

УДК 330.4:519.2

## НОВАЯ ПАРАДИГМА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЭКОНОМИКИ

**А. И. ОРЛОВ,**

*доктор экономических наук, доктор технических наук,  
кандидат физико-математических наук, профессор,  
заведующий лабораторией экономико-  
математических методов в контроллинге  
научно-образовательного центра  
«Контроллинг и управленческие инновации»  
E-mail: prof-orlov@mail.ru  
Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана*

*Статья посвящена научной области «математические методы экономики», включающей организационно-экономическое и экономико-математическое моделирование, эконометрику и статистику, а также теорию принятия решений, системный анализ, кибернетику, исследование операций. Рассмотрена новая парадигма этой научно-практической области, разработанная в 1980-х гг.*

**Ключевые слова:** экономика, математические методы, организационно-экономическое моделирование, эконометрика, прикладная статистика, теория принятия решений.

### Введение

Математические и инструментальные методы экономики – одна из специальностей, относящаяся к экономическим наукам. Она посвящена разработке интеллектуальных инструментов для решения задач теории и практики экономического анализа.

Так, конкретные модели и методы экономики предприятия и организации производства основаны, в частности, на научных результатах таких научных областей, как организационно-экономическое и экономико-математическое моделирование, эконометрика и статистика. Эти научные области отно-

сятся к математическим методам экономики. Они предоставляют интеллектуальные инструменты для решения различных задач стратегического планирования и развития предприятий, организации производства и управления хозяйствующими субъектами, конструкторской и технологической подготовки производства. В монографии [28, с. 395–424] выделено 195 групп задач управления промышленными предприятиями, и для них указаны базовые группы экономико-математических методов и моделей.

Развитие математических методов экономики привело к формированию новой парадигмы в этой области, существенно отличающейся от парадигмы, созданной в 1950–1970-е гг. и используемой многими преподавателями и научными работниками в настоящее время. Авторское исследование посвящено основным идеям новой парадигмы математических методов экономики.

### Основные понятия

Целесообразно начать с определений используемых понятий.

Термин «*парадигма*» происходит от греческого *paradeigma* – пример, образец и означает совокупность

явных и неявных (и часто не осознаваемых) предпосылок, определяющих научные исследования и признанных на определенном этапе развития науки [8].

*Организационно-экономическое моделирование* – научная, практическая и учебная дисциплина, посвященная разработке, изучению и применению математических и статистических методов и моделей в экономике и управлении народным хозяйством, прежде всего промышленными предприятиями и их объединениями [18].

*Экономико-математическое моделирование* – описание экономических процессов и явлений в виде экономико-математических моделей. При этом экономико-математическая модель – математическое описание экономического процесса или объекта, произведенное для их исследования и управления ими: математическая запись решаемой экономической задачи (поэтому часто термины «модель» и «задача» употребляются как синонимы). В самой общей форме модель – условный образ объекта исследования, сконструированный для упрощения этого исследования. При построении модели предполагается, что ее непосредственное изучение дает новые знания о моделируемом объекте [9].

*Эконометрика* – это наука, изучающая конкретные количественные и качественные взаимосвязи экономических объектов и процессов с помощью математических и статистических методов и моделей [2]. Обычно используют более узкое определение: эконометрика – это статистические методы в экономике [29].

*Статистика* исходит прежде всего из опыта; недаром ее зачастую определяют как науку об общих способах обработки результатов эксперимента [11]. Прикладная статистика – это наука о том, как обрабатывать данные [23].

Очевидна близость, переплетение, зачастую совпадение всех научных, практических и учебных дисциплин, рассмотренных ранее. К ним можно прибавить еще несколько: теорию принятия решений, системный анализ, кибернетику, исследование операций. Исходя из профессионального опыта, следует заметить, что попытки искусственно провести границы между этими дисциплинами не являются плодотворными.

