

21. *Shikin E.V., Chhartishvili A.G.* Mathematical methods and models in management: the Manual. — M.: Business, 2000. — 440 p.
22. *Owen G.* Theory of games / Trans. from English. — M.: Mir, 1971. — 232 p.
23. *J. von Neumann, Morgenshtern O.* Theory of games and economic behavior / Trans. from English. — M.: Nauka, 1970. — 708 p.
24. *Belov V.V., Vorobev E.M., Shatalov V.E.* The theory of counts: the Manual. — M.: Higher school, 1976. — 392 p.
25. O. Teorija's shouting of counts Trans. from English. — M.: Nauka, 1968. — 352 p.
26. *Ahudja X.* Network management methods in designing and manufacture / Trans. from English. — M.: Mir, 1979. — 639 p.
27. *Borozdin I.G.* Network planning and management in building: the Manual. — M.: Stroyizdat, 1972. — 288 p.
28. Application of research of operations in economy / Trans. from Hungarian. — M.: Economy, 1977. — 323 p.
29. *Davidov E.G.* Operations research: the Manual. — M.: the Higher school, 1990. — 383 p.
30. *Malyhin V.I.* Mathematical modeling of economy: the Training manual. — M.: URAO, 1998. — 160 p.
31. *Shavkin A.M.* Method and models of rational management in market economy: working out of administrative decisions: the Manual. — M.: Finance and statistics, 2001. — 320 p.
32. *Trojanovsky V.M.* Mathematical modeling in management: the Manual. — M.: the Russian Business Literature, 1999. — 240 p.
33. Economic-mathematical methods in supply. — M.: Economy, 1971. — P. 96–100.
34. *Larionov A.I., Jurchenko T.I., Novoselov A.L.* Economic-mathematical methods in planning: the Textbook. — M.: the Higher school, 1991. — P. 39.
35. *Lengths A.M.* Factorial the analysis in manufacture. — M.: Statistics, 1975. — 328 p.
36. *Karasev A.I., Kremer N.S., Savelyev T.I.* Mathematical methods and models in planning: the Manual. — M.: Economy, 1987. — 240 p.
37. *Zamkov O.O., Tolstopjatenko A.V., Cheremnykh Ju.N.* Mathematical methods in economy: the Textbook. — M.: Moscow State University of M.V. Lomonosova, Publishing house «DIS», 1997. — 368 p.

УДК 517:65.012.122

Последовательность и содержание этапов экономико-математического моделирования и операционного исследования

Sequence and contents of stages of economic-mathematical modelling and operational research

Каренов Р.С.

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: karenov_r@inbox.ru)

Модельдеудің негізгі тәсілдерінің жіктелуін кескіндейтін сызбасы ұсынылған. Математикадағы үлкен жетістіктер нәтижесінде соңғы кездері кең қолданыс тапқан математикалық модельдеудің маңызы көрсетілген. Экономикалық зерттеулерде математиканың интенсивті қолданылу себептері талданған. Экономикалық-математикалық модельдеу кезеңдерінің тізбесін және мазмұнын зерттеу қажеттігі негізделген. Негізгі мақсаты адамның ұйымдық басқару жүйелерінде қабылдайтын шешімдерін оңтайландыру болып табылатын ғылым-операцияларды зерттеудің заманауи математикалық аппаратын түсіндіріп баяндауға көңіл бөлінген. Операциялық зерттеулердің негізгі кезеңдері қарастырылған.

The circuit diagram illustrating classification of the basic methods of modeling is offered. Value of mathematical modeling which wide application thanks to the big success of mathematics recently finds is allocated. The reasons of a heavy use of mathematics in economic researches are analyzed. Necessity of studying of sequence and contents of stages of economic-mathematical modeling is proved. Bases of research of operations — sciences which sets as the purpose optimization of the decisions accepted by the person in systems of organizational management are stated. The attention is given to a statement of modern mathematical apparatus of operations research. The basic stages of operational research are considered.

Классификация основных методов моделирования

Центральным понятием кибернетики является понятие «система». Единого определения этого понятия нет; возможна такая формулировка: системой называется комплекс взаимосвязанных элементов вместе с отношениями между элементами и между их атрибутами. Исследуемое множество элементов можно рассматривать как систему, если выявлены следующие четыре признака [1]:

- целостность системы, т.е. принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов;
- наличие цели и критерия исследования данного множества элементов;
- наличие более крупной, внешней по отношению к данной, системы, называемой «средой»;
- возможность выделения в данной системе взаимосвязанных частей (подсистем).

