

УДК 519.2:303.732.4

UDC 519.2:303.732.4

**МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В СОЦИАЛЬНО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ****METHODOLOGY OF CONTROL PROCESSES
MODELING IN SOCIO-ECONOMIC
SYSTEMS**

Орлов Александр Иванович
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор

Orlov Alexander Ivanovich
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,
professor
Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, Russia

*Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005,
Москва, 2-я Бауманская ул., 5, prof-orlov@mail.ru*

Введены основные понятия теории управления. Отмечена многокритериальность реальных задач управления. После рассмотрения основных понятий теории моделирования проанализирована послевоенная история и современное состояние математического моделирования процессов управления. Обсуждается методология моделирования. В качестве примера конкретной модели процесса управления разобрана модель распределения времени между овладением знаниями и развитием умений

The article introduces the basic concepts of control theory. It has also noted the multicriteriality of real control problems. After reviewing the basic concepts of the theory of modeling we have analyzed postwar history and current status of mathematical modeling of control processes. We have also discussed the modeling methodology. As an example of a real model of the management process we have considered a model of allocation of time between the acquisition of knowledge and development of skills

Ключевые слова: МЕТОДОЛОГИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ,
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ,
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, МОДЕЛЬ
УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ

Keywords: METHODOLOGY, MODELING,
CONTROL, SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS,
MATHEMATICAL MODELS, MODEL OF
CONTROL OF EDUCATION

1. Введение

Конкретные модели процессов управления в социальных и экономических системах исходят из общей методологии, которую и формулируем в настоящей статье. Вводим основные понятия теории управления. Обращаем внимание на неустранимую многокритериальность реальных задач управления. При обсуждении вопросов оптимального управления экономическими системами отмечены распространенные заблуждения, связанные со сравнением по эффективности государственных и частных предприятий и догмой эффективности конкуренции. После рассмотрения основных понятий теории моделирования кратко анализируем послевоенную историю и современное состояние математического моделирования процессов управления. Обсуждение методологии моделирования сосредоточено вокруг четырех базовых составляющих: (практическая) задача – модель – метод – условия

применимости. В качестве примера конкретной модели процесса управления разобрана модель распределения времени между овладением знаниями и развитием умений.

2. Основные понятия теории управления

Субъекты и объекты управления. В каждой стране как хозяйственная, так и нехозяйственная (военная, религиозная, спортивная и др.) деятельность общества сознательно управляются. Что имеется в виду под термином «управление»? *Управление – процесс воздействия субъекта на объект в целях перевода его в новое качественное состояние или поддержания в установленном режиме.*

Субъект управления – это тот, кто управляет. Объект управления – это тот, кем управляют.

Пример 1. Обсудим понятия субъектов и объектов управления применительно к экологической безопасности и природоохранной деятельности [1]. Субъектами управления природопользованием, в том числе и природоохранной деятельностью, выступают государственные органы общей компетенции, кроме того – специально уполномоченные органы по охране окружающей природной среды, а также органы местного самоуправления. На уровне предприятий субъектами управления являются подразделения и службы природопользования (цехи, отделы) или отдельные работники.

К государственным органам *общей компетенции* относятся Президент, Федеральное Собрание, Правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов Российской Федерации. Государственные и муниципальные органы *общей компетенции* ведают вопросами охраны природной среды наряду с множеством других направлений работы.

К государственным органам *специальной компетенции* относятся те, которые соответствующими правительственными актами уполномочены выполнять природоохранные функции. Органы специальной компетенции подразделяются на три вида: *комплексные, отраслевые и функциональные*. Комплексные природоохранные органы выполняют все экологические задачи или отдельные блоки задач, отраслевые занимаются своей отраслью (например, лесным хозяйством), функциональные отвечают за отдельные функции (например, мониторинг состояния окружающей природной среды).

Компетенция органов местного самоуправления по охране окружающей среды отражена в их уставах. Их роль напоминает роль государственных органов общей компетенции, только на гораздо более узком пространстве, относящемся к ведению соответствующего органа местного самоуправления – на уровне района или города.

Объектами управления являются все природопользователи, как юридические, так и физические лица, независимо от характера и направлений их деятельности. Поскольку все организации и предприятия, все жители городов и деревень находятся и действуют в природной среде, то объектами управления являются все юридические и физические лица на территории нашей страны. Связи и отношения между субъектами и объектами управления в процессе природопользования и охраны природной среды строятся двумя способами:

- на основе правил и процедур, зафиксированных в действующих Законах и других нормативно-правовых актах;

- на основе договоров между конкретными субъектами и объектами управления.

Методы и механизмы управления. *Метод управления — это набор способов, приемов, средств воздействия на управляемый объект.* По содержанию воздействия на объект управления методы обычно делятся на:

организационно-административные, экономические, социально-психологические и др.

Так, **организационно-административные методы** основаны на приказах, распоряжениях, законах и других нормативно-правовых документах и опираются на возможность применения силы государственными органами, в том числе непосредственно на силовые структуры. Внутри организации взаимоотношения менеджеров их подчиненных регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации.

Экономические методы воздействия основаны на использовании материальных (экономических, денежных) интересов. Конкретный экономический метод включает как отдельные приемы воздействия, так и их совокупности. Комплекс взаимосвязанных экономических мер, направленных на достижение конкретного результата, образует *экономический механизм управления*.

Социально-психологические методы управления опираются на убеждение, морально стимулирование, сознательность, держатся на обычаях и традиционных ценностях общества.

Под словами «*механизм управления*» понимают совокупность тех или иных методов управления. Организационно-административные, экономические и социально-психологические методы управления применяются совместно. Ясно, что сама возможность использования экономических и социально-психологических методов опирается на существующую административную структуру предприятия. С другой стороны, чисто административными (командными) методами, без материального и морального стимулирования нельзя добиться существенного повышения эффективности работы предприятия.

Организационно-административный, экономический, социально-психологический механизмы являются частями системы управления в целом. На различных уровнях управления эта система имеет свои

особенности. Можно выделить макроуровень, т.е. управление в рамках всей страны, и мезоуровень, касающийся отдельных секторов и отраслей народного хозяйства, например, управления добычей нефти и газа. На уровне конкретных предприятий системы управления носят более специальный характер, приспособленный к особенностям этих предприятий и их подразделений. Большое практическое значение имеет и самый нижний уровень управления – управления собой. Можно сказать, что каждый является менеджером, поскольку он управляет, по крайней мере, одним человеком – самим собой.

