

наиболее подходящий участок для строительства предприятия.

Для практической реализации рассмотренного метода использовалась ГИС ArcView, разработанная фирмой ESRI [3]. Выбор данной ГИС обусловлен не только приемлемым соотношением цена/качество, широким распространением данной ГИС в России, но и возможностью написания собственных функций обработки пространственных данных с использованием встроенного объектно-ориентированного языка Avenue. Дополнительный набор функций прописывается в виде скриптов, которые могут быть вызваны для выполнения из другой программы. Именно данный механизм и использован для обработки пространственных данных, необходимых для построения пространственных моделей. Обмен данными между ГИС и разработанным программным модулем осуществляется средствами динамического обмена данными (DDE) между приложениями в среде Windows. Исходя из технологии и методики построения пространственных моделей, получены алгоритмы построения модели тематического

слоя и построения модели комплексных свойств территории.

Таким образом, учет территориального или пространственного фактора является необходимым условием для комплексного и всестороннего анализа состояния и прогнозирования развития экономики производственных комплексов и предприятий.

#### Литература

1. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: Учебник для вузов. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 495 с.
2. Гнатюк А.Б. Модели пространственного влияния как основа информационно-аналитического инструментария систем принятия решений по структуризации и организации экономического пространства производственных комплексов // Транспортные отделы России - Москва, №5 (102). – 2012.
3. ГИС: теория и практика. // ARCREVIEW. Современные геоинформационные технологии. 2012. № 3 (62).

УДК 519.711.3, 330.4

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ВЗВЕШЕННЫХ ОРГРАФОВ

*Горелко Георгий Петрович (gheorghy.gorelco@gmail.com)*

*Коровин Дмитрий Игоревич*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина»*

В статье обсуждается неоднозначность влияния наличия природных ресурсов на состояние социально-экономической системы. Подчеркивается, что степень такого влияния во многом обуславливает взаимоотношения элементов социально-экономической системы России, выражаемые как количественно, так и качественно. В данной статье основное внимание уделяется определению тех показателей системы, которые могли бы использоваться для качественного анализа отдельных элементов системы, но не могут быть получены в эксперименте (непосредственном наблюдении). Одним из путей решения данной проблемы, по мнению авторов, является разработка динамических моделей на основе математического аппарата взвешенных орграфов, которые, будучи достаточно простыми, описывали бы динамику изменения существенных аспектов экономических процессов. Для анализа исследуемых качественных характеристик разработанной модели используется математический аппарат, предложенный в работе [2].

**Ключевые слова:** взвешенный орграф, социально-экономическая система, колебания, сбалансированность, матрица сопряженности

Наличие природных ресурсов, несомненно, играет важную роль в развитии экономики страны. Однако их вклад может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на страну. Так, например, в некоторых странах, таких как Венесуэла, Боливия и др. ресурсное богатство в виде нефти и газа породило серьезные проблемы низких темпов развития, рост коррупции и неравенства. В то же время в странах, обделенными природными ресурсами, таких как Гонконг, Южная Корея, Сингапур и др. наблюдается бурный рост экономики. Однако есть ряд стран, демонстрирующие противоположные примеры. Так, например, у Норвегии –

страны, занимающей второе место по экспорту природного газа и пятое место по экспорту нефти, одна из богатых экономик мира. Возникает вопрос об эффективности использования имеющихся в стране природных богатств, их пользе. До сих пор нет единого мнения среди отечественных и зарубежных ученых [Sachs&Warner, Alexeev&Conrad, Wantchekon, Egorov et al, Гуриев С. Сонин К. и др.] о степени их воздействия, о пользе от эксплуатации природных ресурсов. В работе Andersen and Aslaksen (2008) авторы показали, что т.н. «ресурсное

родных ресурсов. В работе Andersen and Aslaksen (2008) авторы показали, что т.н. «ресурсное проклятие»<sup>1</sup> характерно для президентских демократий, в отличие от демократий парламентских. Авторы данной работы утверждают, что это – результат большей подотчетности и репрезентативности парламентских режимов. Возможно, что эксплуатация природных ресурсов может влиять на выбранную политику и институциональные меры. Так, доступ к ресурсной ренте может быть дополнительным стимулом для того, чтобы нынешний правитель держался за власть и блокировал угрожающие его режиму институциональные реформы. Desai, Olofsgård and Yousef (2009) указывают на доходы от природных ресурсов как на главный фактор, позволяющий автократическим режимам оставаться у власти путем «подкупа» населения.

