

## О подходах к моделированию региональных экономических систем кластерного типа

Дроздов А.Б., Дроздова Н.В.  
Ярославский государственный университет,  
150 000, Ярославль, Советская, 14

получена 7 апреля 2008

### Аннотация

Рассматриваются подходы к моделированию кластеров как сложных экономических систем. На региональном уровне предлагается использовать модель прогнозирования развития кластера, основанную на взаимодействии предприятия с промышленным кластером, которую рекомендуется дополнить анализом эффективности функционирования образовавшегося кластера.

## 1. Введение

Понятие кластеризации в экономической системе является относительно новым. Исследования в этом направлении ведутся последние несколько лет. Кластер, прежде всего, связан с понятием классификации множества объектов. Кластерный анализ – это совокупность вычислительных процедур, используемых при создании классификации. В результате действий процедур образуются “кластеры”, или группы очень похожих объектов. Кластерный метод – это многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных для выборки объектов, а затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [1].

В современных экономических исследованиях понятия “кластер” и “кластерный анализ” используются для объяснения экономико-технических и производственно-технологических процедур для выпуска одного или нескольких видов готовой продукции посредством многоступенчатых или многостадийных (многоэтапных) производственных процессов. С этой точки зрения кластер в экономической литературе определяется как индустриальный комплекс, сформированный на базе территориальной концентрации сетей специализированных поставщиков, основных производителей и потребителей, связанных технологической цепочкой и выступающих альтернативой секторальному подходу. При этом на вход первого этапа поступает (создается или вырабатывается) некоторый исходный материал (сырье) или несколько видов сырья. Очевидно, для получения сырья организовывается первоначальный технологический процесс. Готовое сырье поступает на вторую стадию (технологический процесс) переработки и в результате вырабатывается некоторый или некоторые промежуточные материалы, которые затем поступают на переработку на последующие стадии, пока не выработана готовая продукция. Предполагается, что материальный результат каждой стадии может служить готовым товаром для реализации, т.е. некоторая доля выпуска после каждого этапа может продаваться на сторону. Очевидно, что каждая стадия требует своей технологии и затрат ресурсов или инвестиций (капиталовложений).

Таким образом, для выпуска готовой продукции на последней стадии требуется выполнение похожих технологических процессов переработки однородного исходного сырья. С точки зрения кластерного анализа все объекты (производства) взаимосвязанных стадий образуют “свой” кластер. Способы переработки и технологические особенности образуют методы (процедуры) классификации. В целом, принятое направление исследования образует анализ кластерной экономики.

Преимущество и новизна кластерного подхода заключаются в том, что он придает высокую значимость микроэкономической составляющей, а также территориальному и социальному аспектам экономического развития. Кроме того, он предлагает эффективные инструменты для стимулирования регионального развития, которое проявляется в увеличении занятости, повышении конкурентоспособности региональных производственных систем, росте бюджетных доходов и др.

Однако данное направление в экономической практике на постсоветском пространстве является мало изученным: отсутствует информация, позволяющая идентифицировать объекты, составляющие кластер,

не разработан аппарат моделирования сложных экономических систем кластерного типа, не существует согласованной системы измерителей эффективности их деятельности, требуют доказательства утверждения о влиянии тех или иных внутренних и внешних параметров на успешность функционирования этой организационной формы регионального производства [2]. По сути, необходимо обосновать сам факт возможности существования в российских условиях успешных кластеров. На данном этапе представляется актуальным описать подходы к моделированию региональных экономических систем кластерного типа.

## 2. Основные аналитические методы моделирования кластеров

### 2.1. Кластерный анализ

Кластерный анализ позволяет строить классификацию  $n$  объектов посредством объединения их в группы, или *кластеры*, на основе критерия минимума расстояния в пространстве  $m$  переменных, описывающих объекты. Метод позволяет находить разбиение множества объектов на заданное число кластеров. Кластерный анализ носит количественный характер [1].

Исходные данные для кластерного анализа представляются в виде матрицы размером  $m \times n$ , содержащей информацию одного из следующих трех типов:

измерения  $X_{ij}$  значений  $m$  переменных для  $n$  объектов;  
квадратная  $(n \times n)$  матрица расстояний между парами объектов;  
квадратная  $(n \times n)$  матрица близостей для всех пар  $n$  объектов.

Объектами могут быть продукция предприятий или сами предприятия. Переменными могут быть их характеристики, значимые с точки зрения конкурентоспособности. В этом случае кластерный анализ позволяет объективно разделить их на группы, или кластеры, конкурентоспособности.

### 2.2. Метод дискриминантного анализа

Метод дискриминантного анализа позволяет проверить гипотезу о возможности классификации заданного множества  $n$  объектов, характеризуемых некоторым числом  $m$  переменных  $X$ , на некоторое число классов, или кластеров,  $k$ . Он позволяет объективно классифицировать новые объекты по этим переменным.