Цели управления. Определение целей, к которым следует стремиться, как говорят, целеполагание, – самая трудная и ответственная часть работы менеджера. Выбор целей зависит от конкретной ситуации. Рассмотрим пример [1].

Пример 2. Пусть установлено, что производство в агропромышленном комплексе (АПК), несмотря на резкое снижение его объема за последние пятнадцать лет, излишне велико для данной области, а дефицит продовольствия объясняется не недостаточным объемом производства, а отсталостью в сфере хранения и перерабатывающей промышленности. Тогда целью управления природопользованием в данной области должно стать сокращение природного базиса сельского хозяйства, т.е. *сокращение объема используемых в сельском хозяйстве природных ресурсов*. Меры экономического воздействия будут включать, например, установление высокой арендной платы за земли сельскохозяйственного назначения. Это позволит затормозить вовлечения новых земель в хозяйственный оборот. Следует повысить налоги на дополнительное освоение земель, увеличить штрафы за нерациональное использование земель, стимулировать различными способами консервацию деградированных участков, и др. Все эти меры направлены на сокращение сельскохозяйственного производства и снятие

сельскохозяйственной нагрузки с окружающей природной среды. Одновременно следует бороться с отсталостью в сфере хранения произведенного продовольствия и в сфере перерабатывающей промышленности. Необходимо создание благоприятных экономических условий для совершенствования технологий хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, развития соответствующей отрасли народного хозяйства.

Если же целью развития АПК на определенный период считать всемерное увеличение производства сельскохозяйственной продукции, то меры экономического воздействия, наоборот, не только не должны препятствовать вовлечению новых земельных и водных ресурсов, химических средств защиты растений, минеральных удобрений, а всемерно *стимулировать* их. Подавляющее число специалистов считает, что проводимые в 1990-х годах в России аграрная и земельная реформы направлены на природоёмкий вариант функционирования агропромышленного комплекса. За эти годы производство сельхозпродукции упало в среднем на 30–40 %.

Управляющие параметры. В математических моделях, используемых при управлении, используются различные виды переменных. Одни из них описывают состояние системы, другие – выход системы, т.е. результаты ее работы, третьи – управляющие воздействия. Выделяют экзогенные переменные, значения которых определяются извне, и эндогенные переменные, используемые только для описания процессов внутри системы.

Управляющие параметры – часть экзогенных. Задавая их значения (или изменения этих переменных во времени), менеджер меняет выход системы в нужную для себя сторону.

Поскольку невозможно абсолютно точно предсказать поведение системы под влиянием тех или иных воздействий, приходится изучать

устойчивость социально-экономических моделей, используемых при управлении [2]. Чаще всего вводят случайные воздействия (возмущения), что приводит к замене единственной траектории движения на пучок (трубку) и снижает эффективность управления. Соответствующая математическая теория хорошо разработана, но достаточно трудна для понимания и применения [3].

Различные варианты формулировок целей управления. В простейшем случае цель полностью описана. Например, необходимо попасть в определенное место за минимальное время. Или – построить дом по заранее выбранному проекту, руководствуясь утвержденной сметой. Этот вариант целеполагания назовем «Попасть в точку».

Двойственным к нему является вариант «Продвинуться дальше». Например, за заданное время изготовить как можно больше деталей. При заданном рекламном бюджете организовать наиболее эффективную рекламную кампанию.

В этом варианте есть критерии, по которым надо оптимизировать системы. В первом случае – число деталей. Во втором – эффективность рекламной кампании, которую можно измерить по увеличению числа покупателей и объема продаж. Критерии – часть переменных, описывающих выход системы, т.е. те результаты ее работы, которые представляют интерес для менеджера.

Частный случай варианта «Продвинуться дальше» – как можно ближе подойти к заранее определенному идеальному состоянию. Например, сконструировать двигатель, коэффициент полезного действия которого, возможно, ближе к идеалу – к 100 %. Назовем этот вариант целеполагания «Приблизиться к идеалу». Для его реального использования необходимо иметь измерять степень близости к идеалу.

От варианта «Попасть в точку» естественно перейти к варианту «Попасть в область». Например, человек может определить для себя

желательный уровень заработной платы и считать цель достигнутой, как только его заработная плата превысит заданный порог. Менеджеру, отвечающему за отопительную систему, необходимо обеспечить температуру в помещениях в заданных пределах – от и до. Руководителям предприятия необходимо обеспечить попадание показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия [4] в заданные интервалы.

Одна из наиболее важных целей как для отдельного человека, так и для организации – самосохранение. Стремление сохраниться как самостоятельное целое, обеспечить равновесие с окружающей средой, стабильность и целостность – этот вариант целеполагания назовем «Приказано выжить». Именно самосохранение, а не максимизация прибыли (за какой период?) – зачастую основная цель предприятия.

Другой подход к проблеме управления связан с идеей обратной связи. Управление не выбирается заранее, а корректируется в каждый текущий момент времени на основании информации о состоянии или о выходе системы.

Для подразделения внутри организации обычно имеется конфликт между внешними и внутренними целями. Например, центральное руководство имеет целью получить от цеха возможно больше продукции при возможно меньшей оплате труда. В то время как руководство цеха желает прямо противоположного – несколько сократить выпуск продукции, но увеличить фонд оплаты труда. Аналогична ситуация и для организации во взаимоотношениях с внешним миром. Потребители хотят получить товары возможно более высокого качества при возможно более низкой оплате труда, а поставщики, наоборот, предпочли бы не заботиться о качестве, но зато увеличить цены.

Неизбежен конфликт между внутренними целями субъекта экономической жизни (от отдельного человека до групп стран) и

внешними целями его окружения. Разрешение подобных конфликтов – одна из основных задач менеджера.

3. Многокритериальность реальных задач управления

Обычно субъект экономической жизни стремится достичь сразу многих целей. Например, он стремится одновременно следовать и внутренним, и внешним целям, тем самым снимая конфликт между ними. Но внутренних целей у него может быть много, да и внешних тоже.

Как же быть? Многокритериальность реальных задач управления состоит в том, что менеджеру необходимо оптимизировать управляемую им систему сразу по нескольким критериям. Например, добиться максимизации прибыли при минимуме затрат. Ясно, что этого невозможно достичь. Минимум затрат равен 0, он достигается при прекращении выпуска продукции (оказания услуг) и ликвидации предприятия. Но при этом прибыль тоже равна 0. Если же добиться максимально возможной прибыли, то затраты при этом также будут достаточно большими, отнюдь не минимальными.