В целом, литература по данной теме указывает на потенциальные экономические и политические проблемы, связанные с использованием природных ресурсов. Даже если какие-то вопросы остаются спорными, то при принятии надлежащих политических мер многие экономические проблемы разрешимы, а в развитой институциональной среде природные ресурсы могут положительно влиять на развитие экономики. Известно, что природные богатства, особенно в изначально слабой институциональной среде, обычно служат тормозом для проведения реформ и диверсификации экономики, а также увеличивают тягу к дележу ресурсной ренты. При автократических режимах доходы от природных ресурсов могут также использоваться элитами для укрепления власти, могут стать источником коррупции, вооруженных конфликтов, национальных протестов, что негативно влияют на рост и развитие экономики.

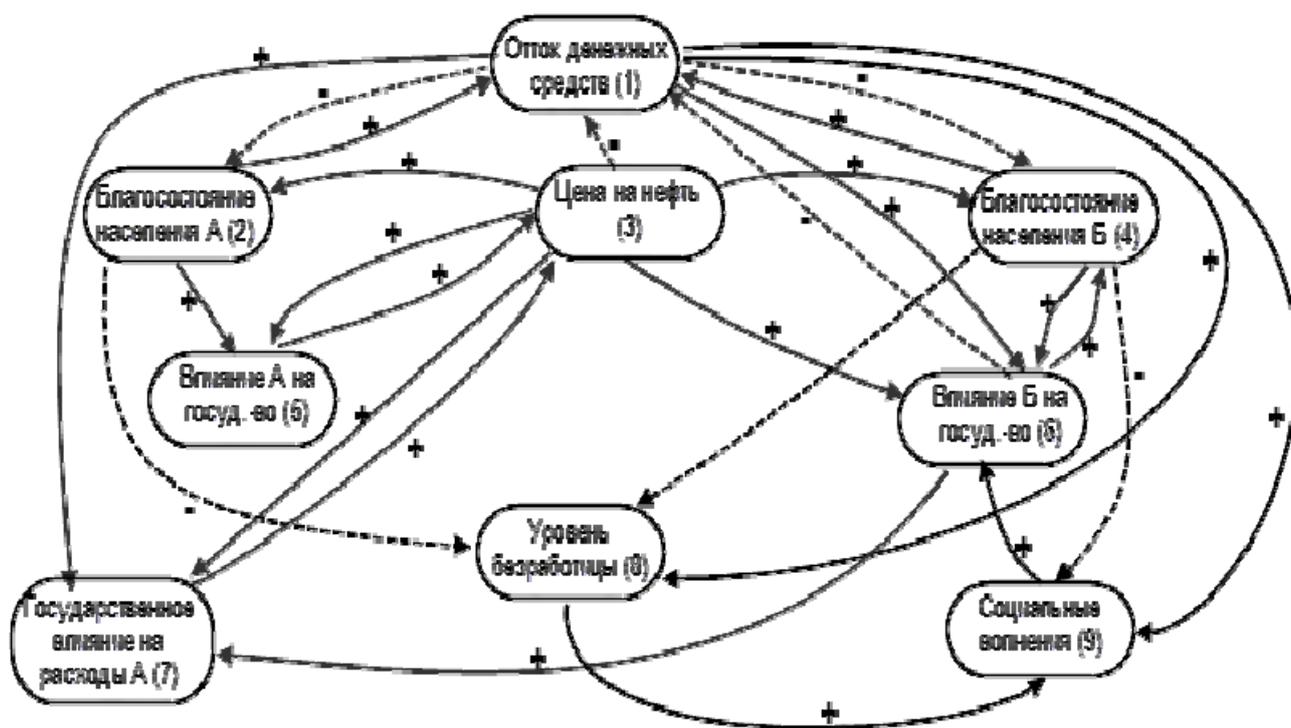
На сегодняшний день в среде специалистов, изучающих экономические процессы, уже сложились определенные методы исследования систем. Среди них наиболее известными являются статистические методы, на основе которых прогнозируются необходимые количественные показатели системы. В прогнозировании количественных факторов уже набрано достаточно много данных, и нужно делать следующий шаг, исследовать качественные характеристики системы, их скрытые зависимости, которые не видны на начальном этапе. В случае социально-экономических систем, такой прогноз является существенным для предотвращения социальных возмущений, катастроф и кризисов с тяжелыми последствиями. Однако нужно учесть, что социально-экономические

системы относятся, как правило, к так называемым сложным системам и их необходимо исследовать и моделировать в целом, обязательно учитывая динамичность экономических процессов, которые заключаются в изменении параметров и структуры экономических систем под влиянием среды (внутренних и внешних факторов). Поэтому в статье соответствие исследуемой модели с реальной понимается не в смысле точного численного соответствия, полученных при моделировании по каким-либо реальным статистическим данным, а в смысле динамического соответствия режимов функционирования, трендов модельной и реальной системы.

