

ОСМЫСЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

Фенин Кирилл Вячеславович

Кафедра экономической теории и национальной экономики, экономический факультет, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», ул. Астраханская д. 83, г. Саратов, 410012, Россия, e-mail: fenin.kir@yandex.ru, +7(905)-326-98-33

Аннотация

В статье анализируется не утративший своей актуальности вопрос, касающийся прогресса и эволюции использования математических методов в экономической теории. Озвучиваются позиции выдающихся учёных-экономистов относительно преимуществ и недостатков (гипер)математизации экономической науки.

В качестве подтверждения возрастающей роли математики в экономике приводится хронология событий: публикаций научных трудов, использования отдельных математических методов в экономическом анализе, научных революций, развития статистического учёта, официальные признания заслуг отдельных экономистов, придерживающихся формально-математического изложения своих идей, – отражённая в таблице 1.

Для понимания прогресса в использовании математического аппарата в экономической науке, которая эволюционирует вместе со своими методами, проанализированы три концепции развития науки – теории К. Поппера, Т. Куна и И. Лакатоса.

На основании изучения множества фактов выделяются наиболее общие причины математизации экономической теории: 1) позитивистская и маржиналистская революции; 2) личное желание учёных-экономистов, многие из которых имели техническое, естественное или математическое образование, сделать экономику точной дисциплиной; 3) развитие практики ведения регулярного статистического учёта – сбор большого массива данных и совершенствование методов их обработки; 4) сущность самой экономической науки, в рамках которой исследуются такие состояния, явления и процессы социальной жизни, чей анализ возможен с помощью математических методов.

Установлено, что математизация экономической теории привела к её аксиоматизации, трудностям в профессиональной коммуникации и росту разобщённости между учёными-экономистами, а также развитию кроссдисциплинарного синтеза экономической теории с другими общественными науками.

Ключевые слова: развитие экономической теории; математизация; позитивизм; статистика; аксиоматизация; разобщённость; кроссдисциплинарный синтез.

Введение

Вопрос об использовании математических методов в экономике (экономической теории, экономической науке) имеет давнюю историю, продолжая быть актуальным в рамках теоретических дискуссий, в практической плоскости, то есть в плане выработки экономической политики, а также с точки зрения общественного восприятия экономической науки.

В своё время многие видные и известные учёные: А. Маршалл, Дж.М. Кейнс, П. Самуэльсон¹, а также наши современники – П. Кругман, Р. Скидельски и Э. Райнерт², – чей вклад в экономику трудно переоценить, тоже задавались вопросом о значимости математических методов в экономической теории [1, с.50-51; 2, с. 37, 39, 44; 3, с. с.116, 121-122; 4, с. 1833; 5, с. 59; 6, с. 73].

Однако экономическая теория как и любая отрасль научного знания непрерывно эволюционирует совместно со своей методологией. Поэтому осуществление периодического анализа развития методологии экономической науки может оказаться весьма полезным, особенно для молодого исследователя, хотя бы потому, что подготовка подобной публикации предполагает изучение трудов, посвященных данной тематике, что помогает ему самоуяснить суть рассматриваемой им проблемы.

Основная часть

1. Рост значимости математических методов в экономике

В представленной ниже таблице осуществлена подборка наиболее знаковых, исторических и интересных событий, связанных с изменением значимости математических методов в экономической теории – эволюции математики от «наглядного, иллюстративного» приложения к содержательному текстовому описанию экономических проблем до главного критерия успеха любого экономического исследования.

¹ Из трёх великих экономистов прошлого лишь П. Самуэльсон, отрицая качественные различия между социальными, естественными и точными науками, утверждал, что словесное описание идентично математическому, однако второе предпочтительнее, поскольку только с его помощью можно наиболее оперативно раскрыть и объяснить сущность научных экономических законов.

А. Маршалл, как всем известно, допускал использование чистой математики в экономических исследованиях только для удобства в качестве своеобразного метода стенографии своих мыслей – «фиксации достаточных оснований для своих выводов», избегая при этом широкого обнародования математических моделей. При этом «отец» неоклассики предостерегал от излишней математизации научных экономических работ, поскольку их потенциальные читатели вряд ли будут уделять много времени разбору чужих «обширных переводов экономических доктрин на язык математики».