Теория управления предлагает два основных способа борьбы с многокритериальностью. Один из них – превратить все критерии, кроме одного, в ограничения, и решать задачу оптимизации по оставшемуся критерию. Например, можно потребовать, чтобы затраты не превосходили заданной величины, и при этом условии максимизировать прибыль. Второй вариант – принять, что прибыль должна быть не меньше заданной величины (например, если выполняется определенный заказ), а затраты при этом условии минимизировать.

Другой подход в борьбе с многокритериальностью – на основе исходных критериев сконструировать один новый и его оптимизировать. В рассматриваемом случае можно использовать рентабельность (по затратам), т.е. частное от деления прибыли на затраты. При максимизации

рентабельности находится наилучшее (в определенном смысле) соотношение между затратами и прибылью.

Есть и другие методы борьбы с многокритериальностью. Например, можно выделить все варианты решений менеджера, при которых прибыль мало отличается от максимально возможной, а затем в этой области минимизировать затраты [2]. Или же сначала выделить все Парето-оптимальные варианты решений менеджера, т.е. все те решения, которые не хуже любого возможного решения хотя бы по одному критерию, а затем анализировать множество Парето-оптимальных решений [5].

Аналогична ситуация и с лозунгом: «Максимум прибыли при минимуме риска». Здесь, как и в ранее разобранным случае, надо либо максимизировать прибыль при задании верхней границы для риска, либо минимизировать риск при заданной прибыли, либо конструировать из двух критериев один. Дополнительная сложность состоит в необходимости численно оценивать риск.

4. Об оптимальном управлении экономическими системами

Рассмотрим две проблемы сравнительной оценки эффективности различных подходов к оптимизации управления экономическими системами.

Сравнение по эффективности государственных и частных предприятий. К настоящему времени имеется огромное количество книг, статей, ресурсов Интернета, связанных с поисками оптимального управления теми или иными экономическими системами. Среди обсуждаемых вопросов, например, такой: «Какие предприятия работают более эффективно – государственные или частные?»

Частные предприятия хвалят за возможность развертывания личной инициативы, быстроту реакции на изменение рыночной среды. Критикуют их за высокую вероятность различных противоправных и

противообщественных действий. Государственные предприятия критикуют за неповоротливость, вызванную бюрократизмом управления, а хвалят за законопослушность. На основе словесного обсуждения нельзя сделать однозначного вывода. Обратимся к статистике.

Таблица 1. Эффективность госсектора в странах Европейского Союза

Страна	Доля занятых в госсекторе	Доля госсектора в добавленной стоимости	Относительная эффективность госсектора
Германия	8,0	10,0	1,25
Франция	11,9	14,2	1,19
Италия	11,5	13,0	1,13
Великобритания	2,3	2,6	1,13
Испания	6,0	7,2	1,20
Швеция	11,4	13,3	1,17
Австрия	10,0	14,0	1,40
Бельгия	9,7	8,6	0,89
Греция	12,0	14,0	1,17
Финляндия	14,7	19,0	1,29
Португалия	6,0	13,1	2,18
Нидерланды	3,4	6,0	1,76
Дания	7,8	8,0	1,03
Ирландия	9,3	11,0	1,18
Люксембург	5,6	6,3	1,13
Европейский Союз	8,0	9,7	1,21

В табл.1 приведены статистические данные Европейского Союза (ЕС) на конец 1995 г. [6, 7]. Для каждой страны и для ЕС в целом указаны

доля занятых в государственном секторе (в процентах от всех занятых в стране) и доля госсектора в создании добавленной стоимости (в процентах от валового внутреннего продукта). В последнем столбце указана эффективность госсектора в странах ЕС относительно предприятий и организаций других форм собственности. Она получена делением второй из этих долей на первую. Страны упорядочены в порядке убывания валового внутреннего продукта.

Таким образом, производительность труда (объем созданной добавленной стоимости на одного работающего) в госсекторе выше, чем на частных предприятиях. Это утверждение справедливо для ЕС в целом и для всех его стран по отдельности, кроме одной – Бельгии.

Итак, согласно мировому опыту экономическая эффективность государственных предприятий выше, чем у частных. Одна из причин состоит в том, что зарубежные государства предпочитают оставлять у себя (или национализировать) высокоэффективные предприятия и избавляться от малоэффективных и убыточных, приватизируя их.

Догма эффективности конкуренции. Она состоит в том, что экономические структуры, основанные на конкуренции, более эффективны (производят больше при тех же затратах), чем плановые. Западная экономическая теория пришла к противоположному выводу: эффективность конкурентной системы может в отдельных случаях достигать эффективности плановой системы, но никогда не в состоянии превзойти ее [8]. Это и понятно – оптимальная программа действий, учитывающая всю информацию, всегда эффективнее, чем стихийно складывающийся поток несогласованных действий отдельных субъектов рыночной конкуренции.

Однако у каждого типа системы есть свои причины недостижения максимума. В конкурентной системе – стихийные отклонения от оптимальной траектории, вызванные несогласованными решениями

экономических субъектов. Для рыночной экономики характерна нерациональная трата материальных, финансовых, кадровых ресурсов. Недаром в период войны, когда необходимо сосредоточить ресурсы для обеспечения вооруженных сил, все государства переходят к плановой системе управления экономикой.

В плановой экономике основная причина недостижения максимума – нерациональность процедур принятия решений, принципиальная невозможность точного решения оптимизационных задач, а главное – неустраняемая неопределенность в их постановке. Существуют подходы, позволяющие модернизировать плановую экономику с целью повышения эффективности, вводя в нее элементы рыночных отношений [9–10]. Утверждать, что «рынок» эффективнее «плана», нельзя. В солидарной информационной экономике [11] разрабатываются методы организации рационального управления хозяйством в современных условиях.

Термин «конкуренция» означает «соревнование». В СССР конкурировали между собой разработчики военной техники – из нескольких образцов, разработанных различными организациями по одним и тем же тактико-техническим требованиям, комиссия экспертов выбирала один для запуска в серию. В настоящее время подобная процедура именуется тендером (конкурсом). Конкуренция процветала и на рынке потребительских товаров – население «голосовало рублем» за те товары, которые предпочитало, остальные оставались на полках магазинов и со временем списывались.

