

Т.П. ДАНЬКО, д.э.н., профессор,

С.М. ПЕТРИКОВА, к.э.н.,

ГОУ ВПО Российская экономическая академия имени Г.В.Плеханова

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ РЕГИОНА НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРОВ

# 危机

Для обозначения слова «кризис» в китайском языке существует два иероглифа: один из них означает «опасность», а другой – «шанс» или «возможность»

Моделирование экономического развития отраслей регионов на основе кластеров появилось как раз в разгар кризисных явлений в экономике и несет в себе несколько смыслов. Во-первых, оно является начальным этапом реализации Стратегии развития регионов до 2020 года, креативным способом изменения позиционирования во внешней среде. Во-вторых, моделирование экономического развития отраслей регионов на основе кластеров представляет собой элемент масштабного опыта государственной оценки, аналитики и прогнозирования приоритетов экономического развития. И наконец, в-третьих, моделирование экономического развития отраслей регионов на основе кластеров реализуется в условиях глобального кризиса самоопределения России как государства в современном мире, самоопределения по ситуации, целям, ресурсам, проблемам и возможным проектам.

Моделирование экономического развития отраслей регионов на основе кластеров является насущной проблемой поиска оптимизации ресурсов, баланса интересов и прогнозированием векторов инновационности в масштабах развития и поведения кластеров.

Мы в своем исследовании сделали попытку уточнить модели кластера и рассмотреть модели используемых для прогнозирования и моделирования складывающихся пропорций поведения их развития в рамках социально-экономического развития региона.

Первоначальное исследование было нацелено на анализ некоторых известных подходов к моделированию экономических систем, которые использовались для учета пространственного фактора производства. В частности, нам пришлось рассмотреть подходы к моделированию, разработанные в работах:

- Развитие промышленных кластеров – моделирование пространственной динамики.

(Evolution of clusters – simulating spatial dynamic). Thomas Brenner, Niels Weigelt.

- Динамическая пространственная модель. (A dynamic spatial model). Paul Krugman, 1992

- Оптимальные межрегиональные структуры экономического развития и использования материальных ресурсов. (Optimal Multi-Regional Patterns of Economic Development and Material Resource Use). Marco A. Janssen, Jeroen C.J.M. van den Bergh

Вышеуказанные модели были выбраны как наиболее значимые для данного исследования в методологическом отношении. Некоторые их элементы используются при построении модели кластера.

В работе (Развитие промышленных кластеров – моделирование пространственной динамики. (Evolution of clusters – simulating spatial dynamic). Thomas Brenner, Niels Weigelt.) разработана модель, в которой рассматриваются следующие два механизма развития пространственной промышленной среды:

1. Распространение знаний между компаниями, специализирующимися на одинаковых и различных отраслях;

2. Возникновение новых компаний в пространственной среде.

Для исследования нами был взят вектор результатов, полученных в работе (Динамическая пространственная модель. (A dynamic spatial model). Paul Krugman, 1992). При этом исследуется взаимодействие между «центростремительными» силами, которые способствуют укрупнению (агломерации), и «центробежными» силами, направленными на разъединение.

Для уважаемых читателей хотелось бы

© Т.П. Данько, С.М. Петрикова, 2010

.....  
<http://www.donntu.edu.ua> / «Библиотека»/ «Информационные ресурсы»

<http://www.instud.org>, <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Npdntu/texts.html>

обратить внимание, что в качестве синтетического основания при проведении рефлексии условий реализации моделирования экономического развития отраслей регионов на основе кластеров нами выбраны когнитивные смыслы, имеющие многовековую историю китайской традиции стратегического поведения.<sup>1</sup>

Нам удалось привести исследование одной из таких моделей и продемонстрировать, что данная модель может обеспечить:

– роль доступа к рынкам, измеряемая степенью «рыночного потенциала», в определении размещения производства;

– роль прямых и обратных связей в становлении агломерации;

– вероятность «катастроф», т.е. прерывистых изменений в регионе как реакции на незначительные изменения в экзогенных переменных величинах;

В работе (Оптимальные межрегиональные структуры экономического развития и использования материальных ресурсов. (Optimal Multi-Regional Patterns of Economic Development and Material Resource Use). Marco A. Janssen, Jeroen C.J.M. van den Bergh) исследуется модель, состоящая из 2 – регионов – добывающего и промышленного. Нас интересовало изучение поведения регионов в состоянии неустойчивости. Однако запоздалое вступление одного хозяина без сформированной онтологии ситуации развития в проект другого ведет к доминированию последнего на обеих территориях. Проблема в том, что все принципы болонского процесса работают, прежде всего, на связность его участников для реализации проекта европейских лидеров, при этом цели этого проекта выходят далеко за сферу образования. Оценить этот проект можно как трансляцию европейских ценностей развития в попытке осознания собственных межкультурных проблем.

Модель рассматривает различные потоки – товаров, сырья, рабочей силы и капиталовложение. Показано, что неотъемлемым свойством такой модели является несимметричное развитие.

В модели поток ресурсов преобразуется в поток промышленной продукции, далее в поток потребления и поток отходов, которые на заключительном этапе частично восстанавливаются.

Интересным результатом моделирования

такой системы явился тот факт, что симметричное состояние для обоих регионов неустойчиво. Небольшое начальное возмущение приводит к тому, что в одном регионе реализуется производственная модель развития на привозном сырье из другого региона, в то время как второй регион становится практически чисто добывающим.