Дж. М. Кейнс, написавший восхитительный, по мнению Б. Рассела, трактат по теории вероятности, также скептически относился к математизации экономической теории, даже когда речь шла об использовании самых новейших методов, в частности, статистических и эконометрических. Свидетельством тому служит дискуссия между Дж.М. Кейнсом и Я. Тинбергеном, физиком по образованию, который переключился на изучение экономической динамики, за что был удостоен первой (совместно с Р. Фришем, который, как принято считать ввёл термин «макроэкономика») Премии Шведского национального банка по экономическим наукам памяти Альфреда Нобеля в 1969 г.

Английский учёный критиковал методы исследования делового цикла, в частности метод множественного корреляционного анализа, которые предложил Я. Тинберген за то, что они были изначально предназначены для анализа количественно измеримых неэкономических явлений, исключали воздействие на экономическую динамику политических, социальных и психологических факторов, то есть в государственной политике, научно-технического прогресса и ожиданий людей, и требовали единообразия (однородности) экономической среды. Следовательно, Дж.М. Кейнс считал, что экономическая среда гетерогенна, может изменяться нелинейно и испытывает влияние множества неэкономических факторов, что приводит к сложности её описания и анализа только лишь с помощью формально-математических методов.

² Вновь из трёх великих только один (П. Кругман) считает, что «формализм имеет решающее значение для прогресса в экономической мысли», потому что математика позволяет исследователю из субъективной интуитивно сформулированной им идеи построить модель, которая, развиваясь, оказывает влияние на профессиональную интуицию самого исследователя, помогая раскрываться его творческому потенциалу.

Напротив, Э. Райнерт и Р. Скидельски выразили обеспокоенность тем, что многие поколения экономистов, стремясь утвердить приоритет экономической теории перед другими общественными науками, следуют по пути наименьшего математического сопротивления. На практике это приводит к тому, что здравый смысл заменяется вычислениями.

Fortus: экономические и политические исследования 2(4) 2019

Таблица 1. Эволюция значимости математических методов в экономической теории³

Событие	Год (ы)
Л. Пачоли закончил свою первую книгу – учебник коммерческой арифметики с изложением изобретённой им системой двойного счёта в бухгалтерии	1470
У. Петти написал «Политическую арифметику»	1670-е
Ф. Кенэ построил и опубликовал свои экономические таблицы-схемы	1738
Итальянские экономисты начали использовать абстрактную математику в экономической науке	1750-е
Д. Рикардо предложил в своём труде «Начала политической экономии и налогообложения» «Принцип относительных (сравнительных) преимуществ» – формальную модель международного товарообмена	1817
«Протомаржиналист» И.-Г. фон Тюнен публикует свой труд – «Изолированное государство», содержащий графический и аналитический методы	1826
А. Курно использовал алгебраический метод в экономической теории и графический метод для отображения функциональной зависимости между объёмом продаж товаров и их ценами	1848
Начало «позитивистской революции»	1850-е
«Маржиналистская революция»	1870-е
Л. Вальрас предложил математическую интерпретацию общего экономического равновесия	1870-е – 1880-е
Начало ведения регулярного статистического учёта и развитие статистических методов обработки информации	1880-е – 1890-е
А. Маршалл опубликовал «Принципы экономической науки (экономикс)»	1890
А.И. Чупров делает доклад о значимости статистики в общественном знании	1894
И. Фишер опубликовал труд «Покупательная сила денег», где привёл знаменитое тождество $MV=PQ$	1911
Сформулирована теорема Хекшера-Олина – новая формальная модель международной торговли	1930-е
Советский математик Л.В. Канторович опубликовал работу «Математические методы организации и планирования производства»	1939
П. Самуэльсон опубликовал работу «Экономика: вводный анализ»	1948
Л.В. Канторович получил Нобелевскую премию по экономике	1975
Американский математик Джон Ф. Нэш получил Нобелевскую премию по экономике	1994
Американо-израильский математик Р. Ауман получил Нобелевскую премию по экономике	2005
Американец П. Кругман получил Нобелевскую премию по экономике за формализацию идей 50-летней давности	2008

³ Таблица составлена автором на основании работ: В.П. Карева, Э. Райнерта, А.П. Киреева, А.И. Чупрова и др., – и субъективных предпочтений. Приведённый в таблице событийный перечень при желании может быть дополнен читателями, некоторые из которых, возможно, сочтут, что автор зря включил те или иные события в него в качестве значимых [6, с. 76; 7; 8, с. 282; 9, с. 90-96; 10].