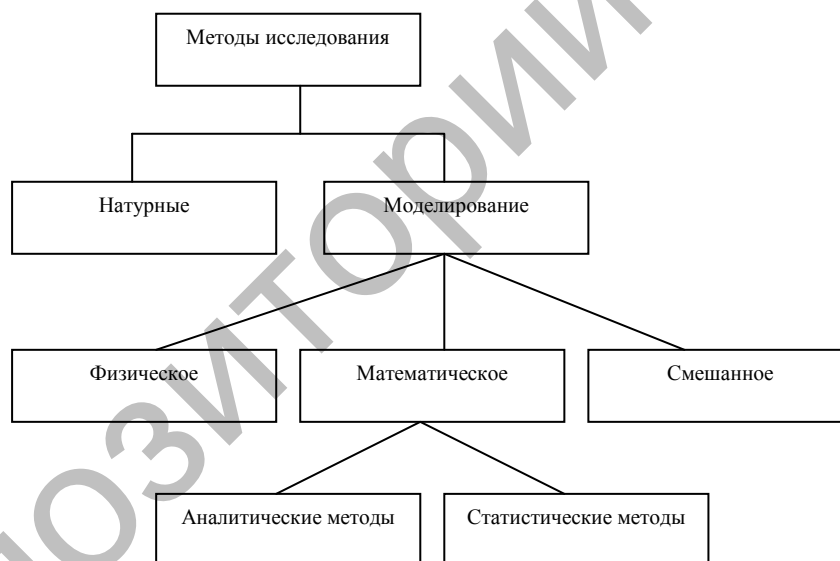
Основным методом исследования систем является метод моделирования, т.е. способ теоретического анализа и практического действия, направленный на разработку и использование моделей. При этом под моделью нужно понимать образ реального объекта (процесса) в материальной или идеальной форме (т.е. описанный знаковыми средствами на каком-либо языке), отражающий существенные свойства моделируемого объекта (процесса) и замещающий его в ходе исследования и управления. Метод моделирования основывается на принципе аналогии, т.е. возможности изучения реального объекта не непосредственно, а через рассмотрение подобного ему и более доступного объекта, его модели.

Классификация основных методов моделирования иллюстрируется на рисунке 1.

Как видно из схемы, существует три основных метода моделирования: математический, физический и смешанный.

Математические модели отличаются от оригиналов по физической природе, а имеют сходство в том, что описываются одними и теми же математическими соотношениями.

Физические модели сходны с оригиналом по физической природе и геометрическим формам и отличаются от оригинала по размерам, скорости процесса и другим точно учитываемым свойствам. При физическом моделировании между процессом-оригиналом и процессом-моделью должны быть установлены некоторые соотношения подобия.



Примечание. Предлагается автором на основе теоретического обобщения литературных источников.

Рис. 1. Классификация основных методов моделирования

Смешанная модель — это сочетание математической и физической моделей, причем та часть процесса, которая наиболее трудна или не поддается математическому описанию, моделируется физически.

Достоинством математических моделей является универсальность методов и аппаратуры для их исследования, возможность исследования любых процессов, включая и те, которые в настоящее время не удастся осуществить физически, более широкие возможности и простота отыскания оптимальных решений.

Математическое моделирование в последнее время находит широкое применение благодаря большим успехам математики, позволившим исследовать достаточно сложные модели, а также быст-

рому развитию ЭВМ (в последние годы благодаря созданию и внедрению быстродействующих персональных компьютеров).

Если на процесс функционирования сложной системы оказывают действие случайные факторы, то применяются как статистические, так и аналитические модели.

Аналитические модели по сравнению со статистическими являются более грубыми, так как составлены на основании принятых допущений и упрощений. Эти модели описывают процесс приближенно, но зато результаты такого моделирования более наглядны и отчетливо отражают присущие процессу закономерности, а главное — аналитические модели более приспособлены для поиска оптимальных решений.

Причины интенсивного использования математики в экономических исследованиях

За последние сто лет математика заняла важное место в экономической теории и практике, но особенно ее роль возросла в последние годы. Если сравнить современные научные журналы с журналами пятидесятилетней давности, то становится очевидной обширная экспансия математического языка в экономических работах. Согласно Р.Бэхаузу [2], уровень использования такого языка в статьях крупнейших экономических журналов возрос с 10 % в 1930 г. до 75 % в 1980 г. Это относится и к учебникам по экономической теории всех уровней сложности.

Интерес представляет анализ данных об использовании математических подходов, методов и моделей в задачах управления 125 крупнейшими корпорациями США (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Частота использования математических методов и моделей в крупнейших корпорациях США, %

Метод, модель	Частота использования, % корпораций		
	редко	умеренно	постоянно
Статистический анализ	2	38	60
Имитационное моделирование	13	53	34
Сетевое планирование	26	53	21
Линейное программирование	26	60	14
Теория очередей	40	50	10
Нелинейное программирование	53	39	8
Динамическое программирование	61	34	5
Теория игр	69	27	4

Примечание. Данные статьи [3; 20–23].

