

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТРЕНДА ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РФ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**Инна Николаевна ГЕРАСЬКИНА^{а,*}, Александр Юрьевич КУДРЯВЦЕВ^б**

^а кандидат экономических наук, доцент кафедры управления организацией, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация
Geraskina82@mail.ru

^б кандидат физико-математических наук, начальник сектора, АО «Всероссийский научно-исследовательский институт радиотехники», Москва, Российская Федерация
kudral@inbox.ru

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 22.06.2017
Получена в доработанном виде 24.08.2017
Одобрена 23.10.2017
Доступна онлайн 29.11.2017

УДК 338.1

JEL: C32, C53, O33

Аннотация

Предмет. Экономическая наука на современном этапе развития нуждается в своевременном и качественном прогнозировании кризисных моментов экономической системы. Поскольку сложноорганизованным системам нельзя навязывать пути их развития, необходимы новые подходы к исследованию тренда и управлению, учитывающему естественные закономерности и свойства, выявляемые в процессе экономико-математического моделирования. Поскольку в эволюции инвестиционно-строительной сферы РФ идентифицированы закономерности и цикличность, то тренд может задаваться с определенной степенью точности дифференциальным уравнением, что позволит выявить альтернативы поведения системы и прогнозировать будущее.

Цели. Разработка экономико-математической модели, описывающей циклическое развитие инвестиционно-строительной сферы РФ для качественного прогнозирования и поддержки принятия управленческих решений.

Методология. Идентифицировать существующие аттракторы экономической системы, переходы между ними и условия, способствующие переключению из одного состояния в другое, позволяет анализ фазового пространства. Фазовая кривая обеспечивает наглядное представление тренда развития экономической системы, что необходимо для принятия стратегических решений с учетом экономико-математического моделирования.

Результаты. Разработана несложная для практического применения экономистами экономико-математическая модель, позволяющая использовать статистические данные и описывать циклические, колебательные и переходные процессы; качественно прогнозировать значения нового витка развития инвестиционно-строительной сферы РФ; моделировать инновационный цикл и выявлять чувствительность параметров порядка к динамике управляющих переменных, бифуркационные состояния и поведение объекта при определенных управленческих воздействиях.

Выводы. Исследуемая экономическая система за последние 26 лет описала три цикла в пределах аттрактора. Это значит, что циклический тренд инвестиционно-строительной сферы можно описать одним результирующим показателем, поскольку происходит сокращение размерности ее пространства. Несмотря на флуктуации, она сохраняет стремление к циклической траектории, что подтверждает наличие в фазовом пространстве аттрактора с достаточной силой притяжения. Аппроксимация статистических данных, анализ фазовых кривых результирующих переменных позволили получить экономико-математическую модель циклического развития исследуемой экономической системы.

Ключевые слова:

инвестиционно-строительная сфера, экономическая система, моделирование, циклическое развитие

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Гераскина И.Н., Кудрявцев А.Ю. Математическое моделирование циклического тренда инвестиционно-строительной деятельности РФ в условиях инновационных преобразований // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2017. – Т. 16, № 11. – С. 2177 – 2188.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2177>

В условиях, когда российская экономика испытывает острую потребность в инновационной и структурной модернизации ряда важнейших сфер, в числе которых инвестиционно-строительная, необходимо формирование комплексных программ и проектов, способствующих этому при

минимальных затратах. Такое условие может иметь место в процессах самоорганизации системы и управления, где значительная роль отводится моделированию и прогнозированию будущего.

Исследование экономических процессов и явлений в инвестиционно-строительной сфере (ИСС) путем построения их моделей с помощью статистического анализа временных рядов составляет цель методов прогнозирования. Последние предоставляют наиболее эффективный способ принятия конструктивных управленческих решений. Содержание процесса моделирования – конструирование модели на базе предварительного исследования объекта, выделения ее существенных характеристик и закономерностей, теоретический и экспериментальный анализ, сопоставление результатов моделирования с фактическими данными об объекте, корректировка и уточнение модели.