2. Три концептуальных схемы развития науки

Для того, чтобы понять ход эволюции использования математических методов в экономической науке, следует для начала понять каким образом развивается сама экономическая теория. Существует три наиболее известных концепции развития науки – это теоретические схемы К. Поппера, Т. Куна и И. Лакатоса [11; 12:13].

К. Поппер предложил эволюционный подход развития науки. Сам он считал, что экономическая теория вышла из поиска ответов на чисто практические вопросы [11, с. 254]. Он полагал, что в ходе конкуренции различных теорий и гипотез «выживают» те, которые успешно проходят эмпирическую проверку. Здесь как раз таки необходим математический аппарат, который эволюционировал совместно с экономической теорией. А эволюция – это движение от простого к сложному [11, с.250-255].

Минус подхода К. Поппера в том, что он ограничивается эмпирическими критериями. В реальности многие спекулятивные теории некоторых экономических школ невозможно было проверить на практике⁴. С другой стороны, в экономической науке практически нет как такого процесса «отмирания» нежизнеспособных теорий. Они становятся либо достоянием истории экономических учений, либо продолжают существовать в виде самих причудливых синтезов: неоклассического, марксистско-маржиналистского, неомарксистского, – или в качестве основ альтернативных парадигм экономической науки.

Концепция научных революций Т. Куна описывается простой матрицей (см. рис.1). По Т. Куну, развитие науки двухфазно: на фазе зрелости развитие эндогенно – обращено вовнутрь, а на фазе кризиса на развитие воздействуют экзогенные (внешние) факторы [12].

Получается, если на фазе зрелости на развитие экономики влияют внутренние ценности научного сообщества и давление самой дисциплины, она должна соответствовать фазе формализации или математизации. А в фазе кризиса происходят пересмотр ценностей науки и инвентаризация методов, то есть восстанавливается связь с реальностью. Фаза зрелости науки также предполагает, что представители узких её направлений перестают понимать друг друга.

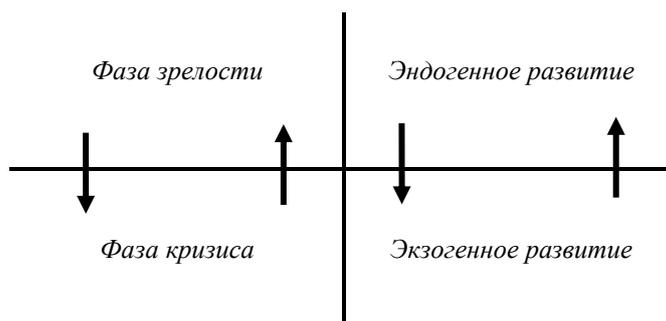


Рис.1. Матрица концептуальной схемы развития науки Т. Куна⁵

Парадигма Т. Куна неплохо объясняет развитие мейстрима (экономикс). Вместе с тем, у экономистов существует проблема разграничения кризисов в самой экономике как в хозяйственной системе и кризисов в экономической теории (науке). Причём известный кризис в экономике (Великая депрессия) усилил математизацию экономической науки. То есть, сделал её более эндогенной и аутичной [10, с. 201; 14 с. 53,]⁶. Кроме того, ключевая

⁴ К примеру, как эмпирически проверить наличие или отсутствие абстрактного труда или как установить точную шкалу ютилей?

⁵ Составлено автором.

⁶ П. Самуэльсон в одном своём интервью указал на то, что Великая депрессия, требовавшая своего объяснения, вовлекла в изучение экономической науки много талантливых и в какой-то степени математически одарённых молодых людей, дав им пищу для размышлений и поиска новых решений.

Ш. Доу приводил такую статистику: уровень использования математического языка в статьях крупнейших экономических журналов возрос с 10% в 1930 г. – до 75% в 1980 г.

категория концепции Т. Куна, – «нормальная наука», – слабо применима для описания всего многообразия направлений экономической теории.

В качестве замечания к ограниченности использования концепции Т. Куна можно добавить, что несколько направлений экономической науки: немецкая историческая школа, марксизм, кейнсианство, – возникших во время масштабных экономических кризисов, (но не обязательно вследствие их), так и не стали «нормальной наукой» в её авторском понимании. А вот теория международной торговли Хекшера-Олина стала, если понимать под «нормальной наукой» мейнстрим.