Математика, таким образом, приобретает все большее значение в изложении экономических идей, что само по себе является очень интересным фактом, особенно с точки зрения понимания и восприятия экономической теории в обществе. Понять и воспринять математически выраженные принципы могут далеко не все; то же самое можно сказать и об экономической науке. Это касается всех социальных групп: от школьников, выбирающих предмет для изучения, до политических деятелей, способных или не способных понять рекомендации экспертов.

Проведенный Г.Грубелем и Л.Боландом [4] опрос ведущих экономистов показал, что они обеспокоены увеличением количества математических моделей в теоретических исследованиях и в преподавательском процессе. Но результаты опроса свидетельствовали также и о том, что потребности, возникающие внутри самой экономики как научного знания, обуславливают интенсивное использование математики в экономических работах. Возможно, математическая интерпретация экономических идей является наиболее удобным способом передачи и изложения тех или иных концепций.

В последние годы математические методы проникают во все сферы хозяйственной жизни. Например, работа на финансовых рынках все чаще осуществляется при помощи математических моделей. Заслуга экономистов в создании этих моделей подтверждается присуждением Нобелевской премии в области экономики Ф.Блэку и М.Шоулзу за их финансовую модель.

Принципиальная схема построения и использования модели экономического явления

В настоящее время экономическая наука располагает сравнительно большим арсеналом математических моделей. Способы их построения, естественно, отличаются друг от друга. Однако можно определить общие принципиальные черты, характерные для построения модели любого вида.

По мнению специалистов [5; 6, 7], порядок построения модели может быть представлен следующим образом (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Схема построения экономико-математической модели

Входная информация	Название этапа	Выходная информация
1.1. Экономическая теория 1.2. Результаты реальных явлений 1.3. Выводы, которые делает наука об организации и планировании производства на предприятии	1. Постановка задачи	Перечень величин, подлежащих определению и дающих объективную и исчерпывающую характеристику состояния объекта управления. Условия, которые должны учитываться при определении значений величин, указанных выше. Параметры, связывающие названные характеристики и условия. 1.4. Если задача оптимизационная, то должен быть словесно сформулирован четкий критерий или набор критериев оптимальности
2.1. Информация, полученная на выходе первого этапа	2. Формализованное описание	Показатели, выражающие характеристики объекта управления, искомые величины, параметры процесса, факторы и условия, регламентирующие процесс производства. Информация количественного характера, являющаяся исходной для формирования модели. Зависимости моделируемого процесса, выраженные математическими символами в неявном виде, например, $y = f(x)$
3.1. Информация, полученная в результате реализации второго этапа	3. Формализация в общем виде	Зависимостям придается явный вид, например, $ax > b$. Рассматриваются вопросы снижения размерности задачи и упрощения формализованной записи
4.1. Информация из третьего этапа 4.2. Конкретные данные моделируемого объекта или процесса	4. Численное представление	4.1. Символы заменяются на конкретные числовые данные, например, $5x_1 + 2x_2 > 14$. 4.2. Проводится предварительная обработка данных для ввода в модель (агрегирование информации, определение законов распределения случайных величин, определение функциональных зависимостей динамических рядов, показателей)

Примечание. Данные работы [5; 7].

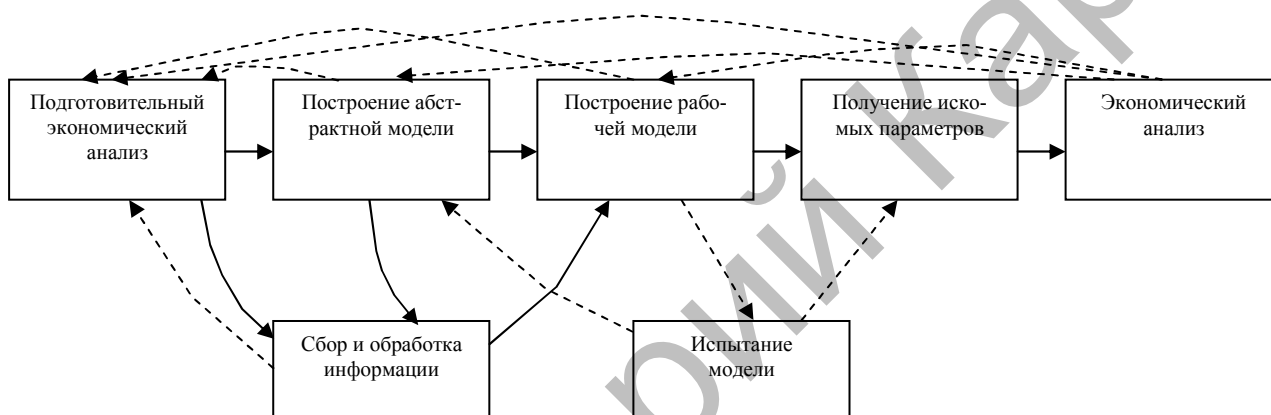
На наш взгляд, процесс экономико-математического моделирования, т.е. описания экономических и социальных систем и процессов в виде экономико-математических моделей, обладает рядом