Инвестиционно-строительная сфера – это сложная и одна из важнейших саморегулируемых подсистем национальной экономики, представляющая собой организованную совокупность элементов (хозяйствующих субъектов) с нелинейными связями, обладающих определенной независимостью и самостоятельностью в выборе оптимального режима своего функционирования, ориентированных на экономически эффективную деятельность и удовлетворение общественных потребностей [1]. К особенностям ИСС относят множественность разнородных субъектов и отношений между ними (транзакционные связи, схемы владения); наличие нелинейных связей, приводящих к возникновению относительно устойчивых структур [2]; интеграционные и когерентные процессы, высокую адаптационную способность к турбулентным условиям среды и помехам [3] (при этом системные отношения в большинстве носят организованный характер, интеграция субъектов осуществляется на основе прямых, обратных и резервных связей); циклическую траекторию развития [4] и др.

С позиций системного подхода ИСС представляет собой интегрированную совокупность элементов для решения стратегических задач (создание комфортных условий проживания, модернизация жилищно-коммунального хозяйства, развитие транспортной системы, реорганизация производственных территорий). Базовыми структурными элементами ИСС выступают общественные и экономические институты, органы законодательной и исполнительной власти, высшие и средние специальные учебные заведения, саморегулируемые организации, субъекты хозяйствования в сферах инженерно-изыскательских и строительно-монтажных работ, производства стройматериалов, машин и оборудования, проектирования и эксплуатационно-технического обслуживания [5].

Инновации промышленно-технологических платформ пока не являются объектами внимания инвесторов в ИСС, а подсистемы находятся в различных фазах структурной готовности, обуславливая асинхронный характер их экономического и технологического обновления. Структурная составляющая социально-экономического развития ИСС испытывает систематическое воздействие экономических волн различной продолжительности, которое, как показывает практика, взаимообусловлено. Накопившаяся несбалансированность в экономической системе становится результатом совместного действия экзо- и эндогенных факторов, причины и механизмы действия которых на сегодняшний день еще не до конца изучены.

Законодательный вакуум в стремлении к инновационным преобразованиям в строительной сфере в какой-то мере заполняют такие программно-целевые документы Правительства Российской Федерации, как Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, являющаяся руководящим атрибутом в инновационной деятельности государства, Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года, Прогноз долгосрочного социально-экономического

развития Российской Федерации на период до 2030 года и др.

Возрастание значимости инновационного развития приводит к необходимости более глубокого исследования свойств и особенностей экономических систем, содержания и форм взаимодействия ее элементов, поиска путей повышения ее эффективного развития.

Стратегическая задача на ближайшую перспективу – наращивание темпов интенсивного развития ИСС, формирование синергетических эффектов для прорыва и синхронизация инновационного цикла с учетом результатов информационного и математического моделирования [6, 7].

Эволюционные процессы, основанные на поиске эффективных методов достижения глобальной цели ИСС, постоянно совершенствуют ее структуру, а устойчивость зависит не только от числа сконцентрированных компонентов, способов их сочетания, характера их организационной связи, но и от структурной динамики системы и степени ее открытости.

Исследование изменения результирующих статистических показателей фазовым методом позволило выявить цикличность в тренде ИСС и наличие аттрактора в фазовом пространстве.

Рассмотрим динамику итогового показателя уровня развития ИСС – объем работ, выполненных в строительной сфере экономики за год, выраженный в миллиардах рублей (до 1998 г. – в триллионах рублей) (табл. 1). Обозначим его символом Y_k , где k – номер года. Будем считать, что начальный год имеет номер $k = 0$ (рис. 1).

Единственным возможным устойчивым режимом функционирования ИСС является циклическая динамика, а все остальное представляет собой переходы от одного циклического режима к другому. Несмотря на флуктуации, ИСС движется по достаточно устойчивой траектории, сохраняя стремление к цикличности, что подтверждает наличие в фазовом пространстве аттракторов с силой притяжения.

Это необходимо понимать для эффективного управления экономической системой и моделирования будущего. Исследование циклов (рис. 2) и структуры ИСС проводится прежде всего в контексте их влияния на экономическое развитие страны. Национальная экономика несет существенные потери от периодически повторяющихся кризисов и структурной несбалансированности [8, 9].

Выявлены две причины циклической девиации ИСС: эндогенные нелинейные процессы взаимодействия субъектов и экзогенные факторы, учитывающие флуктуационные воздействия социально-экономических систем более высокого порядка (мировая и национальная экономика) [10–12]. В частности, динамика российского ВВП задает топологию фазовых кривых параметров порядка ИСС, как подсистемы национальной экономики.