Третья схема, – концепция И. Лакатоса, – описывала развитие науки в виде постоянного соперничества исследовательских программ, где нет окончательного победителя. В основе каждой научной программы лежит базовая теория (жесткое ядро), которую окружает защитный пояс (положительная эвристика). Ядро – это константа, пояс может меняться вследствие внешних и внутренних факторов [13. с. 217 – 218] (см. рис.2.).



Рис. 2. Схема структуры научно-исследовательской программы И. Лакатоса⁷

Подход И. Лакатоса весьма достоверно и целостно применим для описания истории соперничества классической экономической школы и меркантилизма, немецкой исторической и классических школ, маржинализма и марксизма. Кроме того, концепция И. Лакатоса применима для анализа взаимодействия двух крупных современных направлений экономической теории: мейнстрима и «гетеродоксального русла»⁸.

Таким образом, ни одна из перечисленных концептуальных схем до конца не описывает всех нюансов развития экономической науки. В связи с этим возникает потребность в постарении общей интегральной концепции, в которой полнее будет учитываться влияние на прогресс современной экономической теории ранее существовавших школ. С другой стороны, можно смириться с тем, что разные этапы развития различных направлений экономической теории наилучшим образом описываются разными же концептуальными схемами, а не создавать какую-то общую метатеорию научного развития.

3. Причины математизации экономической теории

Относительно того, что же всё-таки способствовало математизации экономической теории, можно выделить четыре наиболее общих причины⁹:

⁷ Составлено автором.

⁸ Хотя утверждать о том, что мейнстрим имеет в настоящее время равных себе конкурентов несколько опрометчиво.

⁹ Автор вновь не отрицает субъективность выделенных причин, перечень которых при желании может быть дополнен. В процессе подготовки данной статьи автор задумался над тем, что, возможно, формализация (не только засилье математических методов, но «агрессивное» использование статистических и эконометрических методов) экономического знания можно интерпретировать как психологический или культурологический феномен. Первый заключается в том, что, согласно распространенному убеждению, любая

1) позитивистская революция, провозглашенная О. Контом, и как частный случай – маржиналистская революция в экономике;

2) личное желание учёных-экономистов, многие из которых (Ж. Дюпюи, А. Курно, У.Ст. Джевонс, В. Парето, Л. Вальрас, К. Виксель, А. Боули, К. Кассель и т.д.) имели техническое или математическое образование, сделать экономику точной дисциплиной;

3) научно-технический прогресс, одной из форм которого стала практика ведения регулярного статистического учёта – сбор большого массива данных и совершенствование методов их обработки обосновали необходимость математизации экономической теории [9, с. 90-96; 14 с. 55]¹⁰;

4) сущность и свойства самой экономической науки, в рамках которой исследуются такие состояния, явления и процессы социальной жизни, чей анализ возможен с помощью математических методов.

Под воздействием всех вышеназванных причин, действующих уже весьма длительное время, значимым экономическим исследованием стало считаться лишь то, которое содержало математическую модель. Впоследствии уже сами математические методы перешли из разряда инструментов исследования в самостоятельный и главенствующий предмет изучения экономической теории. Данный тезис наиболее верен для мейстрима экономической науки, успех которого во многом связан именно с использованием математического метода во всём его многообразии. Экономикс, начиная со второй половины XX в., развивался за счёт поглощения и ассимиляции содержания других экономических школ как раз таки через формализацию и экономический империализм. Также посредством математизации мейстрим обеспечил абсолютную когерентную истинность своего содержания. Но цена математической точности была высока – это почти полный отказ от экономической реальности и релевантности [5, с. 139,143; 19, с. 62, 79-80;]¹².

область знаний становится наукой только лишь тогда, когда в неё приходит математика. Математика – это точная наука, следовательно, она делает точным буквально всё, к чему может быть приложена. Занятно, что одна из причин длительного неприятия гелиоцентрической системы Н. Коперника – это её меньшая формальная точность по сравнению с системой К. Птолемея, который был очень сильным математиком.