Данная работа является изложением концепции авторов состоящей в том, что элементы теории графов можно успешно применять для описания качественных характеристик динамических систем, используемых для моделирования экономических процессов в социально-экономической сфере. В частности, авторами исследуются скрытые зависимости социально-экономической системы России, посредством моделирования динамики изменения качественных показателей одних элементов системы, используя косвенную информацию об изменениях количественных показателей других элементов системы и информацию о взаимном влиянии элементов системы. Также определяется степень влияния этих факторов на поведение СЭС (например, влияние различных групп населения на государство или социальные выступления против порядка и т.д.), которая, по мнению авторов, демонстрирует существенную зависимость указанных качественных показателей системы от экономической составляющей СЭС.

Основой послужила модифицированная математическая модель, имитирующая поведение СЭС России за 2012 год, описанная в работе [2]. В качестве инструмента для исследования был рассмотрен аппарат взвешенных орграфов (рис. 1), где каждой дуге сопоставляется некоторое число - «степень воздействия» вершины на вершину (для удобства визуального восприятия используется сплошная стрелка при «усилении» воздействия одной вершины на другую и пунктирная стрелка – при изменении показателя вершины в обратную сторону).

<sup>1</sup> «Ресурсное проклятие» это наблюдаемый парадокс, который заключается в том, что страны в изобилии наделённые природными ресурсами имеют темпы экономического роста ниже, чем страны практически лишённые таких [Гуриев С., Сонин К.].



**Рисунок 1. Орграф взаимодействия некоторых факторов социально-экономической системы России**

Стоит отметить, что в представленной модели представителями *населения А* являются группа лиц, являющихся владельцами крупных портфелей активов («олигархи»), представителями *населения Б* являются группа людей, не владеющие активами или владеющие несущественными активами, неспособные вне организованной группы влиять на принятие управленческих решений по социально-экономическим вопросам.

Рассмотрим приведенный на рис.1 орграф, который в нашей модели определяет влияние факторов СЭС друг на друга. Факторы в нашем графе сопоставляются с вершинами. В качестве вершин орграфа взяты следующие параметры: 1 – характеристика оттока денежных средств из экономики РФ (выражается в долларом эквиваленте, используемая в экспортно-импортных торгах), 2 – благосостояние населения *А* (рассматривается динамика изменения стоимости активов группы компаний, мажоритарными портфелями которых владеют 20 наиболее состоятельных людей России), 3 – цена на нефть (цена фьючерсных контрактов марки Urals), 4 – благосостояние населения *Б* (среднедушевой денежный доход населения России)<sup>2</sup>, 5 – влияние группы *А* на государство,

6 – влияние группы *Б* на государство, 7 – государственное влияние на расходы представителей группы *А*, 8 – уровень безработицы, 9 – социальные волнения против порядка (рассматриваются в виде демонстраций, национальных протестов и пр.). Таким образом, группа вершин 1-4,8 характеризуют количественные показатели, а 5-7,9 – качественные показатели системы.

В орграф включены наиболее важные непосредственные связи. Например, дуга (1-4) отрицательная, поскольку отток денежных средств из экономики снижает уровень дохода различных групп населения. Однако со снижением дохода населения возникает риск банкротства, разорения мелких или средних предприятий, что порождает рост уровня безработицы (дуга 4-8 отрицательная). Известно, что с увеличением уровня безработицы возрастает социальное недовольство и опасность социальных выступлений против порядка (дуга 8-9 положительная). В то же время рост социальных выступлений оказывает существенное влияние на деятельность правительства (дуга 9-6 положительная). Степень этого влияния оказывает воздействие на государство, демон-

<sup>2</sup> Авторы понимают, что вершины, рассматриваемые как «благосостояние населения *А*» и «благосостояние населения *Б*» не являются полноценно отражающими суть процесса. Для чистоты модели необходимо рассмотреть динамику изменения доходов специфического кластера. Однако

разделение населения России по социальному статусу авторами не обнаружено. Тем не менее, достаточно большое количество людей в РФ не способны в силу ограниченности капитала влиять на управленческие решения государственными структурами. Это указывает на несущественное влияние присутствия категории, рассмотренной нами как *А*, на изменение показателей, рассматриваемых нами как категории *Б*.

стрирующее политику, основанную на выравнивании доходов различных групп населения, а также сдерживания оттока денежных средств из экономики страны (дуга 6-1 отрицательная). Заметим, что контур (1-4-8-9-6-1) оказался несбалансированным (произведение знаков в контуре отрицательно). Известно, что в таких случаях возможны колебания.