Рассмотрим темп прироста объема работ, выполненных в ИСС, обозначаемый символом y_k для i -го года и определяемый следующей формулой:

$$y_k = (Y_k - Y_{k-1}) 100\%, k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Значения показателей Y_k и y_k с 1992 по 2016 г. представлены в табл. 1.

На рис. 2 видно несколько циклических периодов развития ИСС – 1990-е, 2000-е и 2010-е гг. Эти циклы представлены в виде эллипсов различного размера. Они имеют своей осью симметрии биссектрису первого координатного угла. Движение экономической системы по ним осуществляется по часовой стрелке. Между циклами происходят быстрые переходы одного цикла на другой, напоминающие фазовые переходы.

Кризис 2008–2009 гг. также может рассматриваться как часть цикла большой амплитуды, отражающей волатильный характер эволюции ИСС в этот период.

Далее будем рассматривать темп прироста объема работ, выполненных в ИСС, как случайный процесс с непрерывным временем, описываемый функцией времени

$y_{\text{факт}}(t)$ [13–15]. Значение этой функции в момент времени t_k , соответствующий началу k -го года, равно y_k . Таким образом, $y_{\text{факт}}(t) = y_k, k = 1, 2, \dots$

Будем считать, что случайный процесс $y_{\text{факт}}(t)$ является суммой детерминированной составляющей $y(t)$ и процесса белого шума $\varepsilon(t)$:

$$y_{\text{факт}}(t) = y(t) + \varepsilon(t).$$

Исследуем поведение детерминированной составляющей $y(t)$. Математической моделью, описывающей эллиптический цикл на фазовой плоскости, подобный одному из изображенных на *рис. 2*, является уравнение математического маятника, колеблющегося около некоторого положения равновесия. Это дифференциальное уравнение второго порядка:

$$(d^2y / dt^2) + \omega^2 (y - y_0) = 0,$$

где ω – круговая частота колебаний около среднего значения;

$y = y(t)$ – детерминированная составляющая случайного процесса;

y_0 – среднее значение темпов прироста изучаемого показателя в данном цикле.

Как известно, любое решение уравнения (1) представляет собой гармоническое колебание, записываемое в следующем виде:

$$y(t) = y_0 + A \sin(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний;

φ – начальная фаза.

Легко убедиться, что фазовое состояние $(y(t), y(t + \Delta t))$ при фиксированном приращении времени Δt , равно, например, одному году, действительно описывает эллипс на фазовой плоскости. При этом биссектриса первого координатного угла всегда является осью симметрии такого эллипса.

Важно отметить, что уравнение (1) описывает лишь один эллиптический цикл на фазовой плоскости. Оно выполняется не для всех допустимых значений времени t , а

только для t из того промежутка времени, когда фазовое состояние экономической системы движется по эллипсу.

Разным циклам, то есть разным периодам времени будут соответствовать разные наборы значений параметров y_0, ω, A, φ , входящих в решение (2).

Опишем подробнее смысл параметров y_0, ω, A, φ . Как уже было отмечено, y_0 – среднее значение переменной y , то есть темпов прироста объема работ, выполненных в ИСС, за данный период времени, соответствующий какому-то одному циклу. Частота ω характеризует скорость вращения фазового состояния по фазовому циклу. Чем она выше, тем быстрее идет вращение по эллипсу по часовой стрелке. Амплитуда колебаний A – это половина длины проекции эллипса на ось абсцисс. Она показывает величину размаха колебаний переменной y около среднего значения y_0 . Начальная фаза φ характеризует положение точки на эллипсе в момент начала данного цикла.

При перемещении фазового состояния ИСС с одного цикла на другой происходит скачкообразное изменение параметров y_0 и ω , входящих в уравнение (1). Меняются и параметры A, φ , входящие в формулу решения (2).

Полученные наборы значений параметров y_0, ω, A, φ для различных периодов истории современной России, в которые отмечалась циклическая динамика развития ее ИСС, представлены в *табл. 2*.

На *рис. 2* периоду 1996–2000 гг. соответствует эллипс самого большого размера, периодам 2001–2007 гг. и 2010–2015 гг. – существенно меньшего, а часть эллипса, отвечающего периоду кризиса 2008–2009 гг., не изображена. Также, чтобы не загромождать рисунок, не изображен эллипс, соответствующий периоду 1992–1995 гг.