При выполнении анализа ищется набор дискриминирующих функций  $d_l$ , обеспечивающих классификацию объектов на заданное число классов:

$$d_l = b_{l0} + b_{l1} * X_1 + \dots + b_{lm} * X_m, \quad l = 1, \dots, k.$$

Исходные данные представляются в виде матрицы размером  $(m + 1) \times n$ , причем  $n$  строк характеризуют  $n$  объектов. Первые  $m$  столбцов – это значения  $m$  переменных для  $n$  объектов, а  $(m + 1)$ -й столбец для каждого объекта – это номер его класса. Классы нумеруются натуральными числами от 1 до  $k$ , где  $k$  – число классов. Объекты, характеризуемые строками в матрице, могут располагаться произвольно относительно номеров классов. Метод дискриминантного анализа позволяет получить вероятностное обоснование результатов кластеризации [1].

### 2.3. Метод объемно-календарного планирования

Метод объемно-календарного планирования – один из способов моделирования кластерной экономики. Каждый этап (производство) составляет отдельный блок экономико-математических соотношений, связывающих переменные величины: объемы перерабатываемых продуктов, коэффициенты или технологические параметры, удельные показатели по затратам. Критерием служит максимизация готовой продукции как результат последней стадии переработки. Предположим, что известны ценовые характеристики готовой и промежуточной продукции. Ограничивающими условиями являются производственные запасы затрачиваемых ресурсов (финансовых, трудовых и т.д.), а также производственно-технологические возможности каждого этапа. Решением являются объемы перерабатываемого сырья и материалов на каждой стадии.

Для детального составления календарного плана производственных процессов в региональных кластерах предлагается использовать модели сетевого планирования на сети сложной структуры [3; 4]. При этом каждая стадия производства представляется как инвестиционный (инновационный) проект. Тогда все стадии образуют последовательность отдельных взаимосвязанных проектов. Как известно, сетевая модель

на основе сети сложной структуры выражает свыше 50 разнородных взаимосвязей между отдельными операциями (работами) сети, что позволяет представить в сетевой модели кластера все технологические, ресурсные и временные ограничения между работами.

## 2.4. Имитационное моделирование

При создании моделей экономических систем необходимо выявить и отобразить прямые и обратные связи, которые присутствуют в любой сложной системе, в том числе и в региональных кластерах. Благодаря наличию обратных связей в моделях результаты моделирования, анализа и прогноза оказываются более достоверными, чем при использовании структурных уравнений, в которых отражение этих обратных связей может вызвать большие затруднения [5].

Эти трудности и обуславливают применение имитационного моделирования для анализа создания и развития региональных кластеров. Оно реализуется по следующим этапам:

- формулируются основные вопросы о поведении сложной системы, ответы на которые требуется получить;
- осуществляется декомпозиция системы на более простые части-блоки;
- формулируются законы и “правдоподобные” гипотезы относительно поведения как системы в целом, так и отдельных ее частей;
- в зависимости от поставленных перед исследователем вопросов вводится так называемое системное время, моделирующее ход времени в реальной системе;
- формализованным образом задаются необходимые феноменологические свойства системы и отдельных ее частей;
- случайным параметрам, фигурирующим в модели, сопоставляются некоторые их реализации, сохраняющиеся постоянными в течение одного или нескольких тактов системного времени. Далее отыскиваются новые реализации.

Модель представляется в виде алгоритма, в котором определяются все наиболее существенные элементы, связи в кластере и задаются начальные значения параметров, соответствующие “нулевому” моменту времени. Все последующие изменения, происходящие в системе по закону причин и следствий, вычисляются с помощью средств логической обработки данных при выполнении данного алгоритма. Такой метод не требует составления уравнений и не требует их решения. В ходе имитационного эксперимента компьютер имитирует функционирование кластера и вычисляет характеристики свойств, проявляемых системой.

“Имитационная модель” (так, как этот термин понимается большинством специалистов, занимающихся прикладными исследованиями) – это модель, обладающая некоторыми качествами из следующего набора:

- сложность модели;
- наличие в ней случайных факторов;
- описание процесса, развивающегося во времени;
- наличие в модели экзогенных управлений;
- невозможность получения результатов без использования компьютеров;
- наличие создаваемой моделью иллюзии реальности.

Математическая модель, претендующая на право именоваться имитационной, не обязана обладать всеми перечисленными качествами одновременно. Однако, если этих качеств мало, они должны быть выражены достаточно ярко.

С точки зрения компьютерной реализации имитационное моделирование сложных экономических систем кластерного типа – это комплексный метод исследования, включающий построение концептуальных, математических и программных моделей создания и функционирования региональных кластеров, выполнение широкого спектра целенаправленных имитационных экспериментов, связанных со стратегией регионального развития, обработку и интерпретацию результатов этих экспериментов.