На Вторых Чарновских чтениях [3] работала секция «Организационно-экономическое и экономико-математическое моделирование, эконометрика и статистика». Это название было получено путем объединения названий учебных дисциплин – организационно-экономического моделирования,

эконометрики, прикладной статистики и статистики, которые изучаются студентами научно-учебного комплекса «Инженерный бизнес и менеджмент», а также названия лаборатории экономико-математических методов в контроллинге научно-образовательного центра «Контроллинг и управленческие инновации» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. На заседании секции была проведена дискуссия по выбору наиболее адекватного названия научной области, к которой относились представленные работы. Приведенное название было признано слишком длинным. Название «организационно-математическое моделирование» отклонено как малоизвестное и сужающее рассматриваемую тематику. Было одобрено название «математическое моделирование в организации производства», а при проведении конференций по более широкой тематике – «математическое моделирование экономики и управления». Заметная доля исследований в этой области относится к научной специальности «математические и инструментальные методы экономики», практически все используют те или иные математические методы экономики.

### Разработка новой парадигмы

Организационно-экономическое и экономико-математическое моделирование, эконометрика и статистика предоставляют интеллектуальные инструменты для решения различных задач организации производства и управления предприятиями и организациями. Например, в учебнике по организации и планированию машиностроительного производства (производственному менеджменту) [13] более 20 раз используются эконометрические (математические и статистические) методы и модели [31].

Рассматриваемые методы широко используются для решения различных задач теории и практики экономического анализа. В частности, проводится когнитивное моделирование [34] развития наукоемкой промышленности (на примере оборонно-промышленного комплекса), модельное обоснование инновационного развития наукоемкого сектора российской экономики [35]. Моделируют организационные изменения [10], применяют информационные технологии [5]. Все шире используются экспертные оценки [33], в том числе для построения обобщенных показателей (рейтингов) [4].

Во второй половине 1980-х гг. в нашей стране развернулось общественное движение по созданию

профессионального объединения специалистов в области организационно-экономического и экономико-математического моделирования, эконометрики и статистики (кратко – статистиков). Аналоги такого объединения – британское королевское статистическое общество (основано в 1834 г.) и американская статистическая ассоциация (создана в 1839 г.). К сожалению, деятельность учрежденной в 1990 г. Всесоюзной статистической ассоциации (ВСА) [26] оказалась парализованной в результате развала СССР.

В ходе организации ВСА были проанализированы состояние и перспективы развития рассматриваемой области научно-прикладных исследований и осознаны основы уже сложившейся к концу 1980-х гг. *новой парадигмы организационно-экономического моделирования, эконометрики и статистики.*

В течение следующих лет новая парадигма развивалась и к настоящему времени оформлена в виде серии монографий и учебников для вузов, состоящей более чем из 10 книг.

### Сравнение старой и новой парадигм

Типовые исходные данные в новой парадигме – объекты нечисловой природы (элементы нелинейных пространств, которые нельзя складывать и умножать на число, например множества, бинарные отношения), а в старой – числа, конечномерные векторы, функции. Ранее (в старой парадигме) для расчетов использовались разнообразные суммы, однако объекты нечисловой природы нельзя складывать, поэтому в новой парадигме применяется другой математический аппарат, основанный на расстояниях между объектами нечисловой природы и решении задач оптимизации.

Изменились постановки задач анализа данных и экономико-математического моделирования. Старая парадигма математической статистики исходит из идей начала XX в., когда К. Пирсон предложил четырехпараметрическое семейство распределений для описания распределений реальных данных. В это семейство как частные случаи входят, в частности, подсемейства нормальных, экспоненциальных, Вейбулла – Гнеденко, гамма-распределений. Сразу было ясно, что распределения реальных данных, как правило, не входят в семейство распределений Пирсона. Об этом говорил, например, академик С. Н. Бернштейн в 1927 г. в докладе на Всероссийском съезде математиков [1]. Однако математическая теория параметрических семейств распределений

(методы оценивания параметров и проверки гипотез) оказалась достаточно интересной, и именно на ней до сих пор основано преподавание во многих вузах. Итак, в старой парадигме основной подход к описанию данных – распределения из параметрических семейств, а оцениваемые величины – их параметры. В новой парадигме рассматривают произвольные распределения, а оценивают характеристики и плотности распределений, зависимости, правила диагностики и др. Центральная часть теории – уже не статистика числовых случайных величин, а статистика в пространствах произвольной природы, т. е. нечисловая статистика [18].