Основные уравнения модели представляют собой систему дифференциальных уравнений для потоков ресурсов, капитала и рабочей силы. Для исследования системы дифференциальных уравнений мы обратились к работам Дж. Форрестера, в которых были построены различные модели, описываемые системами дифференциальных уравнений первого порядка. В моделях рассматриваются потоки сырья, продуктов производства, финансовые потоки, потоки рабочей силы, которые, по мнению группы, крайне необходимы для дальнейшего исследования.

В частности, в книге «Основы кибернетики предприятия» (Дж. Форрестер, Основы кибернетики предприятия, М.: Прогресс, 1971) была построена и исследована модель производственно-бытовой системы (рис.1).

Основными элементами такой модели являются производство, различные склады и сбыт. Материальные потоки представлены сплошными черными линиями, информационные потоки – линиями с кружками. Модель на рисунке представлена в схематическом и упрощенном виде, в реальной модели дополнительно введены денежные потоки и потоки рабочей силы. Динамика такой относительно простой модели может быть очень сложна из-за наличия в ней обратных связей и информационных и материальных задержек. Небольшое изменение параметров приводит к возникновению сложных периодических процессов изменения практически всех переменных задачи (рис.2).

Исследование Форрестера в этой работе были посвящены установлению границ значений параметров, при котором система устойчива и стабильна, а также выработке методологии управления подобными системами.

Исследование привело к выводу, что именно методы системной динамики позволяют объединить все описанные выше подходы и создать законченную экономическую модель временной и пространственной динамики социально – экономической системы развития региона.

Серьезное техническое перевооружение бизнеса и производства невозможно осуществить без внедрения новых информационных

<sup>1</sup> Воеводин А.И. «Стратегемы – стратегии войны, манипуляции, обмана». – Красноярск: Изд-во КЛАРЕТИАНУМ, 2000.

технологий. Необходимо переходить от решений, основанных на использовании ретроспективной и статистической информации к системным решениям, позволяющим проводить

эффективное моделирование развития отрасли. Такие системы позволят использовать ранее скрытые возможности, в динамике оптимизировать и прогнозировать бизнес.

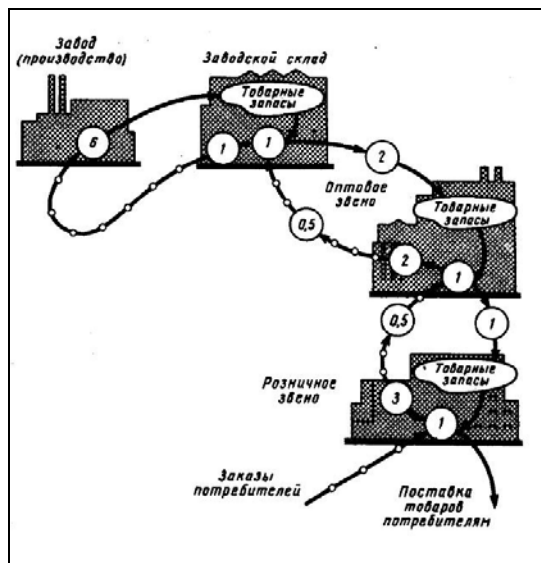


Рис. 1. Модель производственно – сбытовой системы

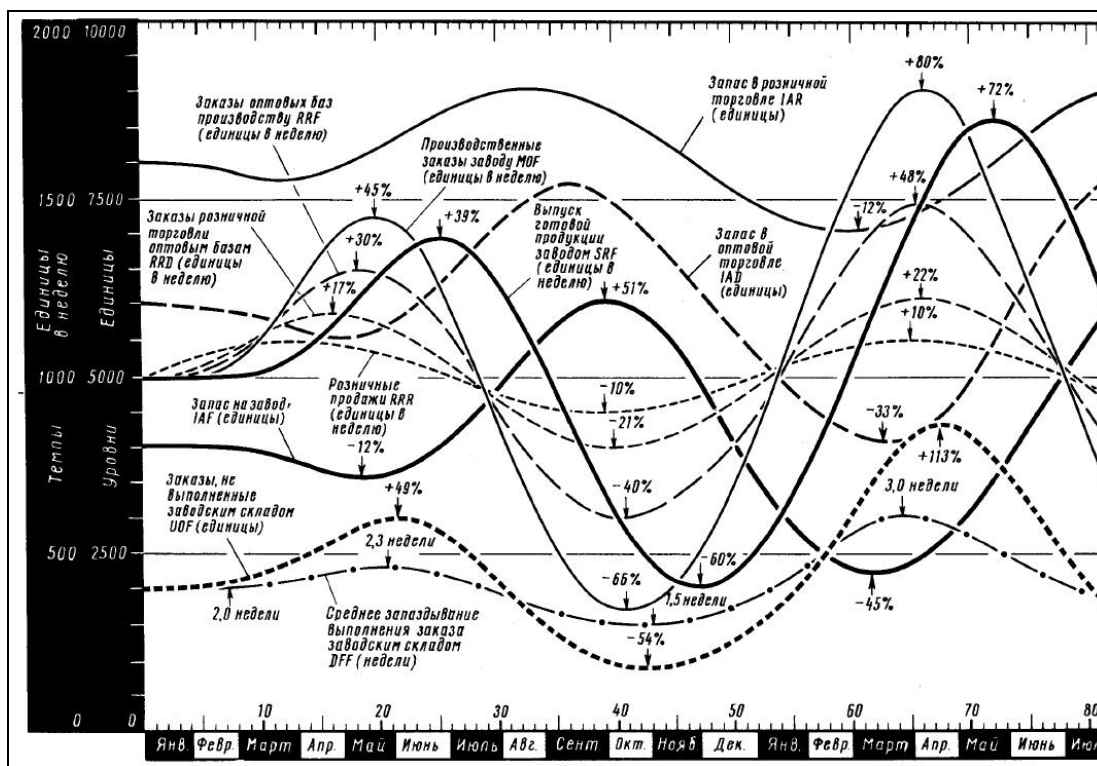


Рис. 2. Изменение переменных системы при малом изменении начальных параметров

Существующие информационные решения, традиционно внедряемые на российских предприятиях с целью автоматизации бизнес - процессов (решения класса ERP) не всегда позволяют решать перечисленные задачи. В ча-