## 2.5. Искусственные нейросети

В современных условиях, когда именно информация становится доминантной составляющей успешного функционирования организаций, выделить необходимые сведения и на их основе сделать аналитические выводы и прогнозы представляется делом насколько важным, настолько и сложным для человека. Поэтому для получения достоверной, своевременной и систематизированной по заданным критериям информации в настоящее время применяются информационные технологии получения, обработки, анализа и прогнозирования информации. Современные информационные технологии можно условно разделить на классические, которые ориентированы в основном на решение вычислительных задач, и интеллектуальные, которые при работе с информацией используют приемы, лежащие в основе функционирования человеческого мозга.

Классические информационные технологии эффективны при обработке и анализе формализованной информации, между компонентами которой есть четкие зависимости. Но они оказываются неэффективными при решении трудно формализуемых задач, при обработке больших массивов неструктурированной, противоречивой, неполной информации, возникающей, например, в процессе функционирования стратегических альянсов и региональных кластеров при взаимодействии их участников. Поэтому в настоящее время для решения задач, имеющих дело с такой трудно формализуемой информацией, применяются интеллектуальные информационные технологии. Основной формой реализации интеллектуальных информационных технологий на предприятиях являются интеллектуальные информационные системы (ИИС).

Существует четыре основных типа интеллектуальных информационных технологий [6]:

1. Искусственные нейронные сети.
2. Нечеткая логика.
3. Генетические алгоритмы.
4. Нелинейная динамика (теория хаоса).

Экспертные системы, в которых применяется нечеткая логика, основываются на интуитивно-эмпирических моделях функционирования кластеров, составляемых экспертом или группой экспертов в виде правил условного логического вывода типа “Если... то...” и образующих базу знаний, исходя из которой системой принимается то или иное решение. Например, в условиях неопределенности относительно количества производимой продукции – рекомендовать руководителю произвести больший объем продукции, исходя из данных о конъюнктуре рынка и введенных правилах вывода. Существенными недостатками таких систем являются: субъективный характер правил, задаваемых экспертом, и большие сложности для изменения правил при изменениях внешней среды.

ИИС, основанные на генетических алгоритмах и принципах селекции, лучше приспособляются к изменяющимся условиям внешней среды, однако процесс их создания является чрезвычайно сложным, и в реальных условиях функционирования кластера найти специалиста в этой области весьма проблематично [7], что в равной мере относится и к нелинейной динамике.

Оптимальным представляется применение искусственных нейронных сетей (ИНС), так как эти сети в принципе не нуждаются в построении модели, а строят ее сами только на основе предъявляемой информации. Именно поэтому нейронные сети входят в практику управления сложными экономическими системами кластерного типа, где ставятся трудно формализуемые задачи, для решения которых необходимы либо постоянная работа группы квалифицированных экспертов, либо адаптивные системы автоматизации.

Наиболее информативно определение ИНС как адаптивной машины [8]: искусственная нейронная сеть – это принципиально параллельно распределенный процессор, который обладает способностью к сохранению и репрезентации опытного знания. Она сходна с мозгом в двух аспектах:

- знание приобретается сетью в процессе обучения;
- для сохранения знания используются силы межнейронных соединений, называемые также синаптическими весами.

Обычно ИНС реализуются в виде электронных устройств (нейрокомпьютеров) или систем имитационного моделирования (нейроэмуляторов), которые устанавливаются на обычных или ускоренных нейроплатах ЭВМ с фон-Неймановской архитектурой. Жизненный цикл нейронной сети состоит из ряда этапов: постановка задачи, сбор и преобразование информации (генеральной выборки данных), выбор парадигмы (архитектуры) ИНС, обучение ИНС, тестирование ИНС, функционирование ИНС. Обучение является важнейшим этапом жизнедеятельности нейросети. Процесс обучения может рассматриваться как настройка архитектуры нейронной сети и весов связей между нейронами для эффективного выполнения поставленной задачи. Именно обучение, согласно закону “необходимого разнообразия” Эшби [9], делает систему способной к адаптации.

Свойство обучения ИНС, как реакция на изменения во внешней или внутренней среде, делает их более привлекательными по сравнению с детерминированными и стохастическими системами, которые следуют определенной системе правил функционирования, сформулированной экспертами. Процесс решения задач с использованием нейронных сетей делится на ряд этапов [10]:

Определение проблемы. Решение о том, какую входную информацию использовать и что сеть должна делать. Формулируется постановка задачи и выделяется набор ключевых параметров, характеризующих деятельность кластера. Обычно для этого привлекаются эксперты, которые перечисляют набор факторов и данных, учитываемых ими при принятии решения.

Решение о том, как представлять информацию и сбор ее в виде примеров. Выбирается парадигма нейронной сети, наиболее подходящая для решения задач эффективного функционирования кластера.

Определение архитектуры нейронной сети. Выбор входов сети и спецификация выходов, а также количества нейронов скрытого слоя (в случае многослойной сети). Подготавливается возможно более широкий набор обучающих примеров взаимодействия предприятий в кластере, организованных в виде векторов входных параметров, ассоциированных с известными выходными значениями.