В старой парадигме источники постановок новых задач – традиции, сформировавшиеся к середине XX в., а в новой – современные потребности математического моделирования и анализа данных (XXI в.), т. е. запросы практики. Конкретизируем это общее различие. В старой парадигме типовые результаты – предельные теоремы, в новой – рекомендации для конкретных значений параметров, в частности объемов выборок. Изменилась роль информационных технологий. Ранее они использовались в основном для расчета таблиц (в частности информатика находилась вне математической статистики), теперь же они – инструменты получения выводов (имитационное моделирование, датчики псевдослучайных чисел, методы размножения выборок, в том числе бутстреп и др.). Вид постановок задач приблизился к потребностям практики. При анализе данных от отдельных задач оценивания и проверки гипотез перешли к статистическим технологиям (технологическим процессам анализа данных). Выявилась важность проблемы стыковки алгоритмов – влияния выполнения предыдущих алгоритмов в технологической цепочке на условия применимости последующих алгоритмов. В старой парадигме эта проблема не рассматривалась, а для новой она весьма важна.

Если в старой парадигме вопросы методологии моделирования практически не обсуждались, достаточными признавались схемы начала XX в., то в новой парадигме роль методологии (учения об организации деятельности) [12] является основополагающей. Резко повысилась роль моделирования. От отдельных систем аксиом произошел переход к системам моделей. Сама возможность применения вероятностного подхода теперь – не наличие повторяющегося комплекса условий (реликт физического определения вероятности, использовавшегося до аксиоматизации теории вероятностей А. Н. Кол-

## Сравнение основных характеристик старой и новой парадигм

Характеристика	Старая парадигма	Новая парадигма
Типовые исходные данные	Числа, конечномерные вектора, функции	Объекты нечисловой природы [18]
Основной подход к моделированию данных	Распределения из параметрических семейств	Произвольные функции распределения
Основной математический аппарат	Суммы и функции от сумм	Расстояния и алгоритмы оптимизации [18]
Источники постановок новых задач	Традиции, сформировавшиеся к середине XX в.	Современные прикладные потребности анализа данных (XXI в.)
Отношение к вопросам устойчивости выводов	Практически отсутствует интерес к устойчивости выводов	Развитая теория устойчивости (робастности) выводов [28]
Оцениваемые величины	Параметры распределений	Характеристики, функции и плотности распределений, зависимости, правила диагностики и др.
Возможность применения	Наличие повторяющегося комплекса условий	Наличие обоснованной вероятностно-статистической модели
Центральная часть теории	Статистика числовых случайных величин	Нечисловая статистика [18]
Роль информационных технологий	Только для расчета таблиц (информатика находится вне статистики)	Инструменты получения выводов (датчики псевдослучайных чисел, размножение выборок, в том числе бутстреп и др.)
Точность данных	Данные полностью известны	Учет неопределенности данных, в частности, интервальности и нечеткости [18]
Типовые результаты	Предельные теоремы (при росте объемов выборок)	Рекомендации для конкретных объемов выборок
Вид постановок задач	Отдельные задачи оценивания параметров и проверки гипотез	Высокие статистические технологии (технологические процессы анализа данных) [15]
Стыковка алгоритмов	Не рассматривается	Весьма важна при разработке процессов анализа данных
Роль моделирования	Мала (отдельные системы аксиом)	Системы моделей – основа анализа данных
Анализ экспертных оценок	Отдельные алгоритмы	Прикладное «зеркало» общей теории [19]
Роль методологии	Практически отсутствует	Основополагающая [17, 28]

могоровым в 1930-х гг.), а наличие обоснованной вероятностно-статистической модели. Если раньше данные считались полностью известными, то для новой парадигмы характерен учет свойств данных, в частности интервальных и нечетких. Изменилось отношение к вопросам устойчивости выводов. В старой парадигме практически отсутствовал интерес к этой тематике, в новой разработана развитая теория устойчивости (робастности) выводов по отношению к допустимым отклонениям исходных данных и предпосылок моделей.

Результаты сравнения парадигм представлены в таблице.