В среднем темп прироста объема работ, выполненных в ИСС уменьшается с течением времени. Частота вращения и

амплитуда колебаний значительно возрастают в периоды нестабильности и кризисов (*табл. 2*).

Эмпирические исследования показывают, что реальная экономическая система всегда испытывает случайные флуктуации, отклонения от детерминированной составляющей [16–18]. Эти флуктуации моделируются процессом белого шума $\varepsilon(t)$. В данном случае мы не будем подробно останавливаться на свойствах этого процесса.

Предложенная экономико-математическая модель позволяет с некоторой степенью точности прогнозировать область, в которую может переместиться фазовое состояние сложной и открытой экономической системы (ИСС) в будущем без существенных управленческих воздействий. Считаем, что в текущем периоде времени и ближайшей перспективе – это область притяжения эллипса, изображенного на *рис. 2*, соответствующего периоду 2010–2016 г. Это означает, что реальные значения результирующего показателя исследуемой экономической системы без экзогенного вмешательства и преобразований будут снижаться.

Национальная экономика несет существенные потери от периодически повторяющихся кризисов и несбалансированности инновационного развития, поэтому экономическая наука осуществляет поиск различных методов и инструментов, применение которых повысит эффективность проведения экономической политики в преодолении кризисных моментов и предсказании циклических кризисов социально-экономических систем.

Поскольку динамика структурных изменений предопределяется экономической деятельностью самих хозяйствующих субъектов, основными факторами эволюции выступают наличие предпринимательского спроса на инновационные решения,

скорость их освоения и коммерциализации. Эти же параметры являются ключевыми при «эндогенизации» циклов социально-экономического развития, так как период рецессии наступает вследствие падения деловой активности субъектов ИСС, а стадия роста запускается факторами вмешательства государства, институциональными трансформациями и эффективностью коммерциализации инноваций.

В такой ситуации актуализируется необходимость выстраивания системы управления ИСС, гарантирующей выживаемость и надежность функционирования в условиях инновационных преобразований, а также ориентированной на идеи достижения синергетических эффектов вследствие фазовых и структурных трансформаций [19, 20].

Возникает потребность в новых способах формирования и активизации внутренних сил взаимодействия, порождающих в фазовом пространстве ИСС диссипативные структуры, адекватные его сущности, а также проблема поиска объективных законов управления, сводимая к максимальному учету естественных закономерностей и свойств соответствующей физической природы.

Такой подход будет ключевым в понимании механизмов интеллектуального лидерства и творческого мышления истеблишмента, важным в формировании стратегии и тактики инновационного развития инвестиционно-строительной деятельности Российской Федерации [21].

Управление, ориентированное на инновационный прорыв, должно учитывать эндогенные особенности исследуемой экономической системы и результаты экономико-математического моделирования для смещения бифуркационной диаграммы на определенном промежутке времени и обхода критической точки, ведущей к нежелательному исходу.

Таблица 1**Динамика объема выполненных работ по виду деятельности «строительство» в 1992–2016 гг.****Table 1****Trends in the volume of performed works by *Construction* activity in 1992–2016**

Год	Объем выполненных работ, млрд руб. (до 1998 г. – трлн руб.)	Темп прироста, %
1992	50,2	144,878
1993	58,7	16,93227
1994	80,5	37,13799
1995	153,7	90,93168
1996	225,8	46,90956
1997	242,6	7,440213
1998	240,9	-0,70074
1999	329,9	36,94479
2000	558,5	69,29373
2001	703,8	26,01611
2002	831	18,07332
2003	1 042,7	25,47533
2004	1 313,6	25,98063
2005	1 754,4	33,55664
2006	2 350,8	33,99453
2007	3 293,3	40,09273
2008	4 528,1	37,49431
2009	3 998,3	-11,7003
2010	4 454,1	11,39984
2011	5 140,3	15,40603
2012	5 714,1	11,16277
2013	6 019,5	5,344674
2014	6 125,2	1,75596
2015	5 945,5	-2,93378
2016	5 749,4	-3,29829

Источник: данные Росстата*Source:* Rosstat data

Таблица 2

Значения числовых параметров решения дифференциального уравнения модели в различные периоды времени