Обучение сети. Входные векторы по очереди предъявляются нейронной сети, а полученное выходное значение сравнивается с эталоном. Далее прослеживается путь от выходов сети до ее входного слоя, и все нейронные межсоединения, способствовавшие принятию правильного решения о деятельности кластера, поощряются – их веса увеличиваются. Те же пути, которые привели к ошибкам в компонентах выходного вектора, наказываются уменьшением веса (как правило, в зависимости от величины ошибки).

Тестирование обученной сети. Процесс повторяется до тех пор, пока суммарная ошибка в реакции сети на всех предъявленных примерах не станет меньше наперед заданной величины, то есть сеть не придет в стационарное состояние. Рассмотренный алгоритм обучения носит название "обратного распространения" (back-propagation).

Настроенную и обученную сеть можно использовать для моделирования региональных экономических систем кластерного типа, предъявляя ей реальные ситуации.

Таким образом, интеллектуальные технологии с их ярчайшим представителем – искусственными нейронными сетями способны чрезвычайно эффективно решать сложные и трудно формализуемые задачи поиска, обработки, анализа информации и прогнозирования развития ситуации, классификации и кластеризации, имеющие место при функционировании организаций – участников кластеров.

### **3. Методика выделения кластеров**

#### **3.1. Общие подходы**

Спецификой кластера является получение фирмами, входящими в него, синергетического эффекта (что сближает его с комплексом) и непрочность связей, размытость, спонтанность развития (что характерно для фирм, объединяемых понятием "отраслевой рынок"). Интерес к кластерам в экономической теории и практике связан с указанным синергетическим эффектом – адресная поддержка кластеров может принести больший прирост эффективности, нежели попытка регулирования отраслевых рынков или административного формирования комплексных связей [11].

Специализация кластера – это отраслевая принадлежность товаров, услуг, предоставляемых фирмами кластера покупателям, находящимся за пределами кластера. Товары и услуги, имеющие основной удельный вес в стоимости продукции кластера, определяют его специализацию. Границы кластера определяются наличием общих используемых ресурсов, что предопределяет взаимосвязи предприятий, формирующих кластер. Вокруг общего ресурса (технологии, источников сырья, специфического географического ареала, специализированной рабочей силы) формируется ядро кластера [12]. По мере удаления от ядра взаимосвязи между фирмами ослабевают, однако точно определить границы кластера невозможно – взаимосвязи могут меняться, одна фирма может оказаться в разных кластерах.

Методы воздействия на кластер определяются спецификой ресурсов ядра кластера. В случае общего ареала возможны меры различного административного, налогового, экологического и т.д. регулирования в рамках границ ареала. В случае общей технологии целесообразна государственная поддержка НИОКР в рамках смежных технологий, а также меры, связанные с распространением патентов и лицензий.

#### **3.2. Статистическое выделение отраслевых кластеров в регионе**

В рамках системы измерений, применяемой российской статистикой, можно выделить те отрасли, которые дают наибольший удельный вес в стоимости продукции и услуг региона, а также показывают

хорошую динамику развития и экономической эффективности. Однако действующие классификаторы (и ОКОНХ, и ОКВЭД) ориентированы на агрегацию данных именно в рамках отрасли, поэтому, основываясь только на базе Госкомстата, кластеры выделить невозможно (или, когда это делается на общероссийском уровне, возможно с большой долей условности). Поэтому в целях дальнейшего анализа предприятий отрасли (какие из них входят, а какие не входят в исследуемый кластер) необходимо провести первичное статистическое обследование, что требует анкетирования. В анкете приводятся вопросы относительно:

- общих ресурсов, с помощью которых предполагается выделить ядро кластера,
- показателей эффективности данных предприятий, с помощью которых предполагается оценить дальнейшие тенденции развития кластера.

### 3.3. Диагностирование связей, эффективности и состава кластера

Модель кластера должна ответить на следующие вопросы:

- что является общим ресурсом, на основе которого формируется ядро кластера, и каковы будущие возможные ограничения в его использовании;
- каковы тренды развития кластера;
- каков совокупный прирост производства (учитывая производный спрос) в случае увеличения производства на единицу продукции на предприятиях, составляющих ядро кластера.

Указанные оценки делаются на основе обычных приемов экономического анализа – исследования эластичности отдачи ресурсов (фондоотдачи, материалоотдачи, производительности труда), а также финансового состояния предприятий. Это позволит также провести сравнительный анализ эффективности кластеров [13].

## 4. Построение модели взаимодействия предприятия с промышленным кластером

Для решения поставленных задач предлагается использовать модель взаимодействия предприятия с промышленным кластером, построенную с учетом изложенных выше подходов и позволяющую определить в рамках прочности сотрудничества предприятия с кластером основные направления стратегии развития промышленного комплекса региона. Данная модель является более общей моделью, разработанной на основе предложенной в [14] модели регионального промышленно-транспортного комплекса регионального типа.