существенных особенностей, связанных как с объектом моделирования, так и с применяемыми аппаратом и средствами моделирования. Поэтому целесообразно более детально проанализировать последовательность и содержание этапов экономико-математического моделирования, выделив следующие этапы: подготовительный экономический анализ; построение абстрактной модели; сбор и обработка информации; наполнение модели конкретной информацией — построение рабочей модели; испытание модели; математическая обработка модели; получение искомых параметров и значений переменных; экономический анализ полученных результатов.

На рисунке 2 показана рекомендуемая нами схема последовательности этапов.

Как видно из перечисления, начальный и последний этапы должны представлять собой экономический анализ.

Первый этап включает в себя: определение цели исследования; выявление наиболее важных факторов, условий и взаимосвязей, которые обязательно должны быть отражены моделью, и как следствие этого — выбор параметров и переменных, которые должны быть показаны в модели; выбор и обоснование критерия оптимальности (если задача заключается в оптимизации какого-либо процесса); установление четких рамок и границ исследования; определение степени упрощения в отражении явления без существенного искажения реальной действительности.



Примечание. Предлагается автором на основе теоретического обобщения литературных источников.

Рис. 2. Предлагаемая схема последовательности этапов процесса моделирования экономического явления

Разумеется, любой из перечисленных элементов первого этапа может быть выполнен лишь при всестороннем и глубоком экономическом исследовании явления (процесса).

Математическое моделирование экономических явлений не просто основывается на анализе, а предъявляет к нему новые требования. Главное — это более строгий и четкий подход к анализу и его результатам. Расплывчатые суждения не могут быть представлены в виде математических выражений.

Следующая, не менее важная особенность на этом этапе заключается в выделении и определении всех существенных условий. На некоторые из них в экономическом анализе, не опосредствующем процесс моделирования, не обращается внимание, так как предполагается, что они само собой разумеются. Между тем невключение таких очевидных, часто элементарных условий может привести к абсурдным результатам. Например, при определении оптимального состава корма для скота в модель обязательно следует включить условие, предусматривающее, что общий объем корма не превысит физиологических возможностей животного.

Необходимо отметить, что на протяжении почти всего процесса построения и использования модели возникают различные проблемы, которые заставляют вновь и вновь возвращаться к экономическому анализу, дополнять и углублять его. Так, на этапе сбора и обработки информации может оказаться, что некоторые принятые гипотезы противоречат полученным данным и экономический анализ должен устранить противоречие.

На втором этапе в соответствии с установленной целью исследования выбирается или разрабатывается модель в абстрактной ее форме. Из всего разнообразия математических моделей, специально созданных или заимствованных из других отраслей науки и приспособленных для решения эконо-

мических задач, по методам и задачам математического описания моделируемых процессов и явлений можно выделить модели межотраслевых балансов, линейного, нелинейного и динамического программирования, статистические модели (модели, состоящие из уравнений регрессии или динамических рядов), модели, относящиеся к теории массового обслуживания, теории игр, дифференциально-разностные уравнения и т.д.

Следующий этап заключается в сборе и обработке исходной информации. Ценность получаемых на основе математических методов выводов в настоящее время в большей мере зависит от полноты и качества исходной информации, чем от других факторов. После того как собрана информация, абстрактная модель наполняется конкретными числовыми данными. Модель теперь готова для выполнения различных математических операций, дающих конкретные количественные решения поставленных проблем.

В ряде случаев, прежде чем приступить к следующему этапу, следует испытать модель, насколько она отвечает поставленным требованиям, содержит ли она скрытые дефекты и каковы отдельные ее свойства. Для выявления степени надежности получаемых результатов исследуется «реакция» модели на возможные погрешности в исходной информации. Одно из направлений испытания заключается в определении степени соответствия расчетных показателей фактическим данным за истекший период.

Разумеется, математические методы не содержат в себе никаких мистических сил, способных превратить отрывочные или противоречивые сведения в заслуживающие внимания ответы. Математические методы будут эффективны только в том случае, если все этапы разработки модели выполнены надлежащим образом.