С помощью орграфа опишем динамику некоторых экономических процессов СЭС России. Для этого используем матрицу сопряженности, предложенную в работе (1). Напомним, что в качестве элементов матрицы сопряженности ( $M$ ) размерностью  $N+1 \times N+1$  ( $N$  - количество вершин орграфа), использовались положительные значения, если пара вершин соединены ребром с положительным воздействием, отрицательные значения, если пара вершин соединены ребром с отрицательным воздействием, а в остальных случаях - 0. Столбец и строка с номером  $N+1$  матрицы сопряженности соответствуют вершине «время», в течение которого происходят воздействия на систему. С помощью матрицы сопряженности исследовались различные сочетания влияния всех взаимосвязей на поведение СЭС. Перемножая матрицу сопряженности на себя дважды, получали результат взаимодействия связей, при анализе последовательности двух вершин, трижды – трех вершин и т.д.

В большинстве случаев в исследуемых графических моделях для анализа динамики изменения экономических процессов социально-экономической системы возникают вершины, количественные значения которых неизвестны

(качественные показатели). Особый интерес в таких случаях вызывает способ описания поведения этих вершин в системе. В статье авторами делается попытка моделирования некоторым образом своего восприятия и демонстрация того, как эти величины изменяются со временем в рамках данной модели по следующему алгоритму:

- 1) Выделяются 2 группы вершин: с количественными ( $n$ ) и качественными ( $q$ ) показателями.

$$n + q = N \quad (1)$$

где  $N$  – количество вершин в графе.

- 2) Строится функция  $f(t)$  по наблюдениям экспертов за количественными показателями в моменты времени  $t = 1, 2, \dots, T$  (где  $T$  - максимальный момент времени, до которого должно быть выполнено некоторое решение).

- 3) Рассматриваются новые функции  $y(t, M)$ , как результат перемножения вектора начального распределения на матрицу сопряженности  $M^t$ , где  $(M)^t$  - есть символическая процедура перемножения матрицы сопряженности  $M$  с собой  $t$  – раз. В качестве весов, определяющую силу связи, в матрице сопряженности используются данные, полученные путем параметризации модели на основе метода наименьших квадратов [2].

Данный алгоритм является одним из приемов для получения значений матриц сопряженности и обеспечивает в частности достаточно точное описание динамики изменения количественных величин (рис.2).