стности, они не предоставляют инструментарий формирования многовариантных решений задач, не позволяют рассматривать множество допустимых значений возможных решений, не учитывают риски и вероятности, не допускают

возможности сценарного планирования, не позволяют делать выводы об устойчивости систем, выявлять неочевидные зависимости между исследуемыми характеристиками. В этом случае могут успешно применяться системы, создаваемые на базе теории системной динамики. В результате была выбрана программная платформа для создания лаборатории анализа кластерных инициатив «PowerSim Studio 7».

Модель производственного кластера была построена в программной среде PowerSim Studio 7 в формализме системной динамики (с использованием потоковых) диаграмм.

В формализме PowerSim возможно построение сколь угодно сложных потоковых моделей, аналогичных описанной, применительно к кластерному образованию. К моделям возможно применение сценарного анализа и анализа рисков.

Для выработки управляющих воздействий на модель возможно использование встроенного генетического оптимизатора PowerSim Solver 2.5.

Изучение предыдущих источников, позволило группе представить функционально модель кластера в виде блока межотраслевого баланса и блока трудовых ресурсов.

Модель рассматривает экономику в целом как сложный экономический объект.

"Агентами" модели являются отрасли. Модель описывает формирование и распределение ресурсов на двух уровнях: отраслевом и народнохозяйственном. Отрасли делятся на два типа: производящие запасаемую продукцию (тип  $S$ ) и незапасаемую продукцию (тип  $NS$ ). В разработанном варианте модели к типу  $NS$  относятся 3 отрасли: электроэнергетика, торговля и транспорт.

Имитация процесса формирования межотраслевого баланса ведётся поэтапно. Каждый этап соответствует условно периоду времени – "недельному" производственному циклу. Четыре недели условно составляют один месяц, а в году условно принято сорок восемь недель. Таким образом, расчёты, проведенные для 48 тактов, имитируют функционирование экономики в течение одного года.

Имитация годового функционирования экономики предполагает корректировку управляемых параметров в различные моменты имитации (в конце месяца, квартала и др.). Такая возможность позволяет отразить в модели особенности того или иного месяца или квартала (то есть отразить сезонность и др.)

Модель межотраслевого баланса разбита на описные выше блоки и шаги (рис. 3.).

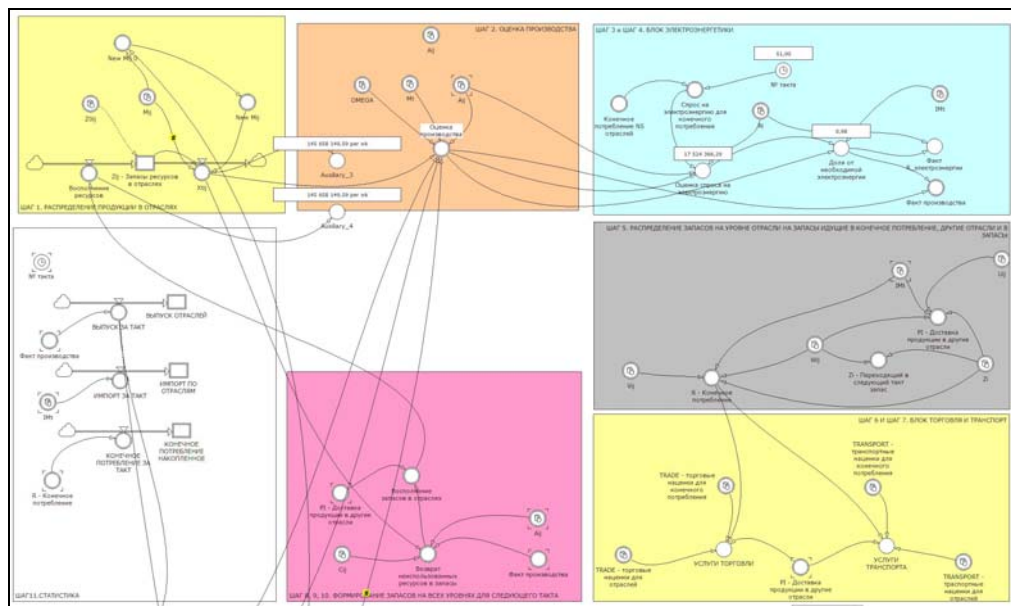


Рис.3. Блок межотраслевых балансов в модели кластера.

Блок динамики трудовых ресурсов формирует потоки рабочей силы между отраслями и группами отраслей, а также выход и вход рабочих трудовых ресурсов на рынок рабочей силы. Динамика потоков трудовых ресурсов

рассчитывается согласно основному уравнению динамики рабочей силы (Кругман).

Общий вид блока трудовых ресурсов и входящие в него объекты показаны на рис. 4.