Должен ли менеджер специально создавать конкуренцию между работниками? Практический опыт показывает, что вводить элементы соревнования следует весьма осторожно, упирая на моральное стимулирование (как в Японии). Работники должны образовывать сплоченный коллектив (команду), а не стаю особей, готовых перегрызть

глотку друг другу. Проблемы управления персоналом и, в частности, мотивации подробнее рассматриваются в [12].

5. Основные понятия теории моделирования

Модель в общем смысле (обобщенная модель) есть создаваемый с целью получения и (или) хранения информации специфический объект (в форме мысленного образа, описания знаковыми средствами либо материальной системы), отражающий свойства, характеристики и связи объекта-оригинала произвольной природы, существенные для задачи, решаемой субъектом [13, с. 44]. Для теории принятия решений наиболее полезны модели, которые выражаются словами или формулами, алгоритмами и иными математическими средствами.

Пример словесной модели [14]. Обсудим необходимость учета эффекта лояльности при управлении организацией в современных условиях. Под лояльностью понимается честное, добросовестное отношение к чему-либо или к кому-либо. В рамках предлагаемой *словесной модели* бизнес-лояльность рассматривается с точки зрения трех самостоятельных базисных аспектов: лояльность потребителей, лояльность сотрудников и лояльность инвесторов. Каждый раз за словом «лояльность» понимается что-то свое: приверженность (с точки зрения покупателей), добросовестность (с точки зрения сотрудников), взаимное доверие, уважение и поддержка (с точки зрения инвесторов).

Несмотря на ярко выраженные компоненты, эта система должна рассматриваться только как единое целое, поскольку невозможно создать лояльных покупателей, не обращая внимания на лояльность сотрудников, или воспитать лояльность сотрудников без должного внимания к лояльности инвесторов. Ни одна из частей не может существовать отдельно от двух других, но все три вместе позволяют организации достигать значительных результатов.

Менеджмент, основанный на лояльности, обращен на людей. В нем рассматриваются люди и их роль в бизнесе. Это скорее модель мотивации и поведения, чем маркетингового, финансового или производственного развития. Как показывает практика, люди всегда оказываются более готовыми работать на организацию, которая имеет цель служения, чем на организацию, которая существует только ради того, чтобы «делать деньги».

Менеджеры, желающие успешно использовать модель управления, основанную на эффекте лояльности, не должны рассматривать прибыль как первоочередную цель, но как необходимый элемент благосостояния и выживания трех составляющих каждой бизнес-системы: покупателей, сотрудников и инвесторов. Еще в начале XX в. Генри Форд говорил, что «организация не может работать без прибыли, ... иначе она умрет. Но и создавать организацию только ради прибыли ... значит привести ее к верной гибели, так как у нее не будет стимула к существованию» [15].

Основа рассматриваемой модели лояльности – не прибыль, а привлечение дополнительного количества покупателей, процесс, осознанно или неосознанно лежащий в основе большинства преуспевающих организаций. Модель лояльности подробно обоснована на словесном уровне [14]. В этом обосновании упоминалось математическое и компьютерное обеспечение. Однако для принятия первоначальных решений их использование не требуется.

Математические модели при принятии решений. При более тщательном анализе ситуации словесных моделей, как правило, не достаточно. Необходимо применение достаточно сложных математических моделей. Так, при принятии решений в менеджменте производственных систем используются:

- модели технологических процессов (прежде всего модели контроля и управления);

- модели обеспечения качества продукции (в частности, модели оценки и контроля надежности);
- модели массового обслуживания;
- модели управления запасами (модели логистики);
- имитационные и эконометрические модели деятельности предприятия в целом, и др.

В процессе подготовки и принятия решений часто используют имитационные модели и системы. Имитационная модель позволяет отвечать на вопрос: «Что будет, если...» Имитационная система – это совокупность моделей, имитирующих протекание изучаемого процесса, объединенная со специальной системой вспомогательных программ и информационной базой, позволяющих достаточно просто и оперативно реализовать варианты расчеты [16, с. 213].

Основные термины математического моделирования. Прежде чем рассматривать конкретные математические модели процессов управления, необходимо вспомнить определения следующих основных терминов:

- *компоненты системы* – части системы, которые могут быть вычленены из нее и рассмотрены отдельно;
- *независимые переменные* – они могут изменяться, но это внешние величины, не зависящие от проходящих в системе процессов;
- *зависимые переменные* – значения этих переменных есть результат (функция) воздействия на систему независимых внешних переменных;
- *управляемые (управляющие) переменные*, значения которых могут изменяться исследователем (инженером, менеджером);
- *эндогенные переменные* – их значения определяются в ходе деятельности компонент системы (т.е. «внутри» системы);
- *экзогенные переменные* – определяются либо исследователем, либо извне, т.е. в любом случае действуют на систему извне.

При построении любой модели процесса управления желательно придерживаться следующего плана действий:

- 1) сформулировать цели изучения системы;
- 2) выбрать те факторы, компоненты и переменные, которые являются наиболее существенными для данной задачи;
- 3) учесть тем или иным способом посторонние, не включенные в модель факторы;
- 4) осуществить оценку результатов, проверку модели, оценку полноты модели.

Модели можно делить на следующие виды:

- 1) функциональные модели – выражают прямые зависимости между эндогенными и экзогенными переменными;
- 2) модели, выраженные с помощью систем уравнений относительно эндогенных величин. Выражают балансовые соотношения между различными экономическими показателями (например, модель межотраслевого баланса);
- 3) модели оптимизационного типа. Основная часть модели – система уравнений относительно эндогенных переменных. Но цель – найти оптимальное решение для некоторого экономического показателя (например, найти такие величины ставок налогов, чтобы обеспечить максимальный приток средств в бюджет за заданный промежуток времени);
- 4) имитационные модели – достаточно точное отображение экономического явления. Математические уравнения при этом могут содержать сложные, нелинейные, стохастические зависимости.

С другой стороны, модели можно делить на – управляемые и прогнозные. Управляемые модели отвечают на вопросы: «Что будет, если ...?» или «Как достичь желаемого?», и содержат три группы переменных:

- 1) переменные, характеризующие текущее состояние объекта; 2)

управляющие воздействия – переменные, влияющие на изменение этого состояния и поддающиеся целенаправленному выбору; 3) исходные данные и внешние воздействия, т.е. параметры, задаваемые извне, и начальные параметры. В прогнозных моделях управление не выделено явно. Они отвечают на вопросы: «Что будет, если все останется по-старому?».

