

А.А. Скорняков, И.А. Лыков, С.А. Охотников

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНОУСТРОЕННОГО СУБЪЕКТА РФ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ НА ПРИМЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматривается в качестве макросистемы современный российский регион — сложноустроенный субъект РФ Тюменская область. Вычислена корреляционная функция по обработке статистических данных (метод Херста). Приведен обзор подходов к моделированию нелинейных систем. Рассмотрены варианты подбора термодинамических и экономических величин.

Моделирование нелинейных систем, сложноустроенный субъект Федерации, Тюменская область.

Тюменская область — сложносоставной субъект Российской Федерации, включающий три самостоятельных субъекта: собственно Тюменскую область и два автономных округа. У Ханты-Мансийского автономного округа — Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа равный конституционный статус и равное представительство в Совете Федерации, собственные законодательные органы. Властные полномочия администрации Тюменской области распространяются только на ее южную часть, но юридически соответствующего субъекта РФ нет. Каждый из этих субъектов имеет свою экономику и самостоятельный бюджет. Важной особенностью является то, что экономика области трансформирует большие потоки ресурсов. Входящий поток — капитал, трудовая миграция, исходящий — огромный по физическому объему и стоимостному выражению поток углеводородного сырья. Генерируют исходящий поток в основном автономные округа, в то время как Юг Тюменской области выполняет главным образом сервисные функции [18]. В 2008 г., по данным Госкомстата, Россия поставила на мировой рынок нефти и газа на 59,5 млрд долл. — 43,9 % стоимости всего экспорта. Поскольку из общего объема добычи природного газа на Тюменскую область приходилось 92 %, а нефти — 67 %, можно считать, что область экспортировала углеводородного сырья на 45 млрд долл. Тюменская область обеспечивает 21 % мирового производства газа и более 8 % нефти [17].

В условиях рыночной экономики большинство экономических систем являются открытыми, что подтверждается многими авторами, например, О.М. Белоцерковский с соавт. [3] считают: «В экономике трудно представить неизменные во времени рыночные отношения. Меняются курсы валют, цены на определяющие ресурсы, технологии и многое другое. В силу того, что большинство экономических систем являются открытыми, сохранить равновесность достаточно долго не удастся. Реальнее неравновесная модель макросистемы».

В классической экономике любые процессы, происходящие в экономических системах, принято рассматривать с позиции равновесия, что означает некоторую стационарность параметров такой системы. Равновесность и неравновесность — формализованные понятия для технических наук. Например, в термодинамике равновесным называется процесс, представляющий собой непрерывную последовательность равновесных состояний, неравновесный процесс — последовательность состояний, среди которых не все равновесные [6]. В экономике равновесие означает соблюдение двух условий:

инвестиции равны сбережениям, а спрос равен предложению [1]. Ситуация неравновесия — нарушение этого условия, что влечет за собой неравновесность цен и соответственно неравновесную динамику экономических показателей.

Оценим неравновесность экономики Тюменской области по следующим данным: объем отгруженной продукции, инвестиции в основной капитал, стоимость основных средств, ВРП, капитализация. Инвестиции характеризуют входящий поток; объем отгруженной продукции — исходящий; стоимость основных фондов, ВРП и капитализация — потенциал и процессы, относящиеся к самой территории.

Данные по капитализации, рассчитанные по стоимости крупнейших компаний С.В. Силиффонкиной [11], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка регионов УрФО по сумме капитализации крупнейших предприятий

| Место в рейтинге | Регион | Капитализация пяти крупнейших предприятий, млн руб. | Доля капитализации региона |
|------------------|----------------------|---|----------------------------|
| 1 | ХМАО | 1407923,3 | 51,88 |
| 2 | Челябинская область | 460313,2 | 16,96 |
| 3 | ЯНАО | 392913,1 | 14,48 |
| 4 | Свердловская область | 371898,5 | 13,70 |
| 5 | Тюменская область | 78064,6 | 2,88 |
| 6 | Курганская область | 2583,9 | 0,10 |

Из табл. 1 видно, что наибольшую капитализацию имеет ХМАО, наименьшую — Юг Тюменской области (ТО), причем капитализация ХМАО составляет более 50 % от суммарной капитализации УрФО.

Динамика стоимости основных фондов представлена на рис. 1.