Культурологический феномен связан с развитием экономической науки в англосаксонском мире, а точнее в США. Любовь американцев к цифрам так же, как и почти полная слепая вера в них – это неотъемлемые черты американского характера. Стоит вспомнить только бессмертные произведения О. Генри или сильно недооцененное последнее произведение И. Ильфа и Е. Петрова «Одноэтажная Америка», которое содержит в себе весьма существенный социальный, экономический, политический и культурный анализ американского общества. Надеюсь, что ссылка на ненаучные источники простительна: даже сам А. Гершенкрон в своих научных работах ссылался на произведения А.П. Чехова и М. Горького. Тем же, кто хотел бы ознакомиться с более весомым исследованием пагубного влияния статистики на функционирование многих общественных сфер в западном мире, советую прочитать книгу Дж. Миллера «Тирания показателей: как одержимость цифрами угрожает образованию, здравоохранению, бизнесу и власти» [17, с. 133; 18]

¹⁰ Интересно, что пристальное внимание к сбору эмпирических данных в США возник именно благодаря работам представителей исторической школы экономики, которые выступали против формализации экономического знания.

¹¹ Пожалуй, одна из самых оптимистичных оценок использования статистики в социальных науках содержалась в упомянутом докладе А.И. Чупрова. Русский учёный в своём знаменитом выступлении «Статистика как связующее звено между естествознанием и обществоведением», которое он сделал на общем собрании IX съезда естествоиспытателей и врачей в Москве 11 января 1894 г., указал на то, что «лишь с тех пор, как обществознание стало в широкой степени пользоваться статистическим методом, оно получило некоторое право на приравнение к рангу точных наук. <...> Данный метод – это метод массовых наблюдений, который предоставляет нам: 1) возможность безошибочно описывать факты из области обществознания; 2) ключ к открытию причин и выяснению законов общественных явлений; 3) средства делать заключения о других неизвестных ещё фактах на основании знакомства с некоторую частью уже известных фактов. <...> По этой причине статистика и её метод являются связующим звеном между науками о природе и науками об обществе».

¹² По этому поводу довольно открыто рассуждает Р. Скидельски, задавая почти риторический вопрос: «Многих современных экономистов, занятых математическим моделированием, не смущает тот факт, что в их трудах отсутствует реализм. ...не известно верят ли сами экономисты-теоретики в свои математические модели или считают их элегантным инструментом, полезным для экономических построений?»

4. Следствия математизации экономической теории

Подобная традиция использования математической риторики или «гиперматематизация» экономической теории привели к ряду неоднозначных последствий.

1) Содержание экономической теории (мейнстрима) стало носить в основном аксиоматический характер, то есть характер слепой веры в её постулаты, которые очень трудно понять без сильной математической подготовки [14, с. 62, 66]¹³.

2) Возросла разобщённость между учёными-экономистами, которые не только примыкают к противоборствующим научным направлениям, но и находятся в рамках одной парадигмы [14, с. 57]¹⁴.

3) Трудности в профессиональной коммуникации между экономистами стимулировали развитие кроссдисциплинарного синтеза экономической теории с другими общественными науками: историей, социологией, психологией, юриспруденцией, антропологией, – и естественными дисциплинами: биологией, нейрофизиологией, географией.

Заключение

В завершении стоит отметить, что не следует путать анализ эволюции примирения математических методов в экономической науке с предложением о полном отказе от них. Математика – это ценное средство для научных изысканий. Как средство математические методы могут быть первыми среди равных, но отнюдь не единственными. При непосредственном использовании математических методов в экономическом исследовании полезным будет придерживаться требования их относительной простоты и экономичности, то есть достижения цели с наименьшими затратами средств и времени.

Конечно, экономическая теория может двигаться по пути естественных наук, нацеленных на формальное обобщение и концептуализацию, но она может следовать и пути гуманитарных наук, изучающих цели и ценности.

Стремление к лучшему пониманию экономики и как науки, и как практики требует использования широкого спектра методов гуманитарных и естественных дисциплин при соблюдении условия их равнозначности и равноценности.

Список литературы

- [1] Маршалл А. Принципы политической экономии. М.: Издательство «Прогресс», 1983. 415 с.
- [2] Кейс Дж.М. Метод профессора Тинбергена // Вопросы экономики. 2007. №4. С. 37–45.
- [3] Самуэльсон П. Экономическая теория и математика – оценка // Экономическая политика. 2012. № 3. С. 115–126.
- [4] Krugman P. Two Cheers for Formalism // Economic Journal. 1998. vol. 108. № 451. P. 1829 – 1836.
- [5] Скидельски Р. Кейнс. Возвращение мастера. М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2011. 253 с.
- [6] Райнерт. Э. Как богатые страны стали богатыми, и почему бедные страны остаются бедными. М.: Изд. Дом. Гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2011. 384 с.
- [7] Карев В.П. Очерк истории математических методов в экономике // Экономический анализ: теория и практика. 2011. № 5 (212). С. 54–60.