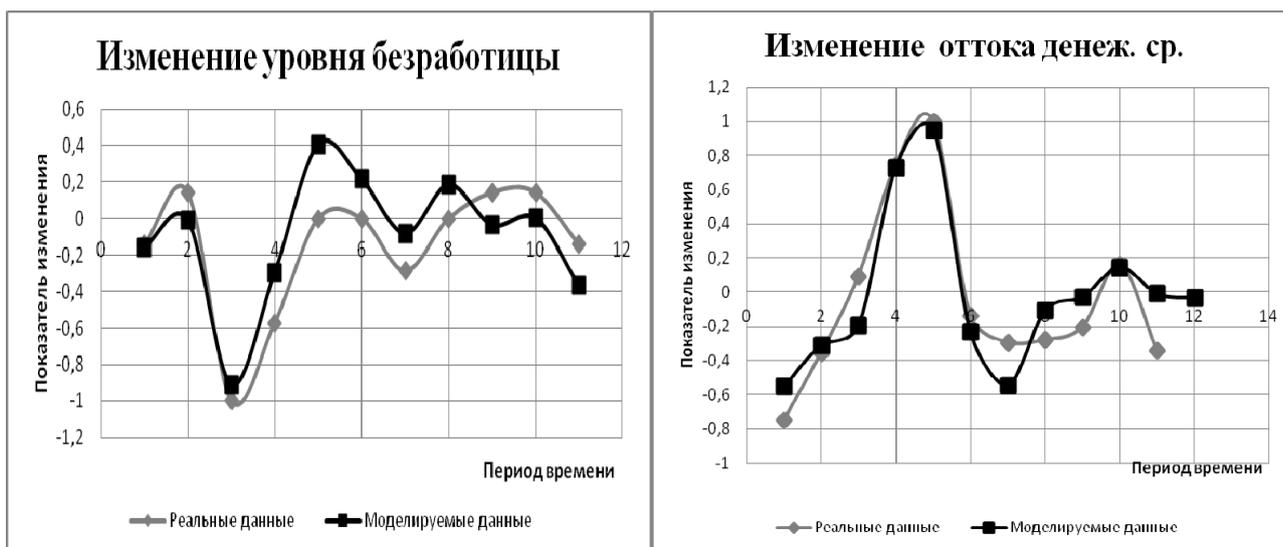


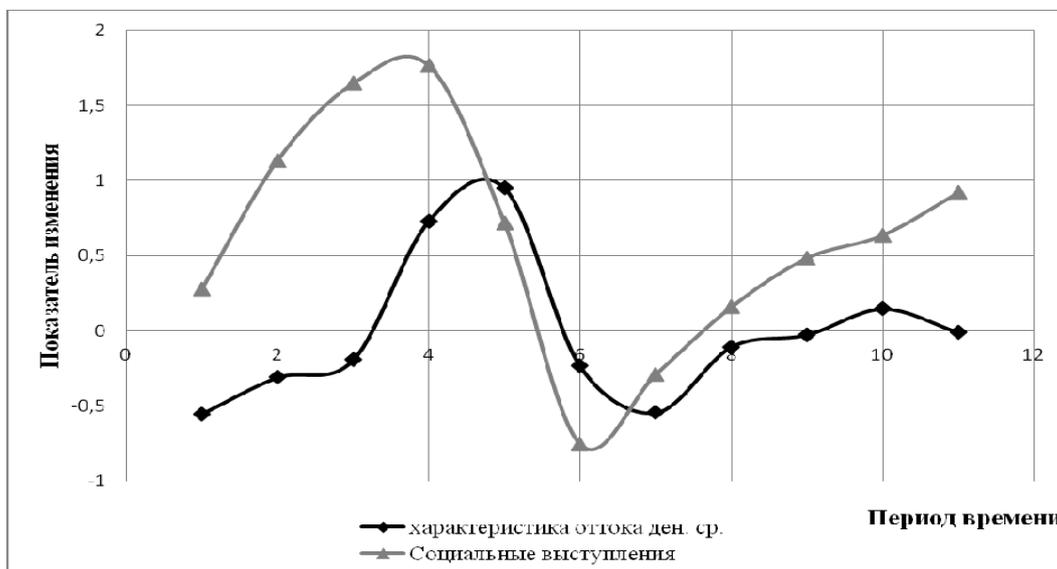
Рисунок 2. Примеры сравнения динамики изменения некоторых количественных показателей, полученных моделью, с реальными данными

Таким образом, на основе предложенного алгоритма описания качественных параметров СЭС используя косвенную информацию об из-

менениях количественных показателей других элементов системы и информацию о взаимном влиянии элементов системы, сделан анализ

динамики изменения качественных показателей системы и построены соответствующие графики для анализа воздействия вершин друг на друга. Особое внимание уделяется анализу социальных волнений в России за 2012 год в зависимости от динамики изменения некоторых экономических показателей.

Графические иллюстрации различных сценарий динамики изменения этих параметров представлены ниже. Данные диаграммы получены авторами посредством применения пакета прикладных программ MS Excel 2007 (рис 3-8).



**Рисунок 3. Динамика изменения социальных выступлений и оттока денежных средств**

На рисунке 3 можно заметить тенденцию, описывающую отток денежной массы из экономики страны, что не способствует ее развитию. В то же время социальные волнения 2012 года, связанные с ходом предвыборных и послевыборных акций (майские митинги и демонстрации) коррелируют с незначительным лагом с динамикой изменения оттока денежных средств из экономики страны.

Сами по себе социальные акции 2012 года, выраженные в виде демонстраций (беспорядки на Болотной площади 6 мая, «Марш миллионов» июнь/сентябрь, «Русский марш» и др.), розжиг межэтнических, национальных конфликтов (бытовой конфликт в поселке Демьяново, Кировской области и др.), роста ксенофобного вандализма (вынесение в августе приговора участницам группы Pussy Riot) и др.,

бурный всплеск и падение которых описан на графиках (рис.3-8), по сути, служат не только средством улучшения собственного имиджа, но и – благодаря большому масштабу, привлечению внимания СМИ – позволяют получить доступ к более широкой аудитории, наладить контакты с другими движениями, заявить о себе в регионе. Можно сделать вывод, что подобные социальные выступления против порядка, по существу, носят экономический характер. Именно экономическая обстановка предопределяет те взаимоотношения в социально-экономической системе, которые приводят к проявлению различных социальных конфликтов.