Для некоего промышленного предприятия  $F$  необходимо определить набор кластеров, с которыми может быть построено эффективное взаимодействие. Целью является сотрудничество данного предприятия с промышленными кластерами региона для дальнейшего совместного развития. Рассматриваемое предприятие может обеспечивать поступление в кластер определенного ресурса, предложить услуги транспортировки, информационной поддержки и т.п. В то же время благодаря взаимодействию с кластером фирма  $F$  получает возможность использовать потоки кластера на взаимовыгодных условиях. Оценку взаимодействия с предприятиями промышленного кластера предлагается осуществлять в несколько этапов.

На первом этапе организации взаимодействия предприятия  $F$  с кластером возникает необходимость определения круга промышленных групп, в которых выбранная организация заинтересована согласно технологическому процессу. В процессе анализа вертикальных и горизонтальных связей внутри кластеров формируется набор предприятий, входящих в каждый кластер. На данном этапе определяются количество и границы кластеров, во взаимодействии с предприятиями которых заинтересовано выбранное предприятие  $F$ .

Потоки, используемые во взаимоотношениях предприятий, характеризуют силу взаимосвязи предприятий внутри кластера, которую можно оценить при рассмотрении контактов между предприятиями за промежуток времени не менее года. Следует определить основные потоки с целью установления и оценки силы взаимосвязи предприятий кластера:

- денежные потоки;
- потоки трудовых ресурсов;
- информационные потоки;
- потоки готовой продукции и полуфабрикатов;

- потоки материальных ресурсов.

На втором этапе происходит анализ существующего взаимодействия предприятия F с кластерами. Для этого следует построить несколько таблиц, количество которых будет соответствовать количеству отобранных для исследования кластеров [15]. В строках этих таблиц будут отражены потоки, с помощью которых, согласно принципам взаимодействия, функционирует каждый кластер. Количество столбцов зависит от количества предприятий, вошедших в изучаемый кластер (табл. 1).

Таблица 1

Оценка взаимодействия предприятия F с региональным кластером

	Предприятия $j$ Потоки $i$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$\dots$	$A_n$	Общее количество об- ращений к потокам	$C$	$R$
1	Денежный поток	$A_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$		$a_{1n}$	$b_1$	$c_1$	$R_1$
2	Поток трудовых ресурсов	$A_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$		$a_{2n}$	$b_2$	$c_2$	$R_2$
3	Информационный по- ток	$A_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$		$a_{3n}$	$b_3$	$c_3$	$R_3$
4	Поток готовой про- дукции и полуфабри- катов	$A_{41}$	$a_{42}$	$a_{43}$		$a_{4n}$	$b_4$	$c_4$	$R_4$
5	Поток материальных ресурсов	$A_{51}$	$a_{52}$	$a_{53}$		$a_{5n}$	$b_5$	$c_5$	$R_5$

В таблице 1:

$A_j$  – наименование  $j$ -го предприятия, с которым предприятие F будет взаимодействовать в кластере;  
 $a_{ij}$  – количество сделок между предприятием F по  $i$ -му виду потока и  $j$ -м предприятием кластера в течение года ( $i = 1, \dots, 5; j = 1, \dots, n$ );

$b_i$  – общее количество обращений к  $i$ -му потоку в ходе ведения хозяйственной деятельности за год, как в кластере, так и за его пределами;

$c_i$  – показатель, характеризующий степень взаимосвязи предприятия F с предприятиями кластера по  $i$ -му потоку:

$$c_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{b_i} ;$$

$C$  – коэффициент, характеризующий степень взаимосвязи предприятия F с кластером в целом:

$$C = \sum_{i=1}^6 \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{b_i} .$$

С помощью полученных значений коэффициента  $C$  для каждого кластера предприятие выбирает направление взаимодействия, основанное на укреплении имеющихся конкурентных преимуществ. Формирование взаимодействия напрямую связано со стратегией развития кластера с наибольшим значением коэффициента  $C$ . Для дальнейшего исследования данный кластер рассматривается как основной, построение взаимосвязи с которым считается приоритетным направлением в организации стратегического взаимодействия, а остальные – как вспомогательные.

На третьем этапе предприятие F оценивает степень важности потоков внутри кластера. Ранжирование происходит согласно принципам взаимодействия предприятий внутри кластера. Наибольший ранг присваивается потокам, которые способствуют развитию конкурентных преимуществ предприятия F:

$$R = \sum_i r_i, \quad \max R = 1.$$

Четвертый этап связан с оценкой взаимодействия предприятия F с предприятиями кластера по потокам. Коэффициент взаимодействия ( $K_B$ ) показывает, насколько сильно объект данного исследования взаимодействует с предприятиями кластера:

$$K_B = r_1 \times c_1 + r_2 \times c_2 + r_3 \times c_3 + r_4 \times c_4 + r_5 \times c_5.$$

Коэффициент  $K_B$  также свидетельствует о степени использования предприятием источников конкурентных преимуществ внутри кластера.