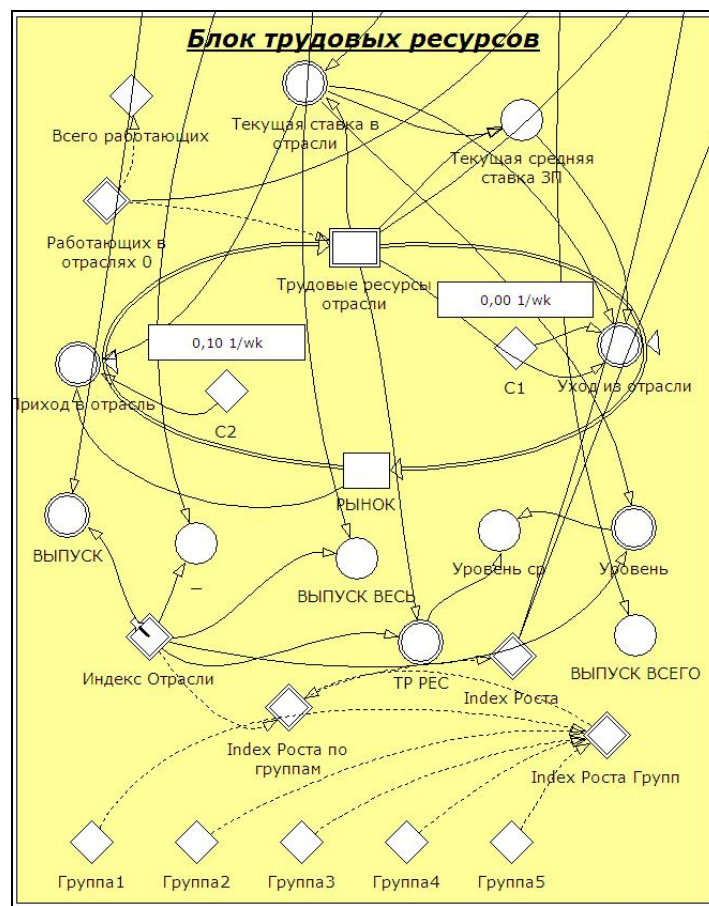


Рис. 4. Блок трудовых ресурсов

Согласно используемому подходу к моделированию, все отрасли объединяются в несколько групп. Количество групп, выбранное для данной задачи, равно 5.

Каждой отрасли присваивается свой индекс – целое число от 1 до 5. Присваивание происходит в таблице «Отрасли и группы» на закладке «Total» модели в PowerSim (рис.5).

В данную таблицу вручную заносится индексы групп отраслей, т.е. осуществляется принудительная кластеризация экономического пространства. С использованием объекта «Индекс отрасли» в модели вычисляется выпуск для каждой группы, а также трудовые ресурсы в каждой группе.

В управляемую константу «Индекс роста групп» заносятся числовые значения, которые определяют относительные тенденции роста производства в каждой группе промышленности региона (Закладка «Total», рис. 6).

Таким образом, в этой модели возможно управление по 7 параметрам. Количество вариантов развития решения – пространство решений модели, достаточно велико и поэтому простое интерактивное управление может потре-

бовать много времени и просмотра большого количества вариантов для получения правдоподобного решения.

Для автоматизации получения решения в модель введена постановка оптимизационной задачи.

Параметры управления рассматриваются как параметры оптимизации, и их значения выбираются генетическим оптимизатором PowerSim Solver 2.5. для удовлетворения наперед заданным критериям оптимизации.

Результаты моделирования выводятся в диаграмме «Total» в виде графиков и табличной информации.

В качестве первого приближения был получен нулевой вариант в котором трудовые потоки на рынок труда и с рынка равны 0, а тенденции развития каждой группы отраслей одинаковы. Этот вариант выбран в качестве референсного.

В первом качественном варианте расчета задавалась тенденция роста отраслей первой группы.

Результаты расчета и сравнение их с референсным вариантом представлены на рис. 10.

Отрасли и группы	
Индекс Отрасли[1 Электроэнергетика	1
Индекс Отрасли[2 Нефтегазовая пром	1
Индекс Отрасли[3 Угольная промышл	1
Индекс Отрасли[4 Прочая топливная	1
Индекс Отрасли[5 Чёрная металлургия	1
Индекс Отрасли[6 Цветная металлургия	1
Индекс Отрасли[7 Химическая и нефтехимическая пр	2
Индекс Отрасли[8 Машиностроение и металлооб	2
Индекс Отрасли[9 Лесная и ЦБП]	2
Индекс Отрасли[10 Промышленность строительных	2
Индекс Отрасли[11 Лёгкая промышленность	3
Индекс Отрасли[12 Пищевая промышленность	3
Индекс Отрасли[13 Прочие отрасли промышленн	3
Индекс Отрасли[14 Строительство]	3
Индекс Отрасли[15 Сельское и лесное хозяй	3
Индекс Отрасли[16 Транспорт и связь]	4
Индекс Отрасли[17 Торговля]	4
Индекс Отрасли[18 Прочие виды деятельности по производ	4
Индекс Отрасли[19 ЖКХ]	5
Индекс Отрасли[20 Здравоохранение]	5
Индекс Отрасли[21 Наука и научное обслужи	5
Индекс Отрасли[22 Финансы_кредит_страхо	5

Рис. 5. Отрасли и группы

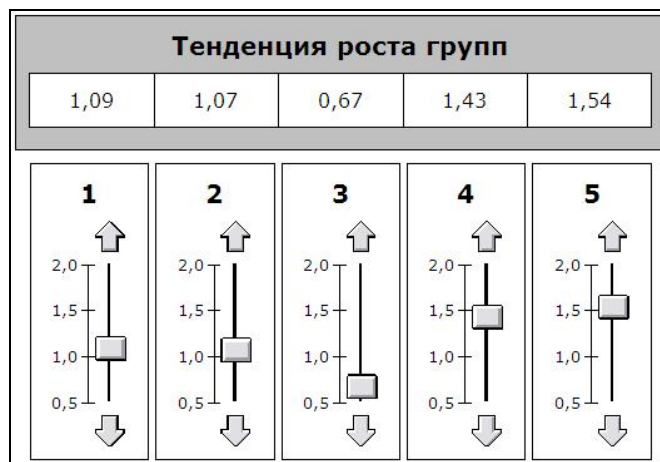


Рис. 6. Задание тенденций развития групп отраслей

В этом расчете тенденция роста первой группы промышленности увеличена на 50%, движение трудовых потоков не рассматривается.