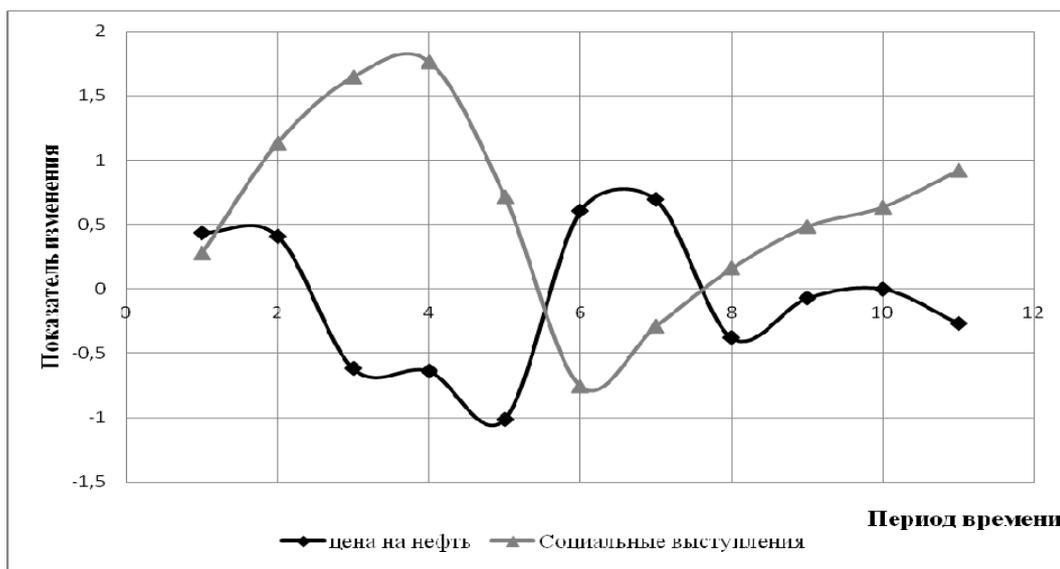


Рисунок 4. Динамика изменения социальных выступлений и цены на нефть

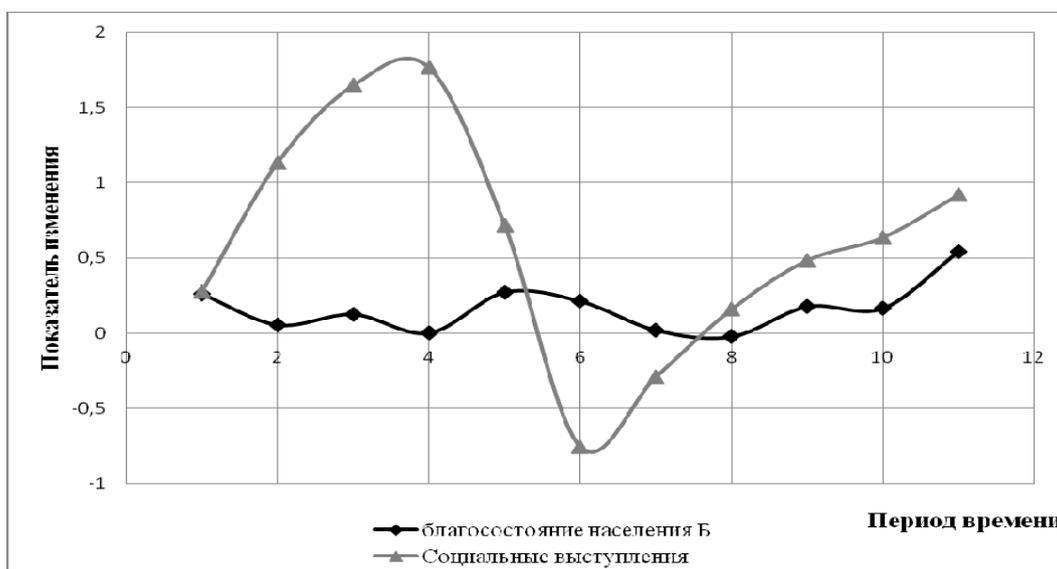


Рисунок 5. Динамика изменения социальных выступлений и благосостояния населения Б

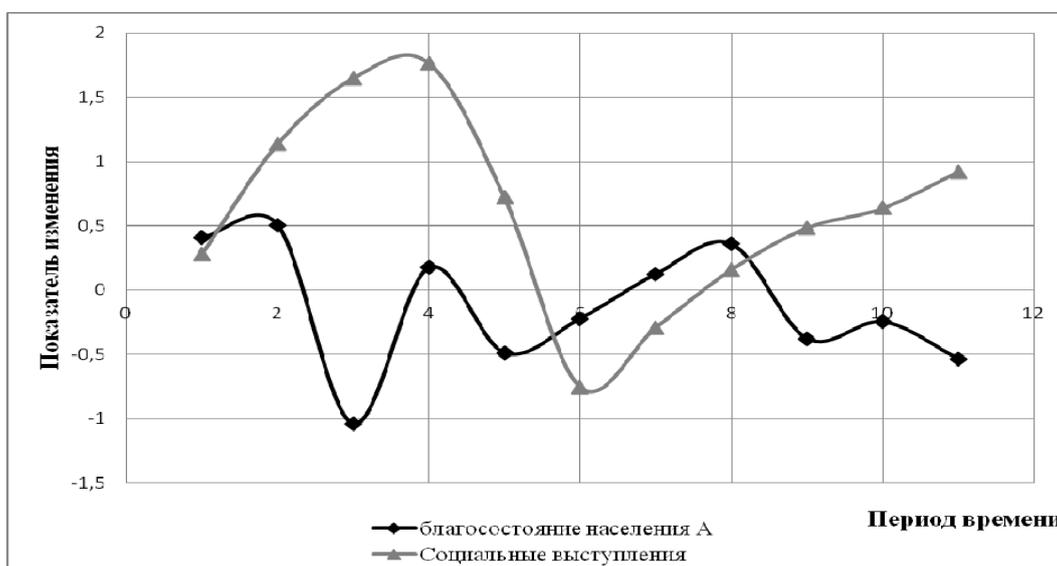


Рисунок 6. Динамика изменения социальных выступлений и благосостояния населения А