Процесс построения и использования математической модели заканчивается экономическим анализом результатов. Если полученные данные противоречат каким-либо условиям или закономерностям реальной действительности, то анализ должен вскрыть причину этого. Соответствующие коррективы вносятся в исходную модель и процесс повторяется. Математические модели экономических явлений не только базируются на экономическом анализе, но и обогащают последний, в первую очередь результатами, получаемыми на основе модели.

Следует отметить, что рекомендуемая нами последовательность построения модели не является универсальной. При построении конкретной модели возможны отклонения в ту или другую сторону, а процесс ее конструирования наряду с опытом часто требует применения нестандартных приемов.

Исследование операций как комплекс научных методов для решения задач эффективного управления организационными системами

Ускоряющийся научно-технический прогресс вызвал появление нового объекта исследований в области управления, получившего название большие (или сложные) системы. Поскольку общая теория управления большими системами пока еще находится в стадии становления, любая попытка добиться практических результатов в управлении подобной системой вынуждает ограничивать области исследований конкретным классом систем.

Одним из самых значительных классов «больших» систем являются системы организационного управления. К ним относятся промышленные предприятия, корпорации, отрасли, экономика целого государства, а также глобальные системы (макросистемы). Комплекс научных методов для решения задач эффективного (или оптимального) управления организационными системами принято называть исследованием операций [6–8].

Корни исследования операций уходят в далекую историю. Уже ранние работы (XVIII–XIX вв.) явились важным этапом развития и становления исследования операций. Пионерские попытки разработки научного подхода к организации труда и производства, к учету человеческого фактора в промышленности, предпринятые А.Смитом (A. Smith), Ч.Бэббиджем (Ch. Babbage), Ф.Тейлором (F. Taylor), Г.Гэнттом (H. Gantt) и другими, позволили получить эффективные решения целого ряда конкретных задач.

Начало XX в. отмечено первыми попытками смоделировать математически антагонистический конфликт (модель Ф.Ланчестера (F. Lanchester) исхода артиллерийской дуэли), создать теорию управления инвестициями (Ф.Харрис (F. Harris)), теорию кассового обслуживания (теория очередей (А.Эрланг (A. Erlang)) и др. Однако, несмотря на заметные продвижения в разработке математических подходов к решению количественных проблем управления, исследование операций как научное направление (научная дисциплина) было признано лишь в 40–50-е годы XX в. Существенный прорыв

обозначился при попытках разрешения целого ряда проблем управления, возникших непосредственно перед и в ходе Второй мировой войны, где эффективность междисциплинарного подхода к ним явно проявилась. Наиболее известным примером могут служить результаты работы британской группы экспертов, состоявшей из 11 человек, оказавшие заметное влияние на исход битвы за Англию и сражений в Северной Атлантике. В эту группу, возглавлявшуюся П. М.С.Блэккеттом (P. M.S.Blackett) и ставшую потом известной под названием «Blackett's Circus», входили физиологи, математики, физики, геодезист, астрофизик и военный [9].

Специфика полученных результатов определенное время была сдерживающим фактором на пути их применения вне военной сферы. Однако заметные теоретические продвижения в теории игр и теории полезности (Дж. фон Нейман (J. von Neumann)), и в линейном программировании (Дж. Данциг (G.Danzig), Л.В.Канторович), а также создание новых мощных средств вычислений обеспечили существенный прорыв в расширении области приложения операционного анализа. Многие задачи управления удалось достаточно хорошо формализовать. Сейчас они уже весьма широко и довольно успешно решаются стандартными методами исследования операций. Впрочем, зависимость методологии исследования операций от возможностей вычислительных средств не следует преувеличивать. Даже сегодня многие крупномасштабные задачи еще не удается решить при помощи существующих высокоскоростных компьютеров.

Предмет, цель и основные особенности исследования операций

Поскольку исследование операций — это новая интенсивно развивающаяся наука, вряд ли возможно дать сейчас ее исчерпывающее определение. Тем не менее для понимания предмета исследования операций, ее содержания и целей такое определение необходимо.

Предмет исследования операций — это системы организационного управления (организации), которые состоят из большого числа взаимодействующих между собой подразделений. Причем интересы подразделений не всегда согласуются между собой и могут быть противоположны.

Целью исследования операций является количественное обоснование принимаемых решений по управлению организациями.

Решение, которое оказывается наиболее выгодным для всей организации, называется оптимальным, а решение, наиболее выгодное одному или нескольким подразделениям, будет субоптимальным.

Основные особенности исследования операций состоят в следующем [10–12]:

Характерной особенностью исследования операций является так называемый системный подход к анализу поставленной проблемы. Системный подход, или системный анализ, является основным методологическим принципом исследования операций, который состоит в следующем. Любая задача, какой бы частной она не казалась на первый взгляд, рассматривается с точки зрения ее влияния на критерий функционирования всей системы.