Table 2

Values of numerical parameters for the solution of differential equation of the model in different time periods

Период	Y_0	ω	A	φ
1996–2000 гг.	33	1,26	37	60°
2001–2007 гг.	30	0,52	10	345°
2008–2009 гг.	20	1,57	30	235°
2010–2016 гг.	5	0,7	10	65°

Источник: авторская разработка

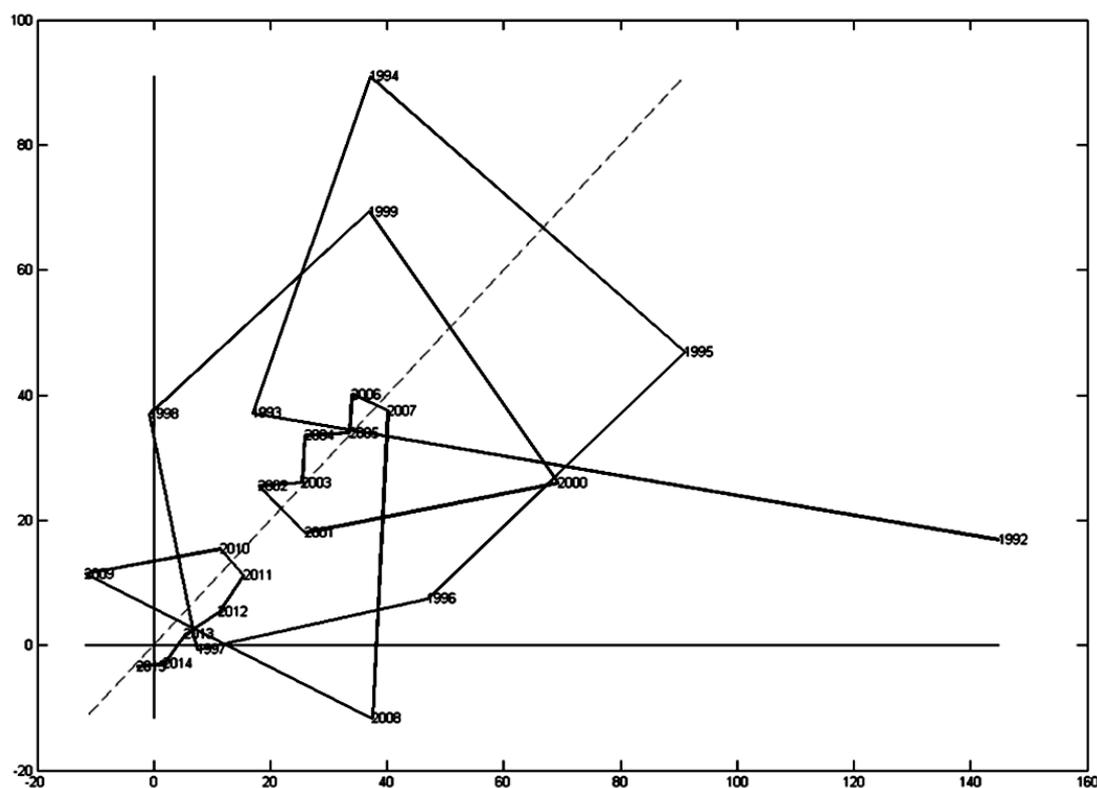
Source: Authoring

Рисунок 1

Фазовая кривая объемов работ, выполненных в инвестиционно-строительной сфере в 1992–2016 гг.

Figure 1

Phase curve of the volume of works performed in the investment and construction sphere in 1992–2016