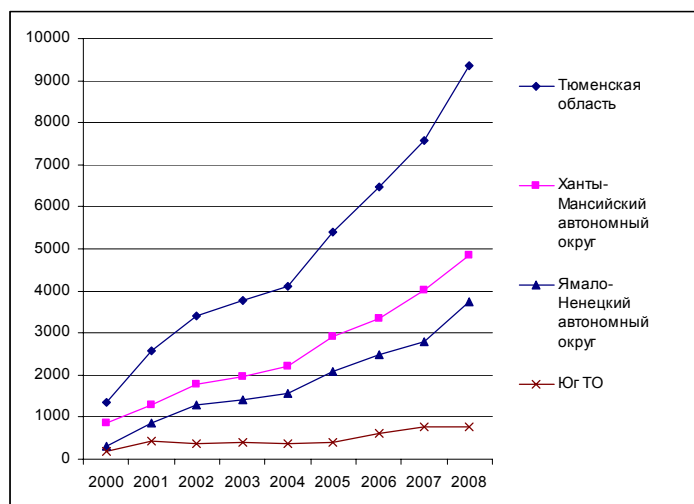


Рис. 1. Стоимость основных фондов на конец года по полной учетной стоимости, млрд. руб. [13]

Основной показатель развития территории — валовой региональный продукт (ВРП) за последние годы представлен на рис. 2.

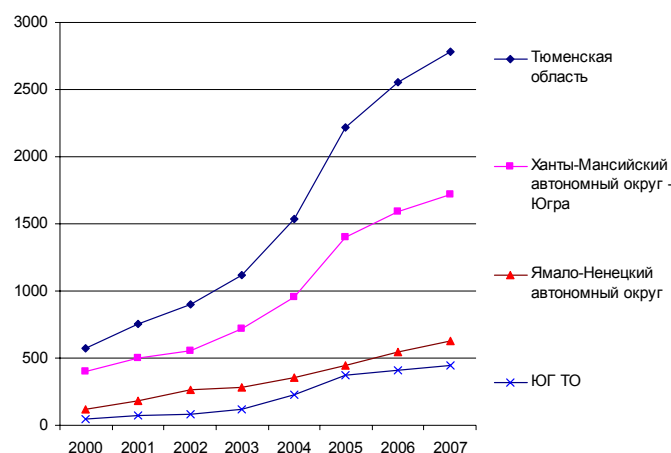


Рис. 2. Валовой региональный продукт, млрд. руб. [13]

Для подтверждения неравновесности применим метод Херста, полученный результат отражен в табл. 2.

Таблица 2

Оценка устойчивости экономики Тюменской области по ВРП

| Регион | Показатель Херста | Значение корреляционной функции |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Тюменская область | 0,923 | 0,797 |
| Ханты-Мансийский автономный округ | 0,928 | 0,811 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ | 0,886 | 0,706 |
| Юг ТО | 0,937 | 0,834 |

В результате установлено следующее.

1. Полученные значения $H \geq 0,5$ говорят о персистентном поведении ряда (сохранении тенденции к росту), об этом же свидетельствует положительное значение корреляционной функции. Из табл. 2 следует, что тенденция к росту у ХМАО и Юга ТО выше, чем у ЯНАО, но в целом у области тенденция несколько ниже в сравнении с лидирующими территориями.

2. К недостаткам полученных данных по показателям нелинейной динамики следует отнести малое количество точек временных рядов, что приводит скорее к качественным оценкам прогноза развития территорий.

3. Территории Тюменской области обладают различной устойчивостью по показателю ВРП, что свидетельствует о неравновесности процессов, происходящих в ее экономике. Из графика видно, что динамика ВРП для каждого из регионов, входящих в состав Тюменской области, имеет свои особенности. Наибольший вклад в обобщающий показатель ВРП вносит экономика ХМАО.

Динамика инвестиций в основной капитал характеризуется большой неравномерностью по субъектам, входящим в состав Тюменской области (рис. 3). Применим метод Херста для анализа устойчивости тренда инвестиций.

Результаты R/S-анализа динамики инвестиций представлены в табл. 3.

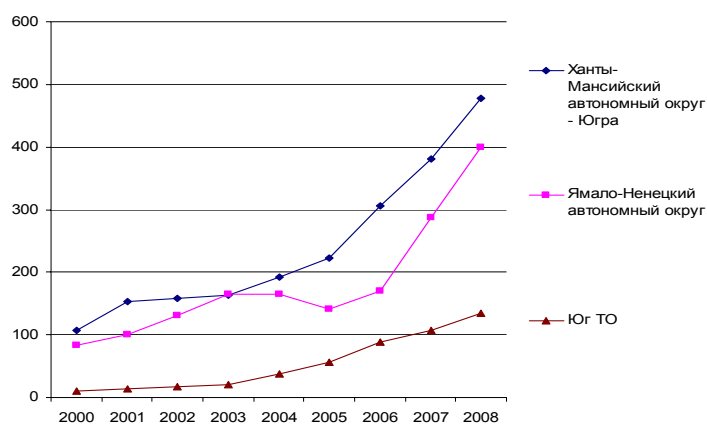


Рис. 3. Инвестиции в основной капитал, млрд. руб. [13]