Для исследования операций характерно, что при решении каждой проблемы возникают все новые и новые задачи. Если сначала ставятся узкие, ограниченные цели, применение операционных методов неэффективно. Наибольший эффект может быть достигнут только при непрерывном исследовании, обеспечивающем преемственность в переходе от одной задачи к другой.

Одной из существенных особенностей исследования операций является стремление найти оптимальное решение поставленной задачи. Однако часто такое решение оказывается недостижимым из-за ограничений, накладываемых имеющимися в наличии ресурсами (денежные средства, машинное время) или уровнем современной науки. Например, для многих комбинаторных задач, в частности, задач календарного планирования при числе станков $n > 4$, оптимальное решение при современном развитии математики оказывается возможным найти лишь простым перебором вариантов. Однако даже при небольших n число возможных вариантов оказывается настолько велико, что перебор всех вариантов при существующих ограничениях на быстродействие ЭВМ и допустимое машинное время практически невыносим. Тогда приходится ограничиваться поиском «достаточно хорошего», или субоптимального, решения.

Особенность операционных исследований состоит в том, что они проводятся комплексно, по многим направлениям. Для проведения такого исследования создается операционная группа. В ее состав входят специалисты разных областей знания: инженеры, математики, экономисты, социологи, психологи. Задачей создания подобных операционных групп является комплексное исследование всего множества факторов, влияющих на решение проблемы, и использование идей и методов различных наук.

Основные этапы операционного исследования

При всем многообразии содержания конкретных работ по исследованию операций каждое операционное исследование проходит последовательно следующие основные этапы: а) постановка задачи; б) построение математической модели; в) нахождение метода решения; г) проверка и корректировка модели; д) реализация найденного решения на практике [13].

Постановка задачи — это чрезвычайно ответственный этап операционного исследования. Первоначально задачу формулируют с точки зрения заказчика. Такая постановка задачи обычно не бывает окончательной. Во время анализа исследуемой системы задача постепенно уточняется. На этом этапе роль операционной группы состоит в проведении тщательного обследования объекта, изучении множества факторов, влияющих на результаты исследуемого процесса.

После сбора данных обследования и их анализа операционная группа выделяет совокупность существенных факторов, проводит консультации с заказчиками и уточняет окончательно содержательную (словесную) постановку задачи.

Для выяснения упущенных факторов и их взаимосвязей при необходимости проводят дополнительное обследование объекта.

Построение математической модели. Получив достаточно строгую и логически непротиворечивую, содержательную постановку задачи, нужно построить ее математическую модель. Этот процесс называется формализацией задачи.

В самом общем случае математическая модель задачи имеет вид:
найти

$$\max E = f(\bar{X}, \bar{Y}) \quad (1)$$

при ограничениях

$$g_i(\bar{X}, \bar{Y}) \leq b_i, \quad i = 1, \bar{m},$$

где $E = f(\bar{X}, \bar{Y})$ — целевая функция (показатель качества, или эффективность системы); \bar{X} — вектор управляемых переменных; \bar{Y} — вектор неуправляемых переменных; g_i — функция потребления i -го ресурса; b_i — величина i -го ресурса (например, плановый фонд машинного времени группы токарных автоматов в станко-часах).

Нахождение метода решения. Для нахождения оптимального решения \bar{X}_{opt} задачи (1) в зависимости от структуры целевой функции и ограничений применяют те или иные методы теории оптимальных решений, называемые также методами математического программирования [14–16]:

Линейное программирование, если $f(\bar{X}, \bar{Y})$, $g_i(\bar{X}, \bar{Y})$ — линейные функции относительно переменных \bar{X}, \bar{Y} .

Нелинейное программирование, если $f(\bar{X}, \bar{Y})$, $g_i(\bar{X}, \bar{Y})$ — нелинейные функции.

Динамическое программирование, если $f(\bar{X}, \bar{Y})$ имеет специфическую структуру, т.е. является аддитивной или мультипликативной функцией от переменных \bar{X}, \bar{Y} .

Геометрическое программирование, если целевая функция $g_0(\bar{X}) = \sum c_i x^{a_i} \dots x_m^{a_m}$, а ограничения $g_i(\bar{X}) \leq 1$.

Стохастическое программирование, когда \bar{Y} — случайная величина, а вместо функции $f(\bar{X}, \bar{Y})$ рассматривают ее математическое ожидание $M_y \{f(\bar{X}, \bar{Y})\}$.

Дискретное программирование, если на переменные \bar{X}, \bar{Y} наложено условие дискретности (например, требование целочисленности).