Источник: авторская разработка

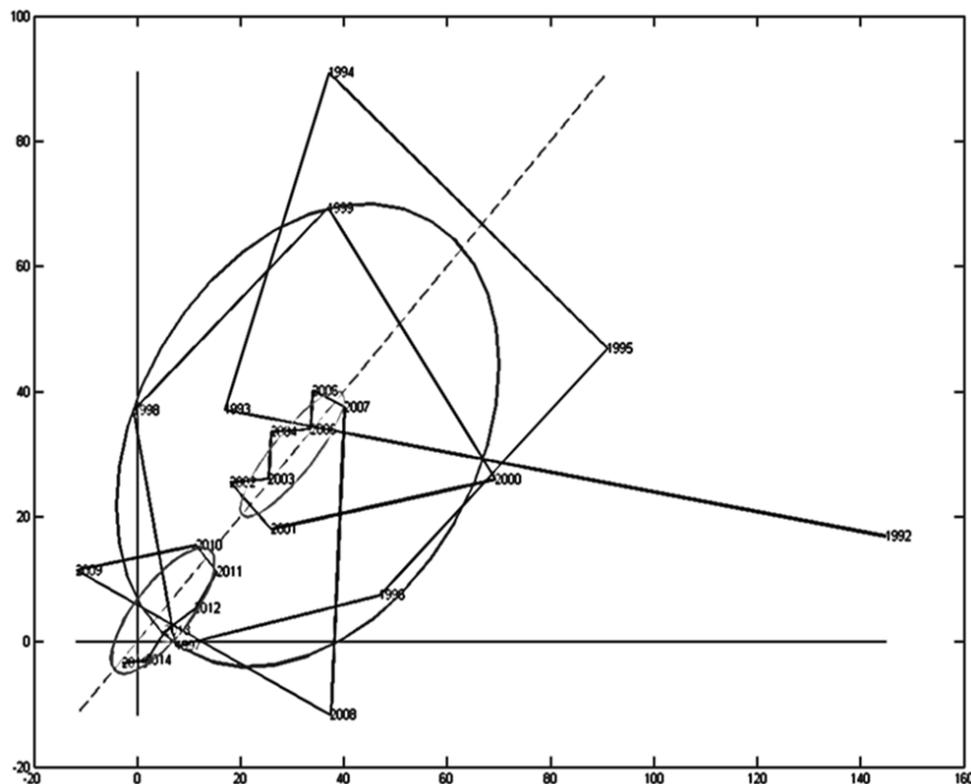
Source: Authoring

Рисунок 2

Эллиптические циклы на фазовой кривой объемов работ, выполненных в инвестиционно-строительной сфере в 1992–2016 гг.

Figure 2

Elliptical cycles on the phase curve of the volume of works performed in the investment and construction sphere in 1992–2016



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Петров А.А., Гераськина И.Н. Анализ функционирования и развития инвестиционно-строительного комплекса РФ // *Вестник МГСУ*. 2016. № 12. С. 131–144.
2. Асаул А.Н., Загускин Н.Н. и др. Самоорганизация, саморазвитие и саморегулирование субъектов предпринимательской деятельности в строительстве. СПб.: ИПЭВ, 2013. 320 с.
3. Теличенко В.И. Состояние и проблемы устойчивого развития строительной деятельности // *Вестник МГСУ*. 2015. № 12. С. 5–12.
4. Акаев А.А., Сарыгулов А.И., Соколов В.Н. Структурная динамика современных экономических систем. СПб.: Политехнический университет, 2014. 170 с.
5. Яськова Н.Ю. Логика факторного анализа в условиях вариативной среды развития (методологический аспект) // *Вестник МГСУ*. 2016. № 3. С. 144–151.
6. Мясников А.А. Синергетические эффекты в современной экономике: введение в проблематику. М.: ЛЕНАНД, 2011. 160 с.
7. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: ЛКИ, 2007. 312 с.