*Пятый этап* связан с оценкой заинтересованности кластера во взаимодействии с предприятием F. Коэффициент K характеризует силу взаимосвязи предприятий выбранного для исследования кластера по потокам потребляемых ресурсов, необходимых предприятию. Важным на данном этапе является правильная оценка степени значимости взаимодействия по тому или иному потоку.

Через оценку входящих с помощью предприятия в кластер потоков можно определить заинтересованность предприятий кластера во взаимодействии с предприятием F. Для этого следует говорить об интенсивности потоков как характеристики, определяющей количество контактов предприятий по каждому потоку за один и тот же промежуток времени.

$I_1$  – интенсивность денежных потоков,

$I_2$  – интенсивность потока (обмена) трудовых ресурсов,

$I_3$  – интенсивность информационного потока,

$I_4$  – интенсивность потока готовой продукции (полуфабрикатов),

$I_5$  – интенсивность потока ресурсов.

Отношение интенсивности потока с максимальным значением к суммарной интенсивности по всем потокам дает нам значение коэффициента П:

$$П = \max_i I_i / \sum_i I_i.$$

Таким образом, мы получаем значения коэффициентов K и П, рассчитанных для одной ситуации с различных сторон: K характеризует интересы предприятия и возможности их воплощения в кластере, П характеризует заинтересованность отраслевой группы в принятии предприятия в свою цепочку внутренних взаимоотношений.

Последний, *шестой, этап* заключается в общей оценке на основе полученных коэффициентов возможностей взаимодействия предприятия F и кластера, позволяющей определить основные направления стратегии развития промышленного комплекса региона.

## 5. Анализ эффективности функционирования региональных экономических систем кластерного типа

Для определения подмножества ключевых факторов успеха кластеров целесообразно осуществить многофакторный статистический анализ, где в качестве критериев эффективности функционирования кластеров предлагается использовать показатели численности занятых, рентабельности и их изменения [2]. Небольшой размер выборки, наряду с большим количеством исследуемых переменных, требует предварительной редукции факторов, в связи с чем необходимо осуществить следующую последовательность статистических приемов анализа данных:

факторный анализ – для выбора наиболее информативных переменных;

корреляционный анализ – в целях определения факторных переменных, непосредственно связанных с результирующими показателями, и исключения факторных признаков, тесно связанных между собой (выявление мультиколлинеарных переменных);

формирование множества независимых факторов для построения регрессионных уравнений путем использования результатов корреляционного и факторного анализа;

построение уравнений регрессии как для обобщенного пространства факторов, так и для их внутреннего и внешнего подмножеств [16].

В целях увеличения размеров выборки выделенные этапы рекомендуется реализовывать на полной совокупности компаний, входящих в региональные кластеры (без разделения на виды кластеров). Моделирование, осуществленное с учетом разделения параметров на внешние и внутренние, позволяет сделать заключение о сравнительном влиянии различных факторов и их групп на результаты деятельности кластеров, а также несколько расширить круг изучаемых признаков (за счет тех переменных, которые не вошли в общую регрессионную модель, но оказались значимыми в пространстве внутренних/внешних факторов). Кроме того, подобный подход интересен тем, что наряду с общей регрессионной моделью

мы получаем уравнения, характеризующие зависимость результирующих показателей от двух подгрупп факторов, различных с точки зрения управления.

В случае показателя рентабельности все три полученных модели оказываются достаточно обоснованными. В пространстве внутренних факторов рентабельность компаний, входящих в кластер, определяется четырьмя переменными, которые оказывают на нее сопоставимое воздействие (о чем свидетельствуют значения соответствующих стандартизированных коэффициентов регрессии). Использование достижений НТП способно увеличить рентабельность компаний более чем на 9%. Несколько меньшее влияние оказывают организационно-правовая форма (ЗАО в среднем на 4,8% рентабельней, чем ООО) и наличие собственных производственных площадей (фирмы, обладающие ими, эффективней почти на 6%). Обеспеченность офисными помещениями, хоть и оказывает несколько меньшее воздействие, описывается четырьмя рангами и, следовательно, при максимальном росте способна добавить компаниям более 8% рентабельности (эти и следующие далее численные результаты приводятся для кластера наукоемких компаний г. Новосибирска, но они являются показательными для любого российского кластера).

Рассмотрение рентабельности кластеров в разрезе факторов внешней среды позволяет выявить влияние двух факторных признаков и фиктивной переменной. Увеличение на один ранг доли поставок материалов с регионального рынка в среднем способствует росту рентабельности почти на 10% (данный фактор является самым влиятельным в уравнении). Разнообразие оборудования, доступного в регионе, отрицательно связано с рентабельностью бизнеса, что, вероятно, объясняется величиной транзакционных издержек при подборе средств труда. Увеличение разнообразия оборудования на один ранг (всего пять рангов), при неизменности остальных переменных, вызывает снижение рентабельности почти на 2%.