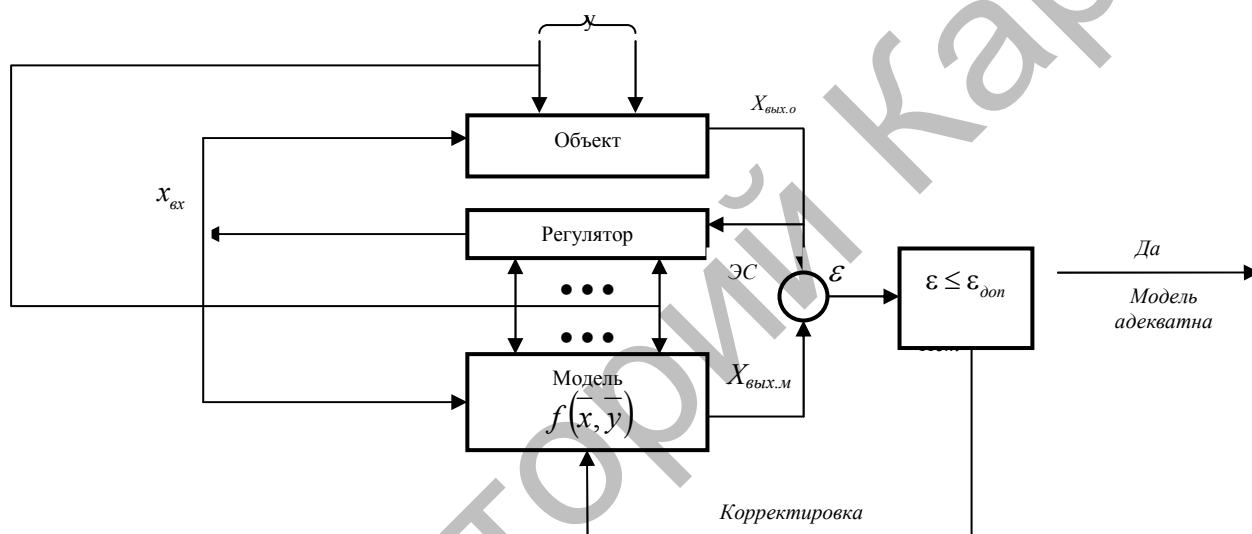
Эвристическое программирование применяют для решения тех задач, в которых точный оптимум найти алгоритмическим путем невозможно из-за огромного числа вариантов. В таком случае отказываются от поиска оптимального решения и отыскивают достаточно хорошее (или удовлетворительное с точки зрения практики) решение. При этом пользуются специальными приемами — эври-

стиками, позволяющими существенно сократить число просматриваемых вариантов. Эвристические методы также применяют, когда оптимальное решение в принципе может быть найдено (т.е. задача алгоритмически разрешима), однако для этого требуются объемы ресурсов, значительно превышающие наличные.

Из перечисленных выше методов математического программирования наиболее развитым и законченным является линейное программирование. В его рамки укладывается широкий круг задач исследования операций [17–19].

Проверка и корректировка модели. В сложных системах, к которым относятся системы организационного типа, модель лишь частично отражает реальный процесс. Поэтому необходима проверка степени соответствия или адекватности модели и реального процесса. Проверку производят сравнением предсказанного поведения с фактическим при изменении значений внешних управляемых воздействий.

Проверку и корректировку модели можно производить, например, по логической схеме, показанной на рисунке 3, где \bar{X} — вектор управляемых переменных; \bar{Y} — вектор неуправляемых переменных; $X_{вых.о}$ — выходные параметры объекта; $X_{вых.м}$ — выходные параметры модели.



Примечание. Данные работы [13; 13].

Рис. 3. Логическая схема, позволяющая производить проверку и корректировку модели

Величины $X_{вых.о}$ и $X_{вых.м}$ подаются на элемент сравнения ЭС, и вычисляется величина ошибки $\varepsilon(y) = |X_{вых.о} - X_{вых.м}|$. Если величина $\varepsilon(y)$ превышает допустимое значение отклонения $\varepsilon_{доп}$ (его выбирают, исходя из требуемой степени адекватности модели), то это свидетельствует о том, что упущены некоторые важные факторы и взаимосвязи. В этом случае производят корректировку модели.

Корректировка может потребовать дополнительных исследований объекта, уточнения структуры математической модели, многочисленных изменений переменных модели. Таким образом, четыре названные выше этапа повторяют многократно до тех пор, пока не будет достигнуто удовлетворительное соответствие между выходами объекта и модели.

Реализация найденного решения на практике является важнейшим этапом, завершающим операционное исследование. Внедрение можно рассматривать как самостоятельную задачу, применив к ней системный подход и анализ. Полученное предварительно математическое решение облачают в соответствующую содержательную форму и представляют заказчику в виде инструкций и рекомендаций.