Далее, модели можно делить по способу измерения времени на непрерывные и дискретные. В любом случае, если в модели присутствует время, то модель называется динамической. Чаще всего в моделях используется дискретное время, т.к. информация поступает дискретно: отчеты, балансы и иные документы составляются периодически. Но с формальной точки зрения непрерывная модель может оказаться более простой для изучения. В физической науке продолжается дискуссия: является ли реальное физическое время непрерывным или дискретным.

Обычно в достаточно крупные социально-экономические модели входят материальный, финансовый и социальный разделы. Материальный раздел – балансы продуктов, производственных мощностей, трудовых, природных ресурсов. Это раздел, описывающий основополагающие процессы, это уровень, обычно слабо подвластный управлению, особенно быстрому, поскольку весьма инерционен. Финансовый раздел содержит балансы денежных потоков, правила формирования и использования фондов, правила ценообразования и т.п. На этом уровне можно выделить много управляемых переменных. Они могут быть регуляторами. Социальный раздел содержит сведения о поведении людей. Этот раздел вносит в модели принятия решений много неопределенностей, поскольку трудно точно правильно учесть такие факторы как трудоотдача, структура потребления, мотивация и т.п.

При построении моделей, использующих дискретное время, часто применяют методы эконометрики (см., например, [17]). Среди них

популярны регрессионные уравнения и их системы. Различные системы регрессионных уравнений, построенные для решения практически важных задач, рассмотрены в [18]. Часто используют лаги (запаздывания в реакции). Для систем, нелинейных по параметрам, применение метода наименьших квадратов встречает трудности [17]. Большое количество конкретных эконометрических и математических моделей принятия решений рассмотрено в [2, 17, 18, 19].

6. Математическое моделирование процессов управления

Математическое моделирование экономических явлений и процессов с целью оптимизации процессов управления – область научно-практической деятельности, получившая мощный стимул к развитию во время и сразу после Второй мировой войны. Эта тематика развивалась в рамках интеллектуального движения, связанного с терминами «кибернетика», «исследование операций», а позже - «системный анализ», «информатика», «экспертные оценки».

Рассмотрим важную практическую задачу контроля качества боеприпасов, вышедшую на первый план именно в годы второй мировой войны. Методы статистического контроля качества приносят (по западной оценке, обсуждаемой в [20], и по нашему мнению, основанному на опыте СССР и России, в частности, на анализе организационно-экономических результатов работы служб технического контроля на промышленных предприятиях) наибольший экономический эффект среди всех экономико-математических методов управления. Только дополнительный доход от их применения в промышленности США оценивается как 0,8% валового национального продукта США.

Для моделирования первостепенная проблема - учет неопределенности. Основное место она занимает в вероятностно-статистических моделях экономических и социально-экономических

явлений и процессов. Проблемы устойчивости (к допустимым отклонениям исходных данных и предпосылок модели) для социально-экономических моделей рассматриваются в [2].

Особое место занимают имитационные системы, позволяющие отвечать на вопросы типа: «Что будет, если...?» (как подчеркнуто в [16, с. 212], «любая модель, в принципе, имитационная, ибо она имитирует реальность»). Основа имитации (смысл которой понимаем как анализ экономического явления с помощью вариантных расчетов) - это математическая модель. Согласно [16, с. 213], имитационная система - это совокупность моделей, имитирующих протекание изучаемого процесса, объединенная со специальной системой вспомогательных программ и информационной базой, позволяющих достаточно просто и оперативно реализовать вариантные расчеты. Таким образом, под имитацией понимается численный метод проведения машинных экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течение продолжительных периодов времени [18, с. 9], при этом имитационный эксперимент состоит из следующих шести этапов:

- 1) формулировка задачи;
- 2) построение математической модели;
- 3) составление программы для компьютера;
- 4) оценка пригодности модели;
- 5) планирование эксперимента;
- 6) обработка результатов эксперимента.

Несколько иной (более подробный) список этапов дан в [21]. Имитационное моделирование (*simulation modelling*) широко применяется в различных областях, в том числе в экономике [18].

Экономико-математические методы управления можно разделить на несколько групп: методы оптимизации; методы, учитывающие неопределенность, прежде всего, вероятностно-статистические, а также на

основе теории нечеткости и интервальной математики [22, 23]; методы построения и анализа имитационных моделей [16]; методы анализа конфликтных ситуаций (теории игр) [24]. Во всех этих группах можно выделить статическую и динамическую постановки. При наличии фактора времени используют дифференциальные уравнения и разностные методы.

Теория игр (более подходящее название - теория конфликта, или теория конфликтных ситуаций) зародилась как теория рационального поведения двух игроков с противоположными интересами. Она наиболее проста, когда каждый из них стремится минимизировать свой средний проигрыш, т.е. максимизировать свой средний выигрыш. Отсюда ясно, что теория игр склонна излишне упрощать реальное поведение в ситуации конфликта. Участники конфликта могут оценивать свой риск по иным критериям. В случае нескольких игроков возможны коалиции. Большое значение имеет устойчивость точек равновесия и коалиций.

В экономике еще 150 лет назад теория дуополии (конкуренции двух фирм) была развита О. Курно на основе соображений, которые мы сейчас относим к теории игр. Новый толчок дан классической монографией Дж. фон Неймана и О. Morgenштерна [24], вышедшей вскоре после второй мировой войны. В учебниках по экономике обычно разбирается «дилемма заключенного» и точка равновесия по Нэшу (ему присуждена Нобелевская премия по экономике за 1994 г.).

7. О методологии моделирования

Моделирование процессов управления предполагает последовательное осуществление трех этапов исследования. Первый – от исходной практической проблемы до теоретической чисто математической задачи. Второй – внутриматематическое изучение и решение этой задачи. Третий – переход от математических выводов обратно к практической проблеме.

В области моделирования процессов управления, как, впрочем, и в иных областях применения математики, целесообразно выделять четверки составляющих:

ЗАДАЧА – МОДЕЛЬ – МЕТОД – УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ.

Обсудим каждую из только что выделенных составляющих.

Задача, как правило, порождена потребностями той или иной прикладной области. Вполне понятно, что при этом происходит одна из возможных математических формализаций реальной ситуации. Например, при изучении предпочтений потребителей у экономистов-маркетологов возникает вопрос: различаются ли мнения двух групп потребителей. При математической формализации мнения потребителей в каждой группе обычно моделируются как независимые случайные выборки, т.е. как совокупности независимых одинаково распределенных случайных величин, а вопрос маркетологов переформулируется в рамках этой модели как вопрос о проверке той или иной статистической гипотезы однородности. Речь может идти об однородности характеристик, например, о проверке равенства математических ожиданий, или о полной (абсолютной однородности), т.е. о совпадении функций распределения, соответствующих двух совокупностям [17].