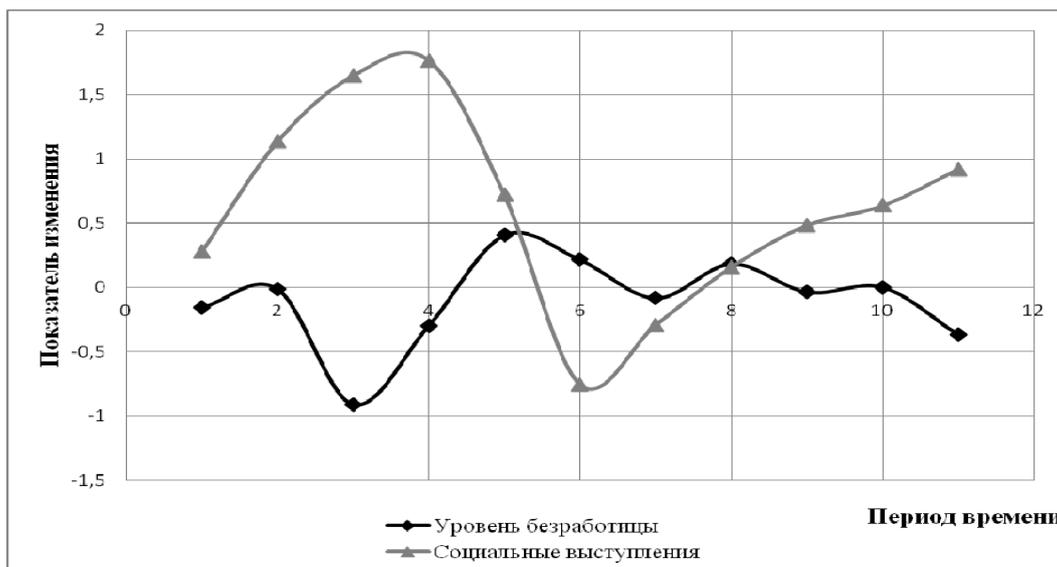


Рисунок 7. Динамика изменения социальных выступлений и уровня безработицы

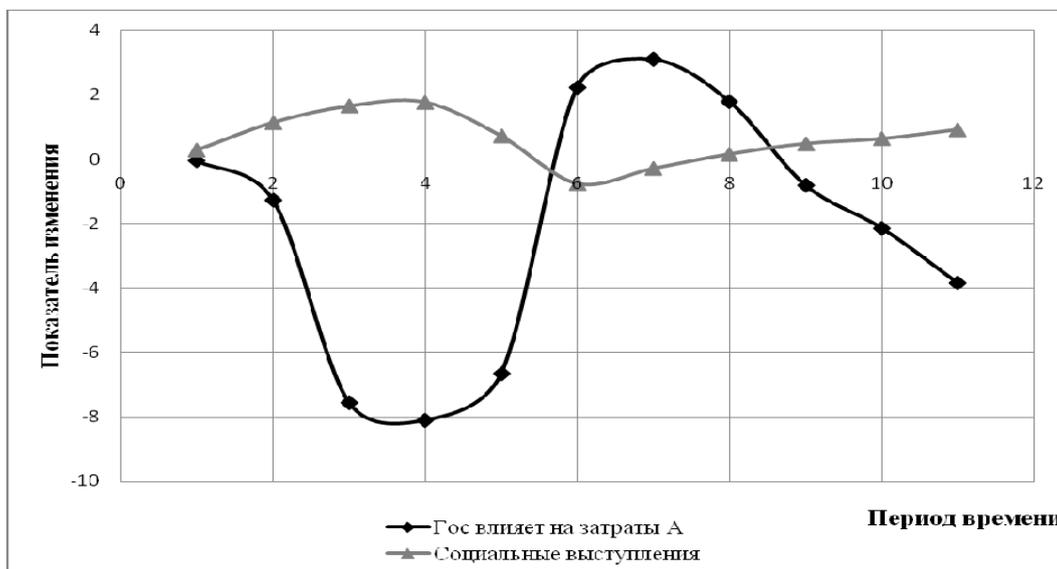


Рисунок 8. Динамика изменения социальных выступлений и государственного влияния на затраты населения А