На графиках показаны:

- выпуск продукции в каждой группе;
- трудовые ресурсы в каждой группе и значения рынка рабочей силы;
- суммарный выпуск по региону;
- уровень заработной платы в каждой группе и средняя ставка заработной платы в регионе.

На графиках видно, что система после

небольшого участка установления выходит на стационарное значение. Причем, увеличение тенденции приводит только к изменению длительности участка установления для регулируемой группы отраслей.

Величину средней ставки заработной платы по региону можно качественно рассматривать как уровень жизни в регионе.

Во втором варианте введено ненулевые значения коэффициентов движения трудовых ресурсов между производством и рынком рабочей силы. Результаты показаны на рис.8.

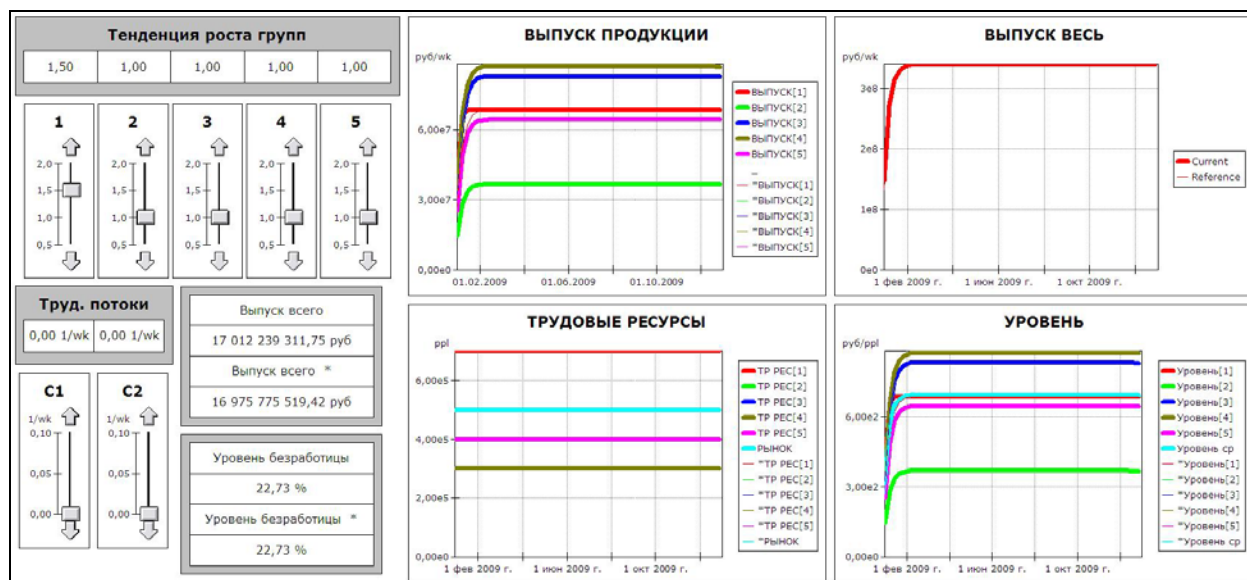


Рис. 7. Первый вариант расчета. Движение трудовых потоков равно 0. Тенденция развития 1 группы увеличена на 50%

Можно видеть, что развитие системы в этом случае становится значительно более сложным. Перетоки трудовой силы между отраслями и группами приводят к изменению характера и объемов производства.

В некоторых отраслях производство растет и, в свою очередь, делает эти отрасли привлекательными для миграции ресурсов, в других, напротив, наблюдается или стагнация или падение.

Общий уровень жизни (средняя ставка заработной платы) в регионе после короткого стабильного периода начинает уменьшаться. Падает и общий уровень выпуска продукции, исчисляемый в денежных единицах. Безработица также падает.

В целом такой сценарий говорит о неэффективном варианте управления экономически развитием региона или о неадекватной структуре экономического кластера, заданной в таблице «Отрасли и группы».

Как уже говорилось ранее, интерактивный (ручной) способ нахождения приемлемого сценария неэффективен по причине большого количества вариантов, которые необходимо рассматривать.

Для получения эффективного решения была поставлена и решена оптимизационная задача.

В этой задаче (третий вариант) величины параметров выбирались оптимизатором. Критерии были заданы таким образом, что низкий уровень безработицы был более предпочтитель-

неем, чем средний уровень жизни (вес 8 против 4). В качестве референсного варианта был принят второй вариант. Результаты представлены на рис. 9.

Следующий, четвертый вычислительный эксперимент был аналогичен предыдущему, но в выборе критериев предпочтение было отдано максимизации уровня жизни с весом 8 против 4 для веса уровня безработицы. В качестве референсного варианты был выбран третий вариант (рис. 10).

В этом варианте было получено такое перераспределение потоков и выбор вектора тенденций роста групп, которое действительно увеличило значение уровня жизни, но привело к существенной безработице и падению производства.