### Учебная литература, подготовленная в соответствии с новой парадигмой

В 1992 г. на базе секции статистических методов Всесоюзной статистической ассоциации была организована Российская ассоциация статистических

методов, а в 1996 г. – Российская академия статистических методов. В соответствии с новой парадигмой проводились научные исследования, публиковались статьи, по этой тематике были организованы семинары и конференции. Однако размах работ сокращался, как и число участвующих в них исследователей. Поэтому на рубеже тысячелетий было принято решение сосредоточить усилия на подготовке учебной литературы, соответствующей новой парадигме.

Первым был учебник по эконометрике [29], переизданный в 2003 г. и в 2004 г. Четвертое издание «Эконометрики» [30] существенно переработано. Оно соответствует первому семестру курса, в отличие от первых трех изданий, содержащих материалы для годового курса. В учебник [30] включены новые разделы, полностью обновлена глава про индекс инфляции, добавлено методическое обеспечение.

В фундаментальном курсе по прикладной статистике [23] в рамках новой парадигмы рассмотрены как нечисловая статистика, так и классические

разделы прикладной статистики, посвященные методам обработки элементов линейных пространств – чисел, векторов и функций (временных рядов).

В том же году в рамках новой парадигмы был выпущен курс теории принятия решений [27]. Его сокращенный (в 1,5 раза) вариант вышел годом раньше [24].

В соответствии с потребностями практики в России в 2005 г. введена новая учебная специальность «менеджмент высоких технологий», относящаяся к тогда же введенному направлению подготовки «организация и управление наукоемкими производствами», предназначенному для обеспечения инженерами-менеджерами высокотехнологичных предприятий. Большинство студентов научно-учебного комплекса «Инженерный бизнес и менеджмент» МГТУ им. Н.Э. Баумана обучаются по этой специальности. Общий взгляд на нее представлен в учебнике [7].

Государственным образовательным стандартом по специальности «менеджмент высоких технологий» предусмотрено изучение дисциплины «организационно-экономическое моделирование». Одноименный учебник выпущен в трех частях (томах). Первая из них [18] посвящена сердцевине новой парадигмы – нечисловой статистике. Ее прикладное «зеркало» – вторая часть [19], современный учебник по экспертным оценкам. В третьей части [21] наряду с основными постановками задач анализа данных (чисел, векторов, временных рядов) и конкретными статистическими методами анализа данных классических видов (чисел, векторов, временных рядов) рассмотрены вероятностно-статистические модели в технических и экономических исследованиях, медицине, социологии, истории, демографии, а также метод когнитивных карт (статистические модели динамики).

В названиях еще двух учебников есть термин «организационно-экономическое моделирование». Это книги по менеджменту [16] и по теории принятия решений [20], в которых содержание соответствует новой парадигме, в частности подходам организационно-экономического моделирования. В учебнике [25] значительно большее внимание по сравнению с [27] уделено теории и практике экспертных оценок, в то время как проблемы менеджмента выделены для обсуждения в отдельное издание [16].

К рассмотренным учебникам примыкают справочник по минимально необходимым понятиям теории вероятностей и прикладной математической статистики [14] и книги по промышленной и экологической безопасности [25, 32], в которых большое место занимает изложение научных результатов в соответствии с новой парадигмой, в частности активно используются современные статистические и экспертные методы, математическое моделирование. Опубликовано еще несколько изданий.

Публикация учебной литературы на основе новой парадигмы шла непросто. Зачастую издать удавалось с третьего-четвертого раза. Неоценима поддержка научно-учебного комплекса «Инженерный бизнес и менеджмент» и МГТУ им. Н.Э. Баумана в целом, учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию.

Все перечисленные монографии, учебники, учебные пособия имеются в Интернете в свободном доступе. Соответствующие ссылки приведены на персональной странице автора настоящей статьи на сайте МГТУ им. Н.Э. Баумана и на аналогичной странице форума автора, однако иногда различны названия книг в бумажном и электронном вариантах.

Информация о новой парадигме появилась в печати недавно – в 2012 г. (см. ссылки на соответствующие публикации в [22]). Имелись небезосновательные опасения, что работа будет доведена до конца. В своей тактике авторы следовали Гауссу, который воздерживался от публикации работ по неевклидовой геометрии, опасаясь «криков беотийцев» [6, с. 91].