Наиболее весомые переменные из обоих частных уравнений находят свое отражение и в общей модели. В объединенном пространстве факторов свое влияние на рентабельность наукоемких компаний обнаруживают размеры закупок материалов на региональном рынке и использование научных разработок. Первый из этих двух факторов оказывает относительно большее воздействие на результирующий показатель (при его росте на один ранг увеличение рентабельности составляет 7,7%). Влияние использования разработок науки уже не столь высоко, как в пространстве внутренних факторов (порядка 4%). Свою значимость для рентабельности демонстрирует также принадлежность фирм к тому или иному кластеру.

Верификация модели, построенной в объединенном пространстве факторов, обнаруживает отклонение расчетного значения рентабельности от ее реального уровня на 5,6% для всей выборки компаний, что говорит о ее достаточной надежности.

Аналогичное моделирование может быть проведено и для других результирующих показателей деятельности кластеров: численности персонала, темпов ее роста и тенденции изменения рентабельности. Описанный инструментарий позволяет выявить наиболее привлекательные с управленческой точки зрения (т.е. имеющие наибольший потенциал управления) группы факторов, воздействие на которые может оказать существенное влияние на результаты деятельности кластеров и образующих их ядра предприятий. Результаты регрессионного анализа позволяют представить отдельные фирмы и кластеры в трех пространствах выявленных факторных признаков, в том числе внутреннем и внешнем. Внутренние факторы можно условно считать управляемыми на уровне отдельного предприятия, внешние – регулируемые на уровне промышленных союзов, органов власти, социальных институтов и других надфирменных образований, т.е. последние определяются не только линией поведения конкретной компании, но и могут формироваться вообще без ее непосредственного участия. С этой целью для каждой компании следует построить таксономический показатель, характеризующий меру отличия соответствующего ей вектора факторов (в заданном  $n$ -мерном пространстве) от гипотетического эталона. В качестве составляющих эталона рекомендуется использовать наилучшие (максимальные или минимальные, в зависимости от характера влияния переменной) значения изучаемых факторов, присвоенные им респондентами в ходе исследования.

Построенный таким образом таксономический показатель синтетически характеризует значения факторных признаков исследуемых результирующих показателей. Высокие значения этого показателя свидетельствуют о высоких значениях учитываемых признаков, низкие – наоборот. Важнейшее его достоинство в том, что этот единый синтетический признак может показывать различия в процессах, характеризующих внутренние и внешние аспекты деятельности предприятий. По его величине можно судить об имеющемся потенциале роста для отдельных фирм и кластеров в целом в контексте ключевых факторов и соответственно о целесообразности применения к ним управленческих воздействий.

Это подтверждает дисперсионный анализ, согласно которому по всей совокупной выборке входящих в кластер компаний таксономические показатели, построенные в системе факторов внешней среды, имеют статистически значимые более высокие значения. При этом кластеры не демонстрируют значимых различий между собой во всех трех факторных пространствах.

Аналогичный подход целесообразно использовать для остальных результирующих показателей, а так-

же для построения обобщенного таксономического показателя в пространстве всех четырех отобранных результирующих признаков (численности персонала, рентабельности и их изменений). Подобный показатель можно интерпретировать как характеристику уровня конкурентоспособности кластеров и отдельных входящих в них предприятий. При этом конкурентоспособность отдельных предприятий (в пространстве отмеченных выше результирующих факторов) варьирует в пределах 20-70% от максимально возможного значения для кластера в целом.

Анализ корреляционных взаимосвязей между значениями таксономических показателей конкурентоспособности предприятий и факторами, обуславливающими ее (множество факторов, отобранных в качестве потенциальных переменных для моделирования всех результирующих показателей), позволяет заключить, что конкурентоспособность компаний, независимо от их принадлежности к тому или иному кластеру, демонстрирует статистически значимую (на 5%-ом доверительном интервале) зависимость от ряда условий функционирования кластера. Эти условия, как правило, определяют рентабельность предприятий в пространстве показателей внешней среды, из чего можно предположить следующее: ключевой вклад в обеспечение конкурентоспособности компаний вносит их рентабельность, которая, в свою очередь, в большой степени зависит от условий внешнего окружения бизнеса. Следует заметить, что эти переменные в условиях неразвитости в России региональных кластеров относятся к одному и тому же виду – факторным условиям, что подтверждает факт определяющего влияния на конкурентоспособность кластеров в странах с развивающейся и переходной экономикой доступности именно этой группы факторов.

## 6. Заключение

1. Традиционные подходы к решению региональных проблем промышленного развития путем моделирования взаимосвязей в территориально-производственных комплексах, формирования на данной основе производственных узлов, решения задач размещения производительных сил и производственных мощностей за счет минимизации транспортных издержек или приведенных затрат в настоящее время представляются во многом упрощенными. Перспективы современного промышленного развития определяются взаимодействием различных функциональных подсистем. Необходимый в современных условиях механизм исследования и реализации стратегии регионального промышленного развития предоставляет концепция кластеров, отличительными чертами и преимуществами которой выступают принятие в учет всеобъемлющей динамической конкуренции и увязывание проблем мезо- и макроуровня с условиями функционирования отдельных предприятий.