Высокий уровень жизни остался в малой по численности группе работающего населения. Все вышеописанные сценарии не могут считаться приемлемыми, так как ведут либо к падению уровня жизни, либо к увеличению безработицы.

Даже введение весов (предпочтений) в постановку оптимизационной задачи не спасают ситуации. Можно предположить, что проблема кроется в неверной кластеризации производства. Для оценки правильности данного предложения структура кластера (разбиение отраслей по группам) была произвольным образом изменена.

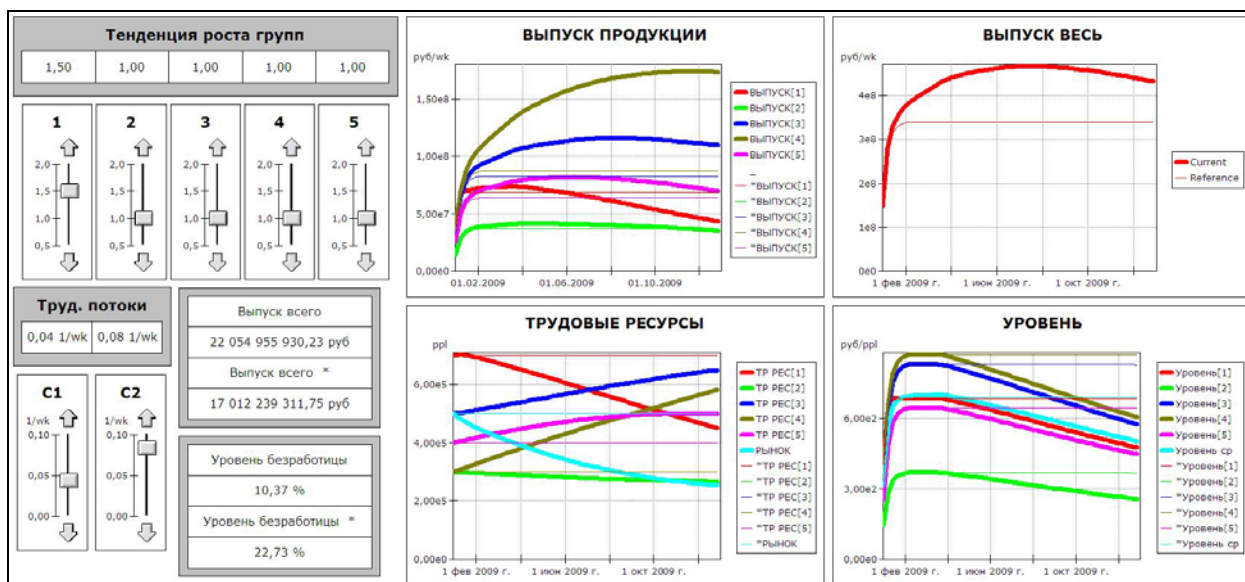


Рис. 8. Второй вариант расчета с введением динамики движения трудовых ресурсов

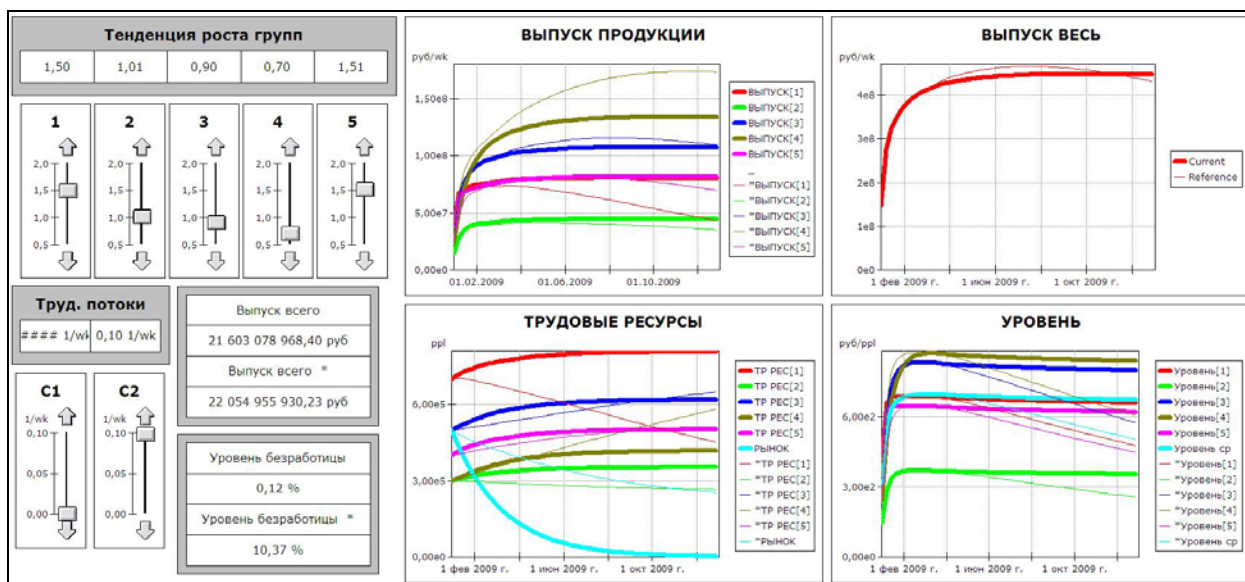


Рис. 9. Третий вариант расчета с предпочтением низкого уровня безработицы

Было получено решение (пятый вариант), в котором удачно сочеталось как относительно высокая заработная плата, так и низкий уровень безработицы (рис.11).