8. *Акаев А.А., Румянцева С.Ю., Сарыгулов А.И., Соколов В.Н.* Структурно-циклические процессы экономической динамики. СПб.: Политехнический университет, 2016. 392 с.
9. *Колесников А.А.* Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: URSS, 2012. 240 с.
10. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры. М.: Алетейя, 2002. 217 с.
11. *Хакен Г.* Синергетика. М.: URSS, 2015. 414 с.
12. *Ивантер В.В.* Стратегия перехода к экономическому росту // Проблемы прогнозирования. 2016. № 1. С. 1–7.
13. *Затонский А.В.* Преимущества дифференциальных моделей в эколого-экономическом моделировании // Известия Томского политехнического университета. 2012. № 5. С. 134–139.
14. *Ковалевский Д.В.* Моделирование системы «мировая экономика – глобальный климат» в рамках оптимизационного и системно-динамического подходов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 6. С. 197–203.
15. *Янченко Т.В., Затонский А.В.* Модель краевого социального ресурса на основе регрессионно-дифференциального уравнения второго порядка // Новый университет. Сер.: Технические науки. 2014. № 5-6. С. 23–34.
16. *Лебедев В.И., Лебедева И.В.* Математические модели синергетической экономики: монография. Ставрополь: СевКавГТУ, 2011. 232 с.
17. *Потапенко В.В.* Итоги XXIV международной конференции по межотраслевому моделированию INFORUM // Проблемы прогнозирования. 2016. № 6. С. 129–130.
18. *Ringle C.M., Sarstedt M., Schlittgen R., Taylor C.R.* PLS path modeling and evolutionary segmentation. *Journal of Business Research*, 2013, vol. 66, iss. 9, pp. 1318–1324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.02.031>
19. *Dijkstra T.K.* PLS' Janus face – response to professor Rigdon's 'rethinking partial least squares modeling: in praise of simple methods'. *Long Range Planning*, 2014, vol. 47, iss. 3, pp. 146–153. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2014.02.004>
20. *Castro I., Roldán J.L.* A mediation model between dimensions of social capital. *International Business Review*, 2013, vol. 22, iss. 6, pp. 1034–1050. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2013.02.004>
21. *Cepeda G., Martelo S., Barroso C., Ortega J.* Integrating Organizational Capabilities to Increase Customer Value: A Triple Interaction Effect. In: H. Abdi et al. (eds), *New Perspectives in Partial Least Squares and Related Methods*, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2013, vol. 56, pp. 283–293. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8283-3_20

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

MATHEMATICAL MODELING OF A CYCLICAL TREND IN THE INVESTMENT AND CONSTRUCTION SPHERE OF THE RUSSIAN FEDERATION UNDER INNOVATIVE TRANSFORMATIONS

Inna N. GERAS'KINA^{a,*}, Aleksandr Yu. KUDRYAVTSEV^b

^a Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation
Geraskina82@mail.ru

^b AO All-Russian Scientific Research Institute of Radio Engineering, Moscow, Russian Federation
kudral@inbox.ru

* Corresponding author

Article history:

Received 22 June 2017
Received in revised form
24 August 2017
Accepted 23 October 2017
Available online
29 November 2017

JEL classification: C32, C53,
O33

Keywords: investment-
construction sector, economic
system, modeling, cyclical
development

Abstract

Importance At the present stage of its development, the economic science requires timely and qualitative forecasting of economic system's crisis. The article considers new approaches to studying the trends in and management of complex systems, taking into account the natural behavior and properties identified in the process of economic and mathematical modeling.

Objectives The purpose of the study is to devise a mathematical model describing the cyclical development of the Russian investment and construction sector for qualitative forecasts and support to management decisions.

Methods We apply the analysis of the phase space to identify the existing attractors of the economic system, transition between them, and conditions facilitating a switch from one state to another. The phase curve provides a visual representation of the trend in economic system's development, which is essential for making strategic decisions based on economic-mathematical modeling.

Results We have developed a user-friendly economic and mathematical model. It enables to use statistical data and describe cyclic and transition processes; to qualitatively predict the value of a new cycle of the Russian investment and construction sector; to identify the sensitivity of parameters of the order to the dynamics of governing variables, the bifurcation state and behavior of the object under certain managerial influence.

Conclusions Approximation of statistical data, analysis of phase curves of resulting variables helped obtain a mathematical model of cyclic development of the economic system under consideration.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Geras'kina I.N., Kudryavtsev A.Yu. Mathematical Modeling of a Cyclical Trend in the Investment and Construction Sphere of the Russian Federation under Innovative Transformations. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 11, pp. 2177–2188.
<https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2177>

References

1. Petrov A.A., Geras'kina I.N. [Analysis of functioning and development of investment-construction complex]. *Vestnik MGSU*, 2016, no. 12, pp. 131–144. (In Russ.)
2. Asaul A.N., Zaguskin N.N. et al. *Samoorganizatsiya, samorazvitie i samoregulirovanie sub"ektov predprinimatel'skoi deyatel'nosti v stroitel'stve* [Self-organization, self-development and self-regulation of business entities in construction]. St. Petersburg, IPEV Publ., 2013, 320 p.
3. Telichenko V.I. [The status and problems of sustainable development of construction activities]. *Vestnik MGSU*, 2015, no. 12, pp. 5–12. (In Russ.)
4. Akaev A.A., Sarygulov A.I., Sokolov V.N. *Strukturnaya dinamika sovremennykh ekonomicheskikh sistem* [Structural dynamics of modern economic systems]. St. Petersburg, Polytechnic University Publ., 2014, 170 p.