Задача может быть порождена также обобщением потребностей ряда прикладных областей. Приведенный выше пример иллюстрирует эту ситуацию: к необходимости проверки гипотезы однородности приходят и медики при сравнении двух групп пациентов, и инженеры при сопоставлении результатов обработки деталей двумя способами, и т.д. Таким образом, одна и та же математическая модель может применяться для решения самых разных по своей прикладной сущности задач.

Выделение перечня задач находится вне математики. Выражаясь инженерным языком, этот перечень является сутью технического задания,

которое специалисты различных областей деятельности дают специалистам по математическому моделированию.

Метод, используемый в рамках определенной математической модели - это уже во многом, если не в основном, дело математиков. В эконометрических моделях речь идет, например, о методе оценивания, о методе проверки гипотезы, о методе доказательства той или иной теоремы, и т.д. В первых двух случаях алгоритмы разрабатываются и исследуются математиками, но используются прикладниками, в то время как метод доказательства касается лишь самих математиков.

Для решения той или иной задачи в рамках одной и той же принятой исследователем модели может быть предложено много методов. Приведем примеры. Для специалистов по теории вероятностей и математической статистике наиболее хорошо известна история Центральной Предельной Теоремы теории вероятностей. Предельный нормальный закон был получен многими разными методами, из которых напомним теорему Муавра-Лапласа, метод моментов Чебышева, метод характеристических функций Ляпунова, завершающие эпопею методы, примененные Линдбергом и Феллером. В настоящее время для решения практически важных задач могут быть использованы современные информационные технологии на основе метода статистических испытаний и соответствующих датчиков псевдослучайных чисел. Они уже заметно потеснили асимптотические методы математической статистики. В рассмотренной выше проблеме однородности для проверки одной и той же гипотезы совпадения функций распределения могут быть применены самые разные методы – Смирнова, Лемана - Розенблатта, Вилкоксона и др. [17].

Наконец, рассмотрим последний элемент четверки – условия применимости. Он – полностью внутриматематический. С точки зрения математика, замена условия (кусочной) дифференцируемости некоторой

функции на условие ее непрерывности может представляться существенным научным достижением, в то время как прикладник оценить это достижение не сможет. Для него, как и во времена Ньютона и Лейбница, непрерывные функции мало отличаются от (кусочно) дифференцируемых. Точнее, они одинаково хорошо (или одинаково плохо) могут быть использованы для описания реальной действительности.

Методологический анализ – первый этап моделирования процессов управления, да и вообще любого исследования. Он определяет исходные постановки для теоретической проработки, а потому во многом и успех всего исследования. Анализ динамики развития методов моделирования позволяет выделить наиболее перспективные методы. В частности, при вероятностно-статистическом моделировании наиболее перспективными оказались методы нечисловой статистики [25].

8. Модель управления обучением

В качестве примера конкретной модели процесса управления обсудим модель распределения времени между овладением знаниями и развитием умений, впервые кратко рассмотренную в [26]. При моделировании исходим из того, что любое знание состоит частично из «информации» («чистое знание») и частично из «умения» («знаю как»). Умение – это мастерство, это способность использовать имеющиеся у вас сведения для достижения своих целей; умение можно еще охарактеризовать как совокупность определенных навыков, в конечном счете, умение – это способность методически работать [27, с.308].

Пусть $x(t)$ – объем сведений, накопленных учащимся к моменту времени t («чистое знание»), $y(t)$ – объем накопленных умений: умений рассуждать, решать задачи, разбираться в излагаемом преподавателем

материале; $u(t)$ – доля времени, отведенного на накопление знаний в промежутке времени $(t; t + dt)$.

Примем в модели в качестве исходного положения, что увеличение $x(t + dt) - x(t)$ объема знаний учащегося пропорционально потраченному на это времени $u(t)dt$ и накопленным умениям $y(t)$. Следовательно,

$$\frac{dx(t)}{dt} = k_1 u(t) y(t), \quad (1)$$

где коэффициент $k_1 > 0$ зависит от индивидуальных особенностей учащегося.

Примем также, что увеличение знаний за то же время пропорционально потраченному на это времени $(1 - u(t))dt$, имеющимся умениям $y(t)$ и знаниям $x(t)$. Следовательно,

$$\frac{dy(t)}{dt} = k_2 (1 - u(t)) x(t) y(t). \quad (2)$$

Коэффициент $k_2 > 0$ также зависит от индивидуальности. Учащийся тем быстрее приобретает умения, чем больше он уже знает и умеет. Тем быстрее усваивает знания, чем больше умеет. Но нельзя считать, что чем больше они запомнил, тем быстрее запоминает. На правую часть уравнения (1) влияют только приобретенные в прошлом активные знания, примененные при решении задач и перешедшие в умения. Отметим, что модель (1) – (2) имеет смысл применять на таких интервалах времени, чтобы, например, пять минут можно было считать бесконечно малой величиной.

Можно управлять процессом обучения, выбирая при каждом t значение функции $u(t)$ из отрезка $[0; 1]$. Рассмотрим две задачи.

1. Как возможно быстрее достигнуть заданного уровня знаний x_1 и умений y_1 ? Другими словами, как за кратчайшее время перейти из точки фазовой плоскости $(x_0; y_0)$ в точку $(x_1; y_1)$?

2. Как быстрее достичь заданного объема знаний, т.е. выйти на прямую $x = x_1$?

Двойственная задача: за заданное время достигнуть как можно большего объема знаний. Оптимальные траектории движения для второй задачи и двойственной к ней совпадают (двойственность понимается в обычном для математического программирования смысле [28]).

С помощью замены переменных $z = k_2x$, $w = k_1k_2y$ перейдем от системы (1) – (2) к более простой системе дифференциальных уравнений, не содержащей неизвестных коэффициентов:

$$\frac{dz}{dt} = uw, \quad \frac{dw}{dt} = (1-u)zw. \quad (3)$$

(Описанная линейная замена переменных эквивалентна переходу к другим единицам измерения знаний и умений, своим для каждого учащегося.)