Таким образом, вычислительные эксперименты показали исключительную сложность и многоплановость решаемой задачи, необходимость учета большого количества факторов и, в первую очередь, выбор правильного разбиения отраслей на группы, т.е. эффективную кластеризацию экономического пространства.

Для проверки гипотезы о существенной роли структуры кластера в экономическом развитии региона была построена модель, в которой в оптимизационную постановку был

введен параметр, формирующий кластер.

Если в предыдущее модели структура кластера задавалась вручную из внесистемных соображений, то в данной модели сам оптимизатор выбирал наиболее эффективную структуру кластера.

Результаты этого численного эксперимента приведены на рис.12. в этом варианте расчетов заработная плата была существенно выше, чем в предыдущих вариантах, причем уровень безработицы к концу процесса моделирования был минимален.

Следует отметить, что кластеризация, полученная во многих расчетно-оптимизационных вариантах Модели II не является оче-



видной с точки зрения общепринятых подходов к разбиению отраслей на группы.

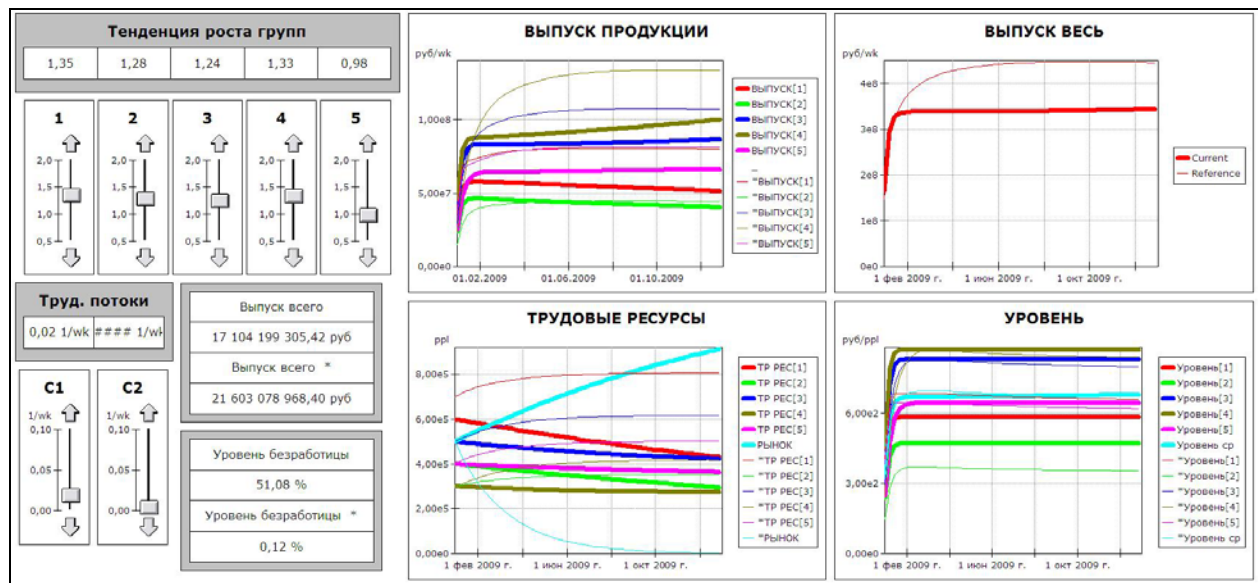


Рис. 10. Четвертый вариант расчета с предпочтением высокого уровня жизни

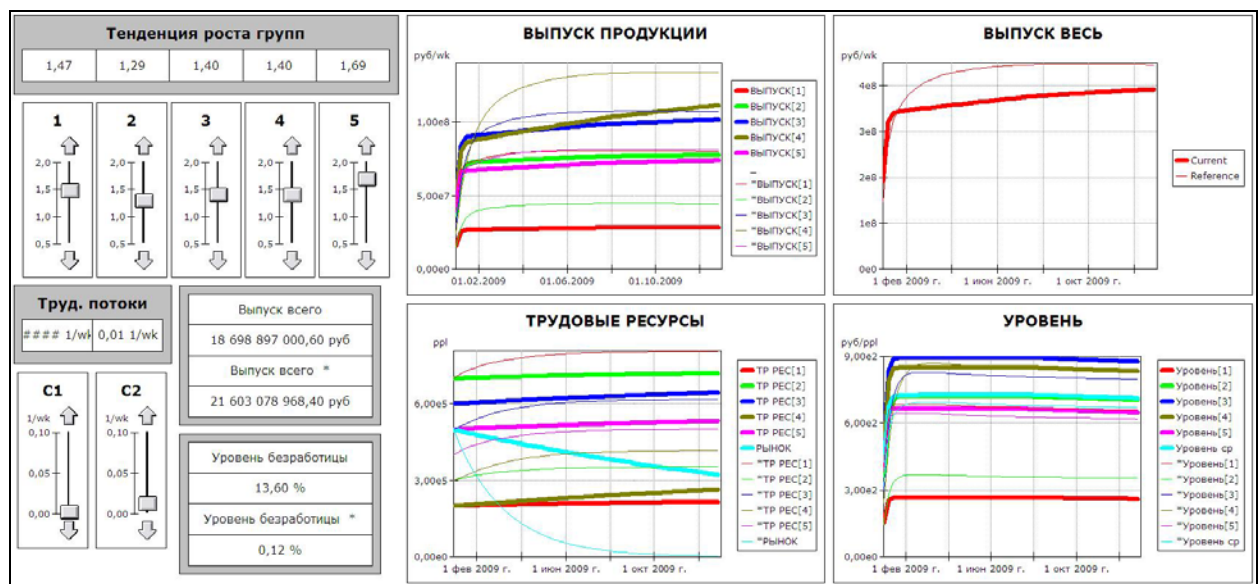


Рис. 11. Пятый эффективный и сбалансированный вариант расчета

Наш подход позволяет выявить такие сложные, нелинейные и неочевидные зависимости, что поможет повысить эффективность управленческих решений.