2. Идентификация кластеров, моделирование их развития и оценка эффективности деятельности сопряжена с целым рядом проблем, основными из которых являются:

- отсутствие четких методологических основ анализа и моделирования региональных экономических систем кластерного типа;
- отсутствие на уровне территорий необходимой организации статистических данных, в частности межотраслевых продуктовых потоков в дробной отраслевой классификации;
- несовпадение пространственных границ кластеров и территорий, по которым осуществляется сбор статистических данных;
- отсутствие информации по многим качественным характеристикам деятельности кластеров;
- отсутствие единого согласованного перечня измерителей деятельности кластеров [2].

В этой связи, наиболее распространенным в настоящий момент методом идентификации и оценки деятельности региональных кластеров в российских условиях является подход, заключающийся в определении кластеров, исходя из характера экономической деятельности в определенной местности, опираясь на данные, полученные в основном экспертным путем.

3. Большинство существующих исследований, посвященных оценке функционирования кластеров, ограничивается констатацией отдельных характеристик их деятельности, из которых делаются выводы о доминирующем положении кластеров в определенной отрасли или местности. При этом практически не уделяется внимания экономико-математическому моделированию процессов создания и функционирования региональных кластеров и исследованию факторов, обуславливающих фактический успех и потенциал их роста. Поэтому важной задачей является разработка и апробация моделей, позволяющих адекватно отражать взаимосвязи в локальных кластерах.

4. Рассмотренные методические подходы к моделированию и оценке деятельности экономических кластеров будут способствовать установлению количественных взаимосвязей между показателями эффективности субъектов кластера и факторами, определяющими их функционирование. По мнению авторов, при

исследовании функционирования региональных кластеров как сложных экономических систем необходимо комплексное экспертно-эконометрическое моделирование деятельности фирм – участников кластеров.

5. Описанные подходы позволят выявить потенциал роста кластеров и их отдельных участников, установить направления управленческого воздействия на факторы, обуславливающие результирующие показатели деятельности кластеров, что, безусловно, окажется полезным руководству фирм – участников кластера как при организации текущей деятельности компаний, так и при разработке стратегии развития кластера в целом.

## Список литературы

1. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
2. Марков, Л.С., Ягольницер, М.А. Экономические кластеры: идентификация и оценка эффективности деятельности / Л.С. Марков, М.А. Ягольницер. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2006. – 88 с.
3. Цхай, С.М. Задачи календарного планирования на сети сложной структуры / С.М. Цхай. – Новосибирск: НТУ, 1991. – 148 с.
4. Стеблякова, Л.П. Анализ и оценка структурных изменений в машиностроительном комплексе (региональный и внутрипроизводственный аспекты): Учебное пособие / Л.П. Стеблякова; Карагандин. гос. техн. ун-т. – Караганда: КарГТУ, 2002.
5. Багриновский, К.А. Имитационное моделирование влияния инвестиционной политики на технологическое развитие / К.А. Багриновский, М.К. Исаева // Микроэкономические предпосылки экономического роста: Сб. статей / Под ред. Г.Б. Клейнера. Вып. 2. – М.: ЦЭМИ РАН, 2003.
6. Кричевский, М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте / М.Л. Кричевский. – СПб.: Питер, 2005.
7. Вороновский, Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А.Сергеев. – Харьков: Основа, 1997.
8. Aleksander, I. An Introduction to Neural Computing / I. Aleksander, H. Morton. – London: Chapman & Hall, 1990. – 218 p.
9. Ashby, W. R. Design for a Brain / W. R. Ashby. – New York: Wiley, 1952. – 306 p.
10. Swingler, K. Applying Neural Networks. A practical Guide: пер. с англ. Ю.П. Маслوبةва / К. Swingler. – <http://matlab.exponenta.ru/>
11. Цихан, Т.В. Кластерная теория экономического развития / Т.В. Цихан // Теория и практика управления. – 2003. – №5.
12. Портер, М. Конкуренция: Пер. с англ. / М. Портер. – М.: Вильямс, 2002. – 496 с.
13. Басовский, Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: Учебное пособие / Л.Е. Басовский. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 260 с.
14. Булатова, Н.Н. Формирование регионального промышленно-транспортного комплекса кластерного типа / Н.Н. Булатова. – СПб. : Политехн. ун-т, 2005.
15. Солодовников, А.С. Математика в экономике: Учебник / А.С. Солодовников, В.А. Бабайцев, А.В. Браилов. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 224 с.
16. Елисеева, И.И. Эконометрика / И.И. Елисеева. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 342 с.

## On approaches to modeling regional economic systems of cluster type

Drozdov A.B., Drozdova N.V.

Some approaches to modeling clusters as complex economic systems are considered. At the regional level, it is offered to use a model of cluster development forecasting, based on the interaction of an enterprise with the industrial cluster. The model is recommended to be completed by the functioning efficiency analysis of the formed cluster.