Как известно, в 2012 году социально-экономическая обстановка в России продолжала постепенно ухудшаться. Это было неизбежно в условиях выбранной модели развития, связанной с интеграцией в мировой рынок в качестве сырьедобывающего региона (Федеральный закон от 21 июля 2012 года № 126-ФЗ "О ратификации Протокола о присоединении Российской Федерации к Марракешскому соглашению об учреждении Всемирной торговой организации от 15 апреля 1994 г.). В России, будучи одной из наиболее уязвимых стран в силу природных богатств, любые экономические или финансовые проблемы оказывают заметное влияние на социально-экономическое положение в стране. Любые скачки на финансовых рынках приводят к резким колебаниям

курсов валют (падение рубля относительно доллара на рис. 4). Данная закономерность прослеживается и на рисунке 3. Ярким примером служат скачки в мае месяце, когда из-за проблем с мировыми ценами на нефть произошло резкое падение рубля, а после этого последовала некоторая коррекция цены на нефть. При этом заметные колебания мировых цен на нефть и газ вызывают соответствующую реакцию социальной системы России.

Сценарий резкой девальвации рубля в итоге в среднесрочном масштабе времени не реализовался, и рубль к концу 2012 года относительно доллара вернулся примерно к начальному уровню. Тем не менее, резкое падение рубля в мае показывает, насколько зависима российская экономика от конъюнктуры мирово-

го спекулятивного рынка и к каким катастрофическим последствиям может привести падение цен на нефть, если бы оно было более глубоким или продлилось бы дольше по времени.

Таким образом, исследуя динамику изменения качественных показателей социально-экономической системы на основе информации об изменениях количественных показателей системы и информации о взаимном влиянии элементов системы с помощью аппарата взвешенных орграфов можно выяснять характер и степень влияния данных показателей на поведение социально-экономической системы.

### Литература

1. Горелко Г.П. Исследование поведения социально-экономической системы с учетом фактора времени // Проблемы экономики, финансов и управления производством. Сборник научных трудов вузов России – Иваново: ИГХТУ, 2012. - №32. - С. 213-217
2. Горелко Г.П., Коровин Д.И. Моделирование взаимодействий факторов социально-экономической системы России методом теории графов // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. - 2013. - №2. - С. 100-106.
3. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 22.11.2013)

УДК 311.42:331.538.2

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАДРОВОЙ СТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Елин Николай Николаевич (yelinnn@mail.ru)*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»*

*Елина Татьяна Николаевна*

*ФГБОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»*

В работе проводится исследование статистических моделей кадровой структуры предприятия. Предложены методы прогнозирования численности персонала в целом и с разделением по отдельным профессиям и специальностям.

**Ключевые слова:** прогнозирование, кадры предприятия, корреляционно-регрессионные модели, рабочая сила, потребность в кадрах.

Демографическая ситуация в России и обусловленный ей обостряющийся дефицит трудовых ресурсов при избытке работников некоторых профессий диктует необходимость управления рынком труда на основе прогнозирования потребности в кадрах. Особенно актуальна эта задача для отдаленных обособленных «моногородов», большая часть населения которых связана с одним крупным предприятием.

Первой стадией прогнозирования кадровой структуры является прогнозирование динамики численности работников предприятия, а второй - распределение найденной численности по существующим рабочим местам. Для выполнения первого этапа необходимо на основе статистических данных выделить комплекс факторов, существенно влияющих на численность работников предприятия, выявить и оценить степень функциональных связей между этими факторами и разработать математическую модель, описывающую эти связи.

В качестве математического инструментария предлагается применять классические кор-

реляционно-регрессионные модели, а также модели, сводящиеся к ним [1].

Относительная ограниченность статистической базы определяет вид используемых регрессионных моделей – двухфакторных моделей типа  $Z(t)=F(\Phi_1, \Phi_2)$ , где  $Z(t)$  – численность работников;  $\Phi_1, \Phi_2$  – факторы, влияющие на численность.

Построение прогнозной модели динамики численности работников предприятия производится в шесть этапов. На первом этапе анализируются показатели работы предприятия и отбираются для дальнейшего исследования те из них, которые существенно влияют на численность работников. На втором этапе методами корреляционного анализа проводится оценка степени связи между отобранными показателями. На третьем этапе моделируются зависимости численности работников от отобранных показателей в виде уравнений регрессии. При этом используются три вида регрессии: факторная модель регрессии, смешанная регрессия (с авторегрессионной компонентой), регрессия с включением фактора времени. На четвертом этапе рассчитываются МНК-оценки