Таким образом, на основе модели межотраслевого баланса и с использованием методов системно – динамического моделирования построена исследовательская расчетно-оптимизационная модель производственного кластера.

Первый вариант модели предусматривает анализ процессов, происходящих в уже ус-

тановившемся кластере – его структура задана.

Второй вариант модели обеспечивает оптимальную кластеризацию производства в регионе.

В расчетных задачах вычисляются потоки рабочей силы и определяются основные характеристики динамического процесса, такие как – уровень жизни (зарплата), выпуск в группах отраслей, трудовые ресурсы в отраслях.

Для оптимизационных моделей построены сложные регуляторы, с использованием ко-

торых достигается выполнение наперед заданных критериев оптимизации.

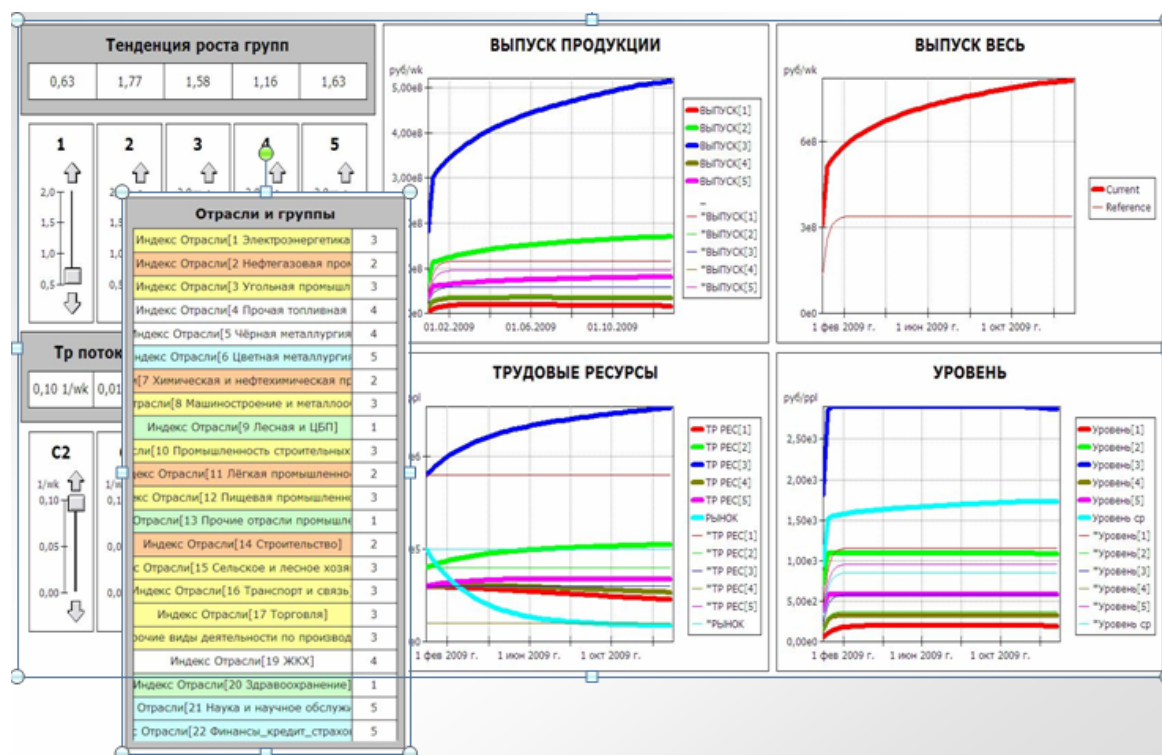


Рис. 12. Оптимизация – эффективное решение

Показано, что наличие в моделях сложных обратных связей требует сильных и сложных управляющих воздействий.

Методы межотраслевого баланса и системно – динамического моделирования могут быть успешно применены для анализа динамики развития производственных кластеров.

Введение в модель актуальных данных, описывающих экономику региона и трудовые ресурсы, могут дать набор практических рекомендаций для выработки эффективных управленческих решений.

Итак, модель кластера концептуально может выглядеть следующим образом: постепенное положительное изменение независимых показателей сопровождается прямым или обратным изменением зависимого показателя. При этом возможна ситуация, при которой зависимый показатель никак не реагирует на изменение независимого. Динамика развития прогнозируется путем простой экстраполяции значений прошлых периодов. Однако, на определенном значении независимой переменной происходит резкий скачок (переход) в значении зависимой переменной. Будем говорить,

что в значении независимой переменной была достигнута критическая масса. Именно с этого момента можно говорить, собственно, о кластере.

#### Литература

1. Воеводин А.И. «Стратегемы – стратегии войны, манипуляции, обмана». – Красноярск: Изд-во КЛАРЕТИАНУМ, 2000.
2. Портер М. конкуренция : пер. с англ. – М.: ИД «Вильямс», 2005.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика. – М.: Издательства: АСТ, 2003.
4. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. Индустриальная динамика. – М.: Прогресс. 1971.
5. Brenner Thomas. Simulating the Evolution of Localised Industrial Clusters – An Identification of the Basic Mechanisms// Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 4, no. 3, <<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/4/3/4.html>>

Статья поступила в редакцию 11.05.2010