Таблица 3

Оценка устойчивости экономики Тюменской области по инвестициям

| Регион | Показатель Херста | Значение корреляционной функции |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Тюменская область | 0,814 | 0,546 |
| Ханты-Мансийский автономный округ | 0,858 | 0,642 |
| Ямало-Ненецкий автономный округ | 0,697 | 0,314 |
| Юг ТО | 0,904 | 0,75 |

Было установлено:

1. Низкое значение корреляционной функции для ЯНАО можно расценивать как показатель неравновесности развития.

2. Для всех территорий показатель Херста выше 0,5, что говорит о персистентном поведении рядов.

3. Самое высокое значение корреляционной функции отмечено для Юга ТО, что свидетельствует о наиболее равномерном поступлении инвестиций в экономику субъекта в сравнении с остальными исследуемыми в рамках данной статьи.

Динамика отгруженной продукции без классификации по видам экономической деятельности за последние три года представлена на рис. 4.

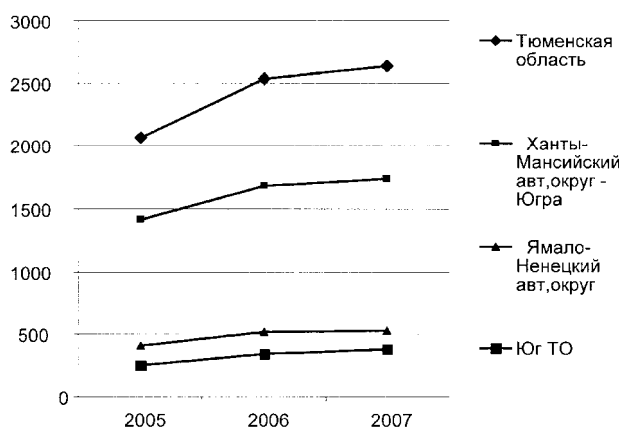


Рис. 4. Объем отгруженной продукции, млрд. руб. [13]

Таким образом, можно утверждать, что Тюменская область, обмениваясь значительными потоками ресурсов с окружающей средой, характеризуется как открытая система. При этом по динамике показателей субъекты, входящие в состав Тюменской области, существенно различаются и обладают разной степенью устойчивости, что было установлено методом Херста для ВРП и инвестиций. Ни один из показателей и их комбинация в рассмотренный период не возвращались в предшествующее состояние, что свидетельствует о неравновесности процессов в экономике.

Макросистемы, общим признаком которых является стохастичность на микроуровне и детерминированность на макроуровне, имеющие различную природу, можно исследовать на основании универсальных закономерностей. Согласно этому принципу исследуются многие физические системы. Он применим и для сравнения экономических и физических систем. Важность разработки экономико-математических моделей и методов исследования процессов ресурсораспределения в экономических системах подтверждается вхождением данной проблематики в перечень приоритетных исследований РАН.

В физике математический инструментарий для анализа неравновесных систем разработан достаточно детально. Применение физических моделей для исследования экономических систем развилось в ряд самостоятельных дисциплин. Прежде всего, следует иметь в виду междисциплинарные фундаментальные исследования нобелевского лауреата И. Пригожина, создавшего современную термодинамику. Работы И. Пригожина и его коллег (соавторов) П. Гленсдорфа, Г. Николиса и др. еще долго будут определять развитие междисциплинарных подходов в различных областях знаний. Для понимания задач моделирования нелинейных систем в рамках экономической синергетики важны работы В.-Б. Занга, И. Дьярмати, Ю. Климонтовича, Р. Гилмора, А. Вильсона, В.Р. Цибульского, Г.П. Быстрая и других ученых.

В последние десятилетия мощный толчок получили теория и практика исследования сложных систем, фундаментальный вклад в которое внес Г. Хакен. Сложными системами занимались многие российские ученые, отметим школы академика Б.Н. Петрова, Я. Цыпкина и др.

