х т. Т.2. – Самара: ООО "ИПК "Содружество", 2007. – С. 58-63.

6. Карбаев Д.С. Методы стратегического планирования макроэкономических показателей развития региона // Наука. Творчество: III Международная научная конференция. 9 апреля 2007 г. Самарск. муницип. ун-т Наяновой. В 2-х т. Т.2. – Самара: ООО "ИПК "Содружество", 2007. – С. 64-68.

7. Карбаев Д.С., Кораблин М.А., Поварова Е.Л. Методы поиска решения на когнитивных графах в задачах макроэкономического планирования // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды IX международной конф. (Самара 22-28 июня, 2007 г.) – Самара: СНЦ РАН, 2007. – С. 468-474.

8. Карбаев Д.С. Макроэкономическое планирование в задачах сценарного развития региона // Наука. Творчество: IV Международная научная конференция. 2008 г. Самарск. муницип. ун-т Наяновой. В 2-х т. Т. 2. – Самара: изд-во Международного социально-экологического Союза, 2008. – С. 238-242.

9. Карбаев Д.С., Кораблин М.А. Целевое и тенденциозное планирование регионального развития в методологии поиска решений на когнитивных графах. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды X международной конф. (Самара 23-25 июня, 2008 г.) – Самара: СНЦ РАН, 2008. – С. 359-365.

10. Карбаев Д.С. Поиск решения на когнитивных графах в задачах макроэкономического планирования развития региона // IV Всероссийская школа-семинар молодых ученых. Проблемы управления и информационные технологии (ПУИТ '08): Материалы конференции. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2008. – С. 239-242.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ

1. Свидетельство № 2009611746 о государственной регистрации программы для ЭВМ «ЕПрогноз» / Карбаев Д.С. – № 2009611746 от 01 апреля 2009 г.