Решения задач 1 и 2, т.е. наилучший вид управления $u(t)$, находятся с помощью математических методов оптимального управления, а именно, с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина [29]. В задаче 1 для системы (3) из этого принципа следует, что быстрее движение может происходить либо по горизонтальным ($u = 1$) и вертикальным ($u = 0$) прямым, либо по особому решению - параболе $w = z^2$ ($u = 1/3$). При $z_0^2 > w_0$ движение начинается по вертикальной прямой, при $z_0^2 < w_0$ - по горизонтальной, при $z_0^2 = w_0$ - по параболе. По каждой из областей $\{z^2 > w\}$ и $\{z^2 < w\}$ проходит не более одного вертикального и одного горизонтального отрезка оптимальной траектории.

Используя теорему о регулярном синтезе [29, с.266], можно показать, что оптимальная траектория выглядит следующим образом. Сначала надо выйти на «магистраль» - добраться до параболы $w = z^2$ по вертикальной ($u = 0$) или горизонтальной ($u = 1$) прямой. Затем пройти основную часть пути по магистрали ($u = 1/3$). Если конечная точка лежит под параболой, добраться до нее по горизонтали, сойдя с магистрали. Если она лежит над параболой, заключительный участок траектории является вертикальным отрезком. В частности, в случае $w_0 < z_0^2 < w_1 < z_1^2$ оптимальная

траектория такова. Сначала надо выйти на магистраль – добраться по вертикальной ($u = 0$) прямой до параболы. Затем двигаться по магистрали ($u = 1/3$) от точки $(z_0; z_0^2)$ до точки $(\sqrt{w_1}; w_1)$. Наконец, по горизонтали ($u = 1$) выйти в конечную точку.

В задаче 2 из семейства оптимальных траекторий, ведущих из начальной точки $(z_0; w_0)$ в точки луча $(z_1; w_1)$, $w_0 \leq w_1 < +\infty$, выбирается траектория, требующая минимального времени. При $z_1 \leq 2z_0$ оптимально $w_1 = z_0(z_1 - z_0)$, траектория состоит из вертикального и горизонтального отрезков. При $z_1 > 2z_0$ оптимально $w_1 = z_1^2/4$, траектория проходит по магистрали $w = z^2$ от точки $(z_0; z_0^2)$ до точки $(z_1/2; z_1^2/4)$. Чем большим объемом знаний z_1 надо овладеть, тем большую долю времени надо двигаться по магистрали, отдавая при этом $2/3$ времени увеличению умений и $1/3$ времени – накоплению знаний.

Полученное для основного участка траектории оптимального обучения значение $u = 1/3$ можно интерпретировать приблизительно так: на одну лекцию должно приходиться два семинара, на 15 мин. объяснения 30 мин. решения задач. Результаты, полученные в математической модели, вполне соответствуют эмпирическим представлениям об оптимальной организации учебного процесса. Кроме того, модель определяет численные значения доли времени ($1/3$), идущей на повышение знаний, и доли материала ($1/2$), излагаемого на заключительных лекциях (без проработки на семинарах).

При движении по магистрали, т.е. в течение основного периода учебного процесса, оптимальное распределение времени между объяснениями и решением задач одно и то же для всех учащихся, независимо от индивидуальных коэффициентов k_1 и k_2 . Этот факт устойчивости оптимального решения показывает возможность организации обучения, оптимального одновременно для всех учащихся.

При этом время движения до выхода на магистраль зависит, естественно, от начального положения $(x_0; y_0)$ и индивидуальных коэффициентов k_1 и k_2 .

Таким образом, модель процесса управления обучением (1) – (2) позволила получить ряд практически полезных рекомендаций, в том числе выраженных в числовой форме. При этом не понадобилось уточнять способы измерения объемов знаний и умений, имеющихся у учащегося. Достаточно было согласиться с тем, что эти величины удовлетворяют качественным соотношениям, приводящим к уравнениям (1) и (2).

Многочисленные модели процессов управления описаны в литературе [2, 14, 17, 18, 21, 24, 16]. Их практическим использованием обычно занимаются информационно-аналитические подразделения, службы контроллинга, качества и надежности, маркетинга и др. К тематике настоящей статьи непосредственное отношение имеют работы А.М. Новикова и Д.А. Новикова по методологии [30] и Д.А. Новикова по методологии управления [31].

Литература

1. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 344 с.
2. Орлов А.И. Новый подход к изучению устойчивости выводов в математических моделях / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №06(100). С. 1 – 30. – IDA [article ID]: 1001406001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/01.pdf>
3. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
4. Экономика предприятия / Иванова Н.Ю., Аксенов А.П., Берзинь И.Э., Карманова В.А., Ключко В.Н., Пикунова С.А., Савченко Н.Н., Фалько С.Г. Под ред. С.Г. Фалько. – М.: КноРус, 2013. – 350 с.
5. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. - 2-е изд., испр. и доп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 256 с.
6. Абрамов Ю.А. В поисках баланса интересов и ресурсов. – В сб.: Космос в фокусе политики, экономики, культуры / Научн. ред. Л.В. Голованов. – М.: Новости космонавтики, 2002, - С.92-101.

7. Российская цивилизация: сквозь тернии к звездам. Сборник. – М.: Вече, 2003. – 400 с.
8. Ланкастер К. Математическая экономика. – М.: Советское радио», 1972. – 464 с.
9. Настенко А.Д. Экономические интересы и экономические отношения // Обозреватель. Информационно-аналитический журнал. 1995. №7. С.68 - 80.
10. Малиновский Л.Г. Какой видится экономика обновленного социализма? // Диалог. 2002. № 6. С.28 - 32.
11. Орлов А.И. Солидарная информационная экономика как экономическая составляющая государственной идеологии России / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №04(098). С. 706 – 731. – IDA [article ID]: 0981404053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/53.pdf>
12. Федосеев В.Н., Капустин С.Н. Управление персоналом организации. – М.: Экзамен, 2003. – 368 с.
13. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. - Л.: Наука, 1984. - 190 с.
14. Орлов А.И. Теория принятия решений. – М.: Экзамен, 2006. – 576 с.
15. Форд Г. Моя жизнь. Мои достижения. - М.: Попурри, 2009. - 352 с.
16. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981. - 488 с.
17. Орлов А.И. Эконометрика. Изд. 4-е, доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. - 572 с.
18. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. - М.: Мир, 1975. - 500 с.
19. Математическая экономика на персональном компьютере. Пер. с яп./ М. Кубонива, М. Табата, С. Табата, Ю. Хасэбэ; Под ред. М. Кубонива. - М.: Финансы и статистика, 1991. - 304 с.
20. Гнеденко Б.В. Математика и контроль качества продукции.- М.: Знание, 1978. – 64 с.
21. Багриновский К.А., Бусыгин В.П. Математика плановых решений. - М.: Наука, 1980. – 224 с.
22. Орлов А.И. Системная нечеткая интервальная математика (СНИМ) – перспективное направление теоретической и вычислительной математики / А.И. Орлов, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>
23. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
24. Нейман Дж.фон, Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. - М.: Наука, 1970. - 708 с.
25. Орлов А.И. О развитии статистики объектов нечисловой природы / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №09(093). С. 273 – 309. – IDA [article ID]: 0931309019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/19.pdf>