Интересно, что на вопрос Р. Скидельски заочно ответил один из представителей самого истеблишмента мейнстрима экономики – А. Рубинштейн, экс-президент эконометрического сообщества США: «По сути дела мы играем в игрушки, которые называются моделями. Мы можем позволить себе такую роскошь – оставаться детьми на протяжении всей нашей профессиональной жизни и даже неплохо зарабатывать при этом. <...> Я считаю, что как экономисту-теоретику мне почти нечего сказать о реальном мире и что лишь очень немногие модели в экономической теории могут использоваться для серьезных консультаций... Как экономисты-теоретики мы организуем наше мышление с помощью того, что мы называем моделями. Слово – «модель» звучит научнее, чем – «басня» или – «сказка», хотя большой разницы между ними я не вижу...».

¹³ Аксиоматизация – это разновидность формализма, основанная на классической логике и характерная для формалистического подхода к построению «чистой» экономической теории. Соответствие между теорией и реальностью появляется только на уровне аксиом и теорем, выведенных из аксиом в результате применения дедуктивной логики.

¹⁴ Ясно, что это (математизация) порождает проблемы коммуникации внутри экономической науки, ведь в мейнстриме математика используется как более удобный способ выражения идей, и более того – как основа исследовательской программы в рамках данного научного направления.

Fortus: экономические и политические исследования 2(4) 2019

- [8] Киреев А.П. Puzzle Кругмана // Экономическая школа: альманах. Т. 7. Международная экономика. СПб.: «Экономическая школа» ГУ ВШЭ, 2011. С. 269–289.
- [9] Чупров А.И. Россия вчера и завтра. Статьи. Речи. Воспоминания. М.: Русский мир, 2009. 528 с.
- [10] О чем думают экономисты: беседы с нобелевскими лауреатами. М.: Альпина Паблишер, 2017. 490 с.
- [11] Поппер К. Р. Объективное знание. Эволюционный подход. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 384 с.
- [12] Кун Т. Структура научных революций. М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2009. 310 с.
- [13] Лакатос И. Избранные произведения по философии и методологии науки. М.: Академический проект; Трикста, 2008. 475 с.
- [14] Доу Ш. Математика в экономической теории: исторический и методологический анализ // Вопросы экономики. 2006. №7. С. 53 – 72.
- [15] О. Генри Трест, который лопнул. Рассказы. СПб.: Издательский дом «Азбука-классика», 2007. 304 с.
- [16] Ильф И., Петров Е. Одноэтажная Америка. М.: Издательство АСТ, 2017. 480 с.
- [17] Гершенкрон А. Экономическая отсталость в исторической перспективе. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. 536 с.
- [18] Мюллер Д. Тирания показателей. Как одержимость цифрами угрожает образованию, здравоохранению, бизнесу и власти. М.: Альпина Паблишер, 2019. 266 с.
- [19] Рубинштейн А. Дилеммы экономиста-теоретика // Вопросы экономики. 2008. № 11. С. 62-80

UNDERSTANDING THE EVOLUTION OF THE APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMIC SCIENCE

Cyril V. Fenin

*Faculty of Economics, Department of Economic Theory and National Economy,
Saratov State University, Saratov, Russian Federation,
e-mail: krill.fenin@mail.ru*

Abstract

This article is a study of an actual problem concerning the progress and evolution of the use of mathematical methods in economic theory (economics).

Evidence of the increasing role of mathematics in economics is the chronology of events: the publication of scientific papers, the use of individual mathematical methods in economic analysis, scientific revolutions, the development of statistical accounting, recognition of the merits of individual economists who adhere to the formal mathematical presentation of their ideas (see table 1).

Analysis of the possibility of using the concepts of scientific development of K. Popper, T. Kuhn and I. Lakatos to describe the evolution of economic theory demonstrated the difficulty of using each concept separately due to the specifics of the progress of economic knowledge.

The list of main reasons for the mathematization of economic theory includes four main factors:

- 1) Positivism and Marginal Revolution;
- 2) the personal desire of economists, many of whom had a technical, natural or mathematical education, to make economics an exact discipline;
- 3) development of the practice of conducting regular statistical accounting – collecting a large amount of data and improving the methods of their processing;
- 4) the essence of economics itself, which deals with quantitatively measurable phenomena and processes.