## Заключение

К настоящему времени рекомендация учредительного съезда Всесоюзной статистической ассоциации по созданию комплекта учебной литературы на основе новой парадигмы выполнена. Предстоит большая работа по внедрению новой парадигмы организационно-экономического моделирования, эконометрики и статистики в научные исследования и преподавание.

## Список литературы

1. Бернштейн С.Н. Современное состояние теории вероятностей и ее приложений // Труды Всероссийского съезда математиков в Москве 27.04.–04.05.1927. М., Л.: ГИЗ, 1928. С. 50–63.
2. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1997.
3. Вторые Чарновские чтения: сборник трудов / м-лы II междун. науч. конф. по организации производства. Москва, 07–08.12.2012. М.: Объединение контроллеров, 2013.

4. Демидов Я. П. Теория и практика современного рейтингования: критические заметки // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 8. С. 14–19.
5. Карпычев В. Ю. Информационные технологии в экономических исследованиях // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 20. С. 2–11.
6. Клейн Ф. Лекции о развитии математики в XIX столетии. Ч. I. М., Л.: НКТП СССР, Главная редакция технико-теоретической литературы, 1937.
7. Колобов А. А., Омельченко И. Н., Орлов А. И. Менеджмент высоких технологий. Интегрированные производственно-корпоративные структуры: организация, экономика, управление, проектирование, эффективность, устойчивость. М.: Экзамен, 2008.
8. Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ, 2009.
9. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Дело, 2003.
10. Михненко П. А. Методология математического моделирования организационных изменений // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 26. С. 40–48.
11. Новая философская энциклопедия: в 4-х т. / под ред. В. С. Степина. М.: Мысль, 2009.
12. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология. М.: СИНТЕГ, 2007.
13. Организация и планирование машиностроительного производства (производственный менеджмент) / под ред. Ю. В. Скворцова, Л. А. Некрасова. М.: Высшая школа, 2003.
14. Орлов А. И. Вероятность и прикладная статистика – основные факты: справочник. М.: КноРус, 2010.
15. Орлов А. И. Высокие статистические технологии // Заводская лаборатория. 2003. Т. 69. № 11. С. 55–60.
16. Орлов А. И. Менеджмент: организационно-экономическое моделирование. Ростов н/Д: Феникс, 2009.
17. Орлов А. И. О развитии методологии статистических методов // Статистические методы оценивания и проверки гипотез. Межвузовский сборник научных трудов. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2001. С. 118–131.
18. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 1. Нечисловая статистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.
19. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 2. Экспертные оценки. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011.
20. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. М.: КноРус, 2011.
21. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 3. Статистические методы анализа данных. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012.
22. Орлов А. И. Основные черты новой парадигмы математической статистики // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2013. № 6. С. 188–214. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/13.pdf>.
23. Орлов А. И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2006.
24. Орлов А. И. Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений. М., Ростов н/Д: МарТ, 2005.
25. Орлов А. И. Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012.
26. Орлов А. И. Создана единая статистическая ассоциация // Вестник Академии наук СССР. 1991. № 7. С. 152–153.
27. Орлов А. И. Теория принятия решений. М.: Экзамен, 2006.
28. Орлов А. И. Устойчивые экономико-математические методы и модели. Разработка и развитие устойчивых экономико-математических методов и моделей для модернизации управления предприятиями. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2011.
29. Орлов А. И. Эконометрика. М.: Экзамен, 2004.
30. Орлов А. И. Эконометрика. Изд. 4-е, доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2009.
31. Орлов А. И., Орлова Л. А. Применение эконометрических методов при решении задач контроллинга // Контроллинг. 2003. № 4. С. 50–54.
32. Орлов А. И., Федосеев В. Н. Менеджмент в техносфере. М.: Академия, 2003.
33. Роцин А. В., Тихонов И. П., Проничкин С. В. Методический подход к оценке эффективности результатов научно-технических программ // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 21. С. 10–18.
34. Хрусталёв Е. Ю., Хрусталёв О. Е. Когнитивное моделирование развития наукоемкой промышленности (на примере оборонно-промышленного комплекса) // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 10. С. 2–10.
35. Хрусталёв Е. Ю., Хрусталёв О. Е. Модельное обоснование инновационного развития наукоемкого сектора российской экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 9. С. 2–13.