26. Орлов А.И. Математические модели отдельных сторон обучения математике // Сб. научно-методических статей по математике. (Проблемы преподавания математики в вузах.) Вып.7. - М.: Высшая школа, 1978. - С.28-34.
27. Пойа Д. Математическое открытие: Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание. Изд.3. – М.: КомКнига, 2010. - 448 с.
28. Гольштейн Е.Г. Выпуклое программирование: Элементы теории. Изд.2. - М.: Кранд, 2010. - 72 с.
29. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука, 1969. - 408 с.
30. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: Синтег, 2007. – 668 с.
31. Novikov D. Control Methodology. – New York: Nova Science Publishers, 2013. - 76 p.

References

1. Orlov A.I. Problemy upravlenija jekologicheskoy bezopasnost'ju. Itogi dvadcati let nauchnyh issledovanij i prepodavanija. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. – 344 s.
2. Orlov A.I. Novyj podhod k izucheniju ustojchivosti vyvodov v matematicheskix modeljah / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №06(100). S. 1 – 30. – IDA [article ID]: 1001406001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/01.pdf>
3. Poljak B.T., Shherbakov P.S. Robastnaja ustojchivost' i upravlenie. – М.: Nauka, 2002. – 303 s.
4. Jekonomika predpriyatija / Ivanova N.Ju., Aksenov A.P., Berzin' I.Je., Karmanova V.A., Kljuchko V.N., Pikunova S.A., Savchenko N.N., Fal'ko S.G. Pod red. S.G. Fal'ko. – М.: KnoRus, 2013. – 350 s.
5. Podinovskij V.V., Nogin V.D. Pareto-optimal'nye reshenija mnogokriterial'nyh zadach. - 2-e izd., ispr. i dop. — М.: FIZMATLIT, 2007. - 256 s.
6. Abramov Ju.A. V poiskah balansa interesov i resursov. – V sb.: Kosmos v fokuse politiki, jekonomiki, kul'tury / Nauchn. red. L.V. Golovanov. – М.: Novosti kosmonavtiki, 2002, - S.92-101.
7. Rossijskaja civilizacija: skvoz' ternii k zvezdam. Sbornik. – М.: Veche, 2003. – 400 s.
8. Lankaster K. Matematicheskaja jekonomika. – М.: Sovetskoe radio», 1972. – 464 s.
9. Nastenکو A.D. Jekonomicheskie interesy i jekonomicheskie otnoshenija // Obozrevatel'. Informacionno-analiticheskij zhurnal. 1995. №7. S.68 - 80.
10. Malinovskij L.G. Kakoj viditsja jekonomika obnovlennogo socializma? // Dialog. 2002. № 6. S.28 - 32.
11. Orlov A.I. Solidarnaja informacionnaja jekonomika kak jekonomicheskaja sostavljajushhaja gosudarstvennoj ideologii Rossii / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №04(098). S. 706 – 731. – IDA [article ID]: 0981404053. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/53.pdf>
12. Fedoseev V.N., Kapustin S.N. Upravlenie personalom organizacii. – М.: Jekzamen, 2003. – 368 s.

13. Neujmin Ja.G. Modeli v nauke i tehnike. Istorija, teorija, praktika. - L.: Nauka, 1984. - 190 s.
14. Orlov A.I. Teorija prinjatija reshenij. – M.: Jekzamen, 2006. – 576 s.
15. Ford G. Moja zhizn'. Moi dostizhenija. - M.: Popurri, 2009. - 352 s.
16. Moiseev N.N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. - M.: Nauka, 1981. - 488 s.
17. Orlov A.I. Jekonometrika. Izd. 4-e, dop. i pererab. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2009. - 572 s.
18. Nejlor T. Mashinnye imitacionnye jeksperimenty s modeljami jekonomicheskikh sistem. - M.: Mir, 1975. - 500 s.
19. Matematicheskaja jekonomika na personal'nom komp'jutere. Per. s jap./ M. Kuboniva, M. Tabata, S.Tabata, Ju. Hasjebje; Pod red. M. Kuboniva. - M.: Finansy i statistika, 1991. - 304 s.
20. Gnedenko B.V. Matematika i kontrol' kachestva produkcii.- M.: Znanie, 1978. – 64 s.
21. Bagrinovskij K.A., Busygin V.P. Matematika planovyh reshenij. - M.: Nauka, 1980. – 224 s.
22. Orlov A.I. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika (SNIM) – perspektivnoe napravlenie teoreticheskoy i vychislitel'noj matematiki / A.I. Orlov, E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>
23. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika. – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s.
24. Nejman Dzh.fon, Morgenshtejn O. Teorija igr i jekonomicheskoe povedenie. - M.: Nauka, 1970. - 708 s.
25. Orlov A.I. O razvitii statistiki ob#ektov nechislovoj prirody / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №09(093). S. 273 – 309. – IDA [article ID]: 0931309019. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/09/pdf/19.pdf>
26. Orlov A.I. Matematicheskie modeli ot del'nyh storon obuchenija matematike // Sb. nauchno-metodicheskikh statej po matematike. (Problemy prepodavaniya matematiki v vuzah.) Vyp.7. - M.: Vysshaja shkola, 1978. - S.28-34.
27. Poja D. Matematicheskoe otkrytie: Reshenie zadach: osnovnye ponjatija, izuchenie i prepodavanie. Izd.3. – M.: KomKniga, 2010. - 448 s.
28. Gol'shtejn E.G. Vypukloe programmirovanie: Jelementy teorii. Izd.2. - M.: Krasand, 2010. - 72 s.
29. Boltjanskij V.G. Matematicheskie metody optimal'nogo upravlenija. – M.: Nauka, 1969. - 408 s.
30. Novikov A.M., Novikov D.A. Metodologija. – M.: Sinteg, 2007. – 668 s.
31. Novikov D. Control Methodology. – New York: Nova Science Publishers, 2013. - 76 p.