The results of this study indicate that the mathematization of economic theory led to its axiomatization, difficulties in professional communication and the growth of disunity among economic scientists, as well as the development of cross-disciplinary synthesis of economic theory with other social sciences.

Key words: development of economics; mathematization; positivism; statistics; axiomatization; disunity; cross-disciplinary synthesis.

References

- [1] Marshall A. *Printsipy politicheskoi ekonomii* [Principles of Economics]. Moscow, 1983. 415 p. (in Russian).
- [2] Keynes J. M. Professor Tinbergen's Method. *The Economic Journal*. 1939. Vol. 49, No 195. P. 558 – 570.
- [3] Samuelson P. Economic Theory and Mathematics – an Appraisal. *American Economic Review*. 1952. Vol. 42. P. 56–66
- [4] Krugman P. Two Cheers for Formalism. *Economic Journal*. 1998. Vol. 108. No 451. P. 1829 – 1836.
- [5] Skidelsky R. J. A. *Vozvrashchenie mastera* [Keynes: The Return of the Master]. Moscow, 2011. 253 p. (in Russian).
- [6] Reinert E.S. *Kak bogatye strany stali bogatymi, i pochemu bednye strany ostaiutsia bednymi* [How Rich Countries Got Rich and Why Poor Countries Stay Poor]. Moscow, 2011. 384 p. (in Russian).
- [7] Karev V.P. Essay on the history of mathematical methods in economics. *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika* [Economic Analysis: Theory and Practice], 2011. No 5(212), pp. 54-60 (in Russian).
- [8] Kireev A. P. *Puzzle Krugmana* [Krugman's Puzzle]. In: *Ekonomicheskaja shkola: al'manakh. T. 7. Mezhdunarodnaia ekonomika* [The School of Economics. Almanac. Vol. 7. International Economics. Ans. ed. A. P. Kireev, V. D. Matveenko]. St. Petersburg, 2011, pp. 269–289 (in Russian).
- [9] Chuprov A.I. *Rossia vchera i zavtra. Stat'i. Rechi. Vospominaniia* [Russia yesterday and tomorrow. Articles. Speech. Memories]. Moscow, 2009. 528 p. (in Russian).
- [10] *O chem dumaiut ekonomisty: besedy s nobelevskimi laureatami* [Inside the Economist's Mind: Conversations with Eminent Economists]. Moscow, 2017. 490 p. (in Russian).

- [11] Popper K. *Ob"ektivnoe znanie. Evoliutsionnyi podkhod* [Objective Knowledge: An Evolutionary Approach]. Moscow, 2002. 384 p. (in Russian).
- [12] Kuhn T. S. *Struktura nauchnykh revoliutsii* [The Structure of Scientific Revolutions]. Moscow, 2009. 310 p. (in Russian).
- [13] Lakatos I. *Izbrannye proizvedeniia po filosofii i metodologii nauki* [The Methodology of Scientific Research Programmes]. Moscow, 2008. 475 p. (in Russian).
- [14] Dow S. The Use of Mathematics in Economics. *Voprosy Ekonomiki*. 2006. No 7. pp. 53–72. (in Russian). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2006-7-53-72>
- [15] O. Henry *Trest, kotoryi lopnul. Rasskazy*. Moscow, 2007. 304 p. (in Russian).
- [16] Ilf I., Petrov Y. *Oдноэтажная Америка* [Ilf and Petrov's American Road Trip: The 1935 Travelogue of Two Soviet Writers]. Moscow, 2017. 480 p. (in Russian).
- [17] Gershenkron A. Economic backwardness in historical perspective, a book of essays. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press. 1962. 456 p. (Russ. ed.: Gershenkron A. *Ekonomicheskaia otstalost' v istoricheskoi perspektive*. Moscow, 2015. 536 p.).
- [18] Muller J.Z. *Tiraniia pokazatelei. Kak oderzhimost' tsiframi ugrozhaet obrazovaniiu, zdравookhraneniuiu, biznesu i vlasti* [The Tyranny of Metrics]. Moscow, 2019. 266 p. (in Russian).
- [19] Rubinstein A. Dilemmas of an Economic Theorist. *Voprosy Ekonomiki*. 2008. No 11. pp. 62-80. (in Russian). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2008-11-62-80>