5. Yas'kova N.Yu. [Logic of factorial analysis under the conditions of variative development environment (methodological aspect)]. *Vestnik MGSU*, 2016, no. 3, pp. 144–151. (In Russ.)
6. Myasnikov A.A. *Sinergeticheskie efekty v sovremennoi ekonomike: vvedenie v problematiku* [Synergy effects in modern economy: Introduction to the problems]. Moscow, LENAND Publ., 2011, 160 p.
7. Malinetskii G.G. *Matematicheskie osnovy sinergetiki: khaos, struktury, vychislitel'nyi eksperiment* [Mathematical foundations of synergetics: Chaos, structures, computational experiment]. Moscow, LKI Publ., 2007, 312 p.
8. Akaev A.A., Rumyantseva S.Yu., Sarygulov A.I., Sokolov V.N. *Strukturno-tsiklicheskie protsessy ekonomicheskoi dinamiki* [Structural and cyclic processes of economic dynamics]. St. Petersburg, Polytechnic University Publ., 2016, 392 p.
9. Kolesnikov A.A. *Sinergeticheskie metody upravleniya slozhnymi sistemami: teoriya sistemnogo sinteza* [Synergetic methods of complicated systems control: The system synthesis theory]. Moscow, URSS Publ., 2012, 240 p.
10. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. *Osnovaniya sinergetiki. Rezhimy s obostreniem, samoorganizatsiya, tempomiry* [Bases of synergetics. Modes with aggravation, self-organization, the world of events that is single for various objects]. Moscow, Aleteiya Publ., 2002, 217 p.
11. Haken H. *Sinergetika* [Erfolgsgeheimnisse der Natur]. Moscow, URSS Publ., 2015, 414 p.
12. Ivanter V.V. [A strategy of transition to economic growth]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2016, no. 1, pp. 1–7. (In Russ.)
13. Zatonskii A.V. [Advantages of differential models in ecological-economic modeling]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Tomsk Polytechnic University*, 2012, no. 5, pp. 134–139. (In Russ.)
14. Kovalevskii D.V. [Modelling the 'global economy – global climate' system using the optimization and system-dynamic approaches]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki = Saint-Petersburg State Polytechnic University Journal. Economics*, 2016, no. 6, pp. 197–203. (In Russ.)
15. Yanchenko T.V., Zatonskii A.V. [Regional social potential model based on second order regression-differential equation]. *Novyi universitet. Ser.: Tekhnicheskie nauki = New University. Technical Sciences*, 2014, no. 5-6, pp. 23–34. (In Russ.)
16. Lebedev V.I., Lebedeva I.V. *Matematicheskie modeli sinergeticheskoi ekonomiki: monografiya* [Mathematical models of synergistic economy]. Stavropol, North Caucasus State Technical University Publ., 2011, 232 p.
17. Potapenko V.V. [Results of the 24th International Conference on Inter-industry Modeling INFORUM]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2016, no. 6, pp. 129–130. (In Russ.)
18. Ringle Ch.M., Sarstedt M., Schlittgen R., Taylor C.R. PLS path modeling and evolutionary segmentation. *Journal of Business Research*, 2013, vol. 66, iss. 9, pp. 1318–1324.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.02.031>

19. Dijkstra T.K. PLS' Janus Face – Response to Professor Rigdon's 'Rethinking Partial Least Squares Modeling: in Praise of Simple Methods'. *Long Range Planning*, 2014, vol. 47, iss. 3, pp. 146–153. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2014.02.004>
20. Castro I., Roldán J.L. A mediation model between dimensions of social capital. *International Business Review*, 2013, vol. 22, iss. 6, pp. 1034–1050.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2013.02.004>
21. Cepeda G., Martelo S., Barroso C., Ortega J. Integrating Organizational Capabilities to Increase Customer Value: A Triple Interaction Effect. In: H. Abdi et al. (eds), *New Perspectives in Partial Least Squares and Related Methods*, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, 2013, vol. 56, pp. 283–293.
URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8283-3_20

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.