Развитие отдельных направлений исследования операций в последние годы

Практика последних лет показывает, что с увеличением масштабов производства, развитием и совершенствованием форм и методов организации управления экономическими системами расширя-

лись масштабы операционных исследований, круг решаемых задач, совершенствовались методы новой науки.

Возникла необходимость в подготовке кадров, специалистов по исследованию операций — операционистов. В ведущих университетах США и Англии впервые было начато систематическое преподавание курса исследования операций.

Возникла необходимость в координации работы многотысячной армии операционистов, в регулярном обмене теоретическими исследованиями и прикладными разработками.

С этой целью в 1957 г. была создана Международная федерация обществ исследования операций — IFORS, в состав которой вошли национальные общества и комитеты по исследованию операций многих стран.

В создание современного математического аппарата и развитие многих направлений исследования операций большой вклад внесли российские ученые Л.В.Канторович, Н.П.Бусленко, Е.С.Вентцель, Н.Н.Воробьев, Н.Н.Моисеев, Д.Б.Юдин и другие.

Значительный вклад в формирование и развитие исследования операций внесли зарубежные ученые Р.Акоф, Р.Беллман, Г.Данциг, Г.Кун, Дж. Нейман, Т.Саати, Р.Черчмен, А.Кофман и другие.

Методы исследования операций, как и любые математические методы, всегда в той или иной мере упрощают, огрубляют задачу, отражая порой нелинейные процессы линейными моделями, стохастические системы — детерминированными, динамические процессы — статическими моделями и т.д. Жизнь богаче любой схемы. Поэтому не следует ни преувеличивать значение количественных методов исследования операций, ни преуменьшать его, ссылаясь на примеры неудачных решений.

References

1. Fedoseyev V.V., Garmash A.N. et al. Economic-mathematical methods and applied models. — М.: UNITI, 1999. — P. 8.
2. Backhouse R.E. If Mathematics Is Informal, Then Perhaps We Should Accept That Economics Must Be Informal Too // Economic J. — 1998. — Vol. 108. — № 451. — P 1848–1858.
3. Guiseppe A. Forgionne. Corporate Management Science Activities: An Update, Interfaces, 13 (June, 1983). — P. 20–23.
4. Grubel H.G., Boland L.A. On the Effective Use of Mathematics in Economics // Kyklos. — 1986. — Vol. 39. — № 3. — P. 419–442. See also: Mirowski P. The When, the How and the Why of Mathematical Expression in the History of Economic Analysis // Journal of Economic Perspectives. — 1991. — Vol. 5. — № 1. — P. 145–158; McCloskey D.N. Rhetoric and Persuasion in Economics. — Brighton: Wheatsheaf, 1994. — Ch. 9.
5. Larionov A.I., Jurchenko T.I., Novoselov A.L. Economic-mathematical methods in planning: the Textbook. — М.: Higher school, 1991. — 240 p.
6. Cherchmen V., Akof P., Arnof L. Introduction to operations research / Trans. from English. — М.: Nauka, 1967. — 488 p.
7. Kremer N.S., Trishin I.M., Friedman M.N. Operations research in economy: the Manual. — М.: Banks and stock exchanges, UNITI, 1997. — 407 p.
8. Akof P., Sasiemi M. Foundations of operations research / Trans. from English. — М.: Mir, 1971. — 536 p.
9. Shikin E.V., Chhartishvili A.G. Mathematical methods and models in management: the Manual. — М.: Business, 2000. — P. 15.
10. Ventzel E.S. Operations research. — М.: Soviet radio, 1972. — 552 p.
11. Kofman A., Anri-Laborder A. Methods and model of operations research / Trans. from Frans. — М.: Mir, 1977. — 432 p.
12. Davidov E.G. Operations research: the Manual. — М.: Higher school, 1990. — 383 p.
13. Zaichenko Ju.P. Operations research. — Kiev: Vishcha school, 1975. — P. 11–13.
14. Smiths I.O.H., Kuzubov V. I., Voloshchenko A.B. Mathematical programming: the Manual. — М.: Higher school, 1976. — 352 p.
15. Ljashenko I.N., Karagodova E.A. et al. Linear and nonlinear programming. — Kiev: Vishcha school, 1975. — 372 p.
16. Intriligator M. Mathematical methods of optimization and the economic theory / Trans. from English. — М.: Progress, 1975. — 607 p.
17. Bulavsky Century A., Zvyagin R.A., Jakovleva M.A. Numerical methods of linear programming. — М.: Nauka, 1977. — 308 p.
18. Judin D.B., Golshtejn E.G. Linear programming (the theory, methods and appendices). — М.: Nauka, 1969. — 424 p.
19. Nit I.V. Linear programming. — М.: Publishing house of the Moscow university, 1978. — 200 p.