Для наших целей представляют интерес исследования в области неравновесной термодинамики Р.Л. Стратоновича, С. Кеплена, Э. Эссича, А.М. Цирлина, в области математического моделирования — школы А. Самарского, в области открытых систем — профессора Ю. Климонтовича. Среди экономистов, которые достаточно близко подошли к экономике открытых систем, П. Самуэльсон и Ф. Перу и др. В разработке экономико-математических методов во второй половине XX в. преуспели отечественные ученые Л.В. Канторович, В.В. Новожилов, Д.С. Львов, В.Л. Макаров, К.Я. Петраков, Л.И. Абалкин, С.А. Айвазян, В.В. Ивантер, К.А. Багриновский, А.Я. Лифшиц, С.П. Курдюмов, Г.Б. Клейнер, В.М. Матросов, И.Н. Дрогобыцкий, В.Н. Крючков, А.А. Аксельбанд, В.М. Бродянский, В.С. Мартыновский, И.С. Гузман, В.И. Меркулова, В.П. Бурдакова.

В современной научной литературе широко применяется парадигма эколого-экономического моделирования для изучения влияния хозяйственной деятельности человека на биоценозы. Исследованию различных аспектов взаимодействия экономики и окружающей природной среды, проблем функционирования и моделирования эколого-экономических систем, в том числе на региональном уровне, посвящены труды В.И. Гурмана, М.Я. Лемешева, О.П. Литовки, П.М. Нестерова и А.П. Нестерова, А.Л. Новоселова, К.В. Павло-

ва, В.М. Разумовского, Е.В. Рюминой, О.П. Санжиной, Н.В. Чепурных, М.Д. Шарыгина, А.Я. Якобсона и др. [10].

В работах Л.И. Розоноэра «Обмен и распределение ресурсов (обобщенный термодинамический подход)» [9] и А.М. Цирлина «Методы оптимизации в необратимой термодинамике и микроэкономике» [17] в явном виде предложено, как можно найти подобие между термодинамическими величинами и экономическими показателями (табл. 4, 5).

Таблица 4

Подобие термодинамических и экономических величин по Л.И. Розоноэру [9]

| | Экономика | Термодинамика |
|---|---|--|
| Эффект | Доход (полезность), S | Энтропия, S |
| Ресурсы | Ресурсы ($x_1 \dots x_i$) | Энергия, объем, E, V |
| Структурная функция | Критериальная функция $S(x_1 \dots x_i)$ | Равновесная энтропия $S(E, V)$ |
| Значимость ресурса | Оценка (цена) ресурса $c_i = \frac{\partial S}{\partial x_i}$ | $\frac{\partial S}{\partial E}; \frac{\partial S}{\partial V}$ |
| Базисный ресурс | Денежный измеритель x_i | Энергия, E |
| Базисное отношение эффекта | $\tau = 1/c_i$ | Температура $T = \frac{1}{\frac{\partial S}{\partial E}}$ |
| Базисное обменное отношение ресурса | Нормируемая цена ресурса $p_i = \frac{\partial S}{\partial x_i} / \frac{\partial S}{\partial x_1}$ | Давление $p_i = \frac{\partial S}{\partial V} / \frac{\partial S}{\partial E}$ |
| Характеристические функции (в единицах базисного ресурса) | $\tilde{\Pi}_r = \tau \cdot S - \sum_{j=1}^r p_j \cdot x_j$ $p_1 \equiv 1 \quad (r = 1 \dots n)$ | Термодинамические потенциалы $\Phi = E + pV - TS$ $F = E - TS$ |
| Добавочный эффект (в единицах базисного ресурса) | $\tilde{\Pi}_r = \tau \cdot S - x_1 - \sum_{j=1}^r p_j \cdot x_j$ | Свободная энергия Гиббса $F = E + pV - TS$ |

Таблица 5

Подобие термодинамической и экономической систем по А.М. Цирлину* [17]

| Термодинамическая система | | Экономическая система | |
|---------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| Название | Обозначение | Название | Обозначение |
| Температура резервуара | T_+ | Цена на рынке совершенной | p_+ |
| Поток теплоты | $q = a(T_+ - T_-)$ | Поток ресурса | $g = a(p_+ - p_-)$ |
| КПД системы | η | Норма дохода посредника | η |
| Энергия системы | U | Запас ресурса | N |
| Энтропия | S | Благополучие | S |
| Диссипация энергии | σ | Диссипация капитала | σ |

* T_+ — температура резервуара, К; T_- — температура окружающей среды, К; p_+ — цена ресурса на рынке совершенной конкуренции, ден. ед; c — цена ресурса, назначаемая фирмой, ден. ед; N — запас ресурса, ден. ед; U — внутренняя энергия системы, g, q — потоки тепла и ресурса.

Большой вклад в развитие направления внесли работы Г.П. Быстрая. В этих работах в строгой математической формулировке обосновывается применимость идей И. Пригожина для анализа экономических систем.

4 Таблица 6

Подобие термодинамических и экономических величин по Г.П. Быстрой [2]

| Термодинамическая система | | Экономическая система | |
|---|------------------|---|------------------|
| Название | Обозначение | Название | Обозначение |
| Скорость изменения энтропии | $G(t)$ | Скорость приращения денежной массы | $G(t)$ |
| Внешний поток | J_i | Предложение (объем производства) | J_i |
| Внешняя сила | X_i | Цена предложения (величина производственных издержек на 1 ед. товара) | X_i |
| Внутренний поток | J_e | Спрос (объем потребления) | J_e |
| Внутренняя сила | X_e | Цена спроса (приобретения) | X_e |
| Феноменологические коэффициенты Оназагера | L_{ie}, L_{ei} | Перекрестные коэффициенты эластичности | L_{ie}, L_{ei} |

В работе А. Дж. Вильсона «Энтропийные методы моделирования сложных систем» можно найти следующий пример применения феноменологии термодинамики неравновесных процессов: «Итак, если в определенных веществах поддерживается разность температур, то может возникнуть электрический ток — термоэлектрический эффект. Поток “теплоты” переходит в поток полезности или денег, сохранение финансового стимулирования устанавливает вполне определенные межрегиональные потоки товаров. Тогда эквивалент термоэлектрического эффекта будет состоять в том, что поддержание разницы в оплате труда приведет не только к дополнительным потокам людей, но и к потокам товаров» [4].

Различие в подходах к определению подобия между термодинамическими и экономическими величинами делает необходимым уточнения в рамках теории подобия.

Авторы благодарны профессорам В.Р. Цибульскому и Г.П. Быстрой за помощь в написании работы и обсуждении полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абель Э., Бернанке Б. Макроэкономика. 5-е изд. СПб.: Питер, 2008. 768 с.
2. Быстрой Г.П. Аналитическая макроэкономика. Динамика неравновесных макроэкономических процессов. Екатеринбург: УрГУ, 1994. 71 с.
3. Белоцерковский О.М., Быстрой Г.П., Цибульский В.Р. Экономическая синергетика. Вопросы устойчивости. Новосибирск: Наука, 2006. 116 с.
4. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. М.: Наука, 1978.
5. Лукша П.О. Самовоспроизводство в эволюционной экономике. 2007.
6. Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: Синергетика и самоорганизация. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 264 с.
7. Нужина И.П., Юдахина О.Б. Концептуальная модель региональной эколого-экономической системы // Вестн. Том. ун-та. 2008. № 1(2).
8. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002. 462 с.
9. Розоноэр Л.И. Обмен и распределение ресурсов (обобщенный и термодинамический подход) // Автоматика и телемеханика. 1973. № 8. С. 82–103.
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2009: Стат. сб. / Росстат. М., 2009. 990 с.

11. Силифонкина С.В. Анализ влияния капитализации на устойчивость развития компании // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2008. № 7. С. 109.
12. Соловьев Ю.Л. Энтропийные методы развития города. // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. № 2. С. 101–112.
13. Тюменская область в мировой экономике. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.uprav72.ru/about/clause/79/3291775/>.
14. Термодинамика. Основные понятия. Терминология. Буквенные обозначения величин. М.: Наука, 1984.
15. Федер И. Фракталы. М.: Мир, 1991. 261 с.
16. Цибульский В.Р. Неравновесная макросистемная модель развития территории (город, поселок) // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. № 4.
17. Цирлин А.М. Методы оптимизации в необратимой термодинамике и микроэкономике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 416 с.
18. Цибульский В.Р. Заруба О.В Силифонкина С.В. Стратегия развития сервисных территорий // Докл. участников VII Общероссийского форума лидеров стратегического планирования. 20–21 окт. 2008 г. / Под ред. Б.С. Жихаревича. СПб.: Леонтьевский центр, 2009. 176 с.
19. Чернявский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. О проблемах физической экономики // Успехи физических наук. 2002.

A.A. Skornyakov, I.A. Lykov, S.A. Okhotnikov

**SIMULATION OF A COMPLEXLY ARRANGED SUBJECT OF THE RUSSIAN
FEDERATION USING METHODS OF NONLINEAR DYNAMICS ILLUSTRATED
BY TYUMEN OBLAST**

Subject to consideration as a macrosystem being a contemporary Russian region: Tyumen Oblast — a complexly arranged subject of the Russian Federation. The authors compute a correlation function on processing statistic data (Herst method). The paper quotes a revision of approaches to simulation of nonlinear systems, considering variants of similarity between thermodynamic and economic values.

Simulation of nonlinear systems, complexly arranged subject of the Federation, Tyumen Oblast.