

УДК 33

DOI:10.34670/AR.2024.13.60.018

К вопросу об экономической сущности задачи комплексного управления на предприятии на основе экономико-математических моделей и методов решения задач управления

Виноградова Екатерина Юрьевна

Доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры информационных технологий и статистики,
Уральский государственный экономический университет,
620144, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62;
e-mail: katerina@usue.ru

Новикова Наталья Валерьевна

Доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры региональной, муниципальной экономики
и управления,
Уральский государственный экономический университет,
620144, Российская Федерация, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62;
e-mail: novikova@usue.ru

Аннотация

В статье исследованы различные подходы к определению сущности процессов информационного обеспечения и управления технологическими процессами на предприятии. Обозначены методологические подходы к формированию политики управления на предприятии. Проведен анализ математического инструментария для решения задач информационного обеспечения и управления технологическими процессами на предприятии, а также инструментальных систем поддержки принятия управленческих решений.

Для цитирования в научных исследованиях

Виноградова Е.Ю., Новикова Н.В. К вопросу об экономической сущности задачи комплексного управления на предприятии на основе экономико-математических моделей и методов решения задач управления // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 2А. С. 208-225. DOI:10.34670/AR.2024.13.60.018

Ключевые слова

Интеллектуальные информационные технологии, информационные системы, управление предприятиями.

Введение

Одним из основных субъектов в экономике является предприятие, для которого сегодня оказывается наиболее важным не столько стремление к «выживанию» и к снижению издержек производства, сколько способность произвести продукт наивысшего качества.

Под управлением предприятием понимается организация деятельности предприятия с учетом изменений в окружающей экономической среде. Задача управления состоит в отслеживании внутренних и внешних процессов и адекватном реагировании на них, в результате чего изменения экономических условий могут способствовать развитию предприятия, а не наносить ему ущерб [Липунцов, 2003].

В настоящее время все больше и больше проявляется потребность в управлении производственно-хозяйственной деятельностью предприятий для эффективного функционирования в условиях рынка, так как любому предприятию необходимо управление как динамичный процесс, позволяющий предвидеть и учитывать происходящие изменения внешней среды и, приспособившись, адаптировать внутренние факторы производства для своего развития и дальнейшего роста.

Уровень инновационного развития регионов России

С теоретических позиций хорошо сбалансированный план лучше рынка. Но рынок самонастраивается и тяготеет к состоянию равновесия, в то время как несбалансированный план вообще исключает движение в сторону равновесия. Несбалансированный план много хуже рынка. «Нужны и план и рынок...», главное в том, чтобы, имея рыночные автоматические регуляторы, корректировать их с помощью планирования», – отмечал еще в 20-е годы экономист Е. Базаров [Базаров, 1926].

Представляют интерес трактовки понятия управления отечественными и зарубежными учеными, некоторые из них приведены ниже.

Так, в Большой советской энциклопедии управление несколько сужено трактуется как «ряд последовательных операций: подготовка и принятие решений (директив, планов, законов, правил и т.д.), организация выполнения решений и контроль за их выполнением, подведение результатов» [Большая Советская Энциклопедия, 1975]. Также отмечается, что «управление неотделимо от систематического обмена информацией между компонентами системы, а также данной системы с окружающей её средой. Информация позволяет субъекту управления иметь представление о состоянии системы в каждый данный момент времени, о достижении (или недостижении) заданной цели с тем, чтобы воздействовать на систему и обеспечить выполнение управленческого решения» [там же].

В «Словаре экономических терминов» управление деятельностью предприятия трактуется как «...сознательное целенаправленное воздействие со стороны экономических субъектов, на людей и экономические объекты, осуществляемое с целью направить их действия в нужное русло и получить желаемые результаты» [Деловой мир: Словарь-справочник предпринимателя, 1992].

Зарубежные экономисты несколько по-другому подходят к определению управления, подчеркивая его жизненную необходимость в условиях рынка.

Английский ученый Дж. Риггс отмечает, что управление, наравне с планированием, «включает в себя определение возможных путей достижения поставленных целей и оценку

средств реализации имеющихся вариантов» [POET© Object Server for ARIS 5 June 2000].

Можно привести еще целый ряд определений, однако далеко не всегда управление рассматривается как процесс, в чем, по нашему мнению, кроется главный недостаток этих определений.

Рассмотрев ряд определений сущности управления, можно сделать вывод, что в большинстве своем авторы правильно, хотя и по-разному, подошли к его трактовке, но наиболее привлекательным является определение сущности управления как самого процесса.

Грузинов В.П. подчеркивает, что «управление есть непрерывный процесс, в ходе которого устанавливаются и постоянно уточняются во времени цели и задачи развития предприятия, определяется стратегия и политика по их достижению...» [Грузинов, 1998].

Толкование управления как процесса встречается и у зарубежных специалистов.

Кинг У. отмечает, что «управление – это процесс «согласования ресурсов фирмы с настоящими и будущими возможностями, это – важнейший элемент для определения направления, которое должно обеспечить фирме процветание» [Кинг, Клиланд, 1993], тем самым подчеркивая стратегическую направленность управления.

Особая значимость управления на российских предприятиях в современных условиях видится в его рыночной ориентации, причем наибольшее внимание должно уделяться его стратегическим аспектам.

В современных условиях российской экономики предприятие должно с помощью управления приспособлять свои ресурсные возможности к внешним и внутренним условиям, учитывая неопределенность будущего, связанного с нестабильностью и усложнением социально-экономической жизни страны.

Можно согласиться с профессорами Вачутовым Д.Д. и Весниным В.Ф., полагающими, что «управление – это не единичный акт, а интегрирующая деятельность, цель которой – обеспечить максимальную эффективность функционирования фирмы и решения стоящих перед ней задач» [Вачугов, Веснин, 1970].

Таким образом, под управлением понимается сам процесс или совокупность действий хозяйствующего субъекта по установлению целей и задач его функционирования, а также формирования последовательности действий, обеспечивающих достижение поставленных целей.

Вместе с тем многие предприятия этот вопрос решают с помощью так называемого метода «проб и ошибок», что дорого обходится как предприятию, так и обществу. Поэтому перед наукой и практикой стоит важнейшая задача разработки необходимого методического и информационного обеспечения в области управления.

Анализ состояния экономики российских предприятий показывает, что их функционирование в условиях неопределенности, характерной для сегодняшнего периода, и быстро меняющейся конъюнктуры рынка, прежде всего зависит от наличия на предприятии такого организационного начала, которое могло бы смягчить негативное воздействие окружающей среды. Важно также, чтобы внутренние возможности предприятия отвечали или были бы адекватны требованиям рыночной среды, что может быть достигнуто только с помощью управления.

В современных условиях хозяйствования управление наполняется новым содержанием:

- управление должно быть ориентировано на потребителя, т.е. по своей сути должно быть маркетинговым, основанным на изучении рыночных потребностей и постоянном поиске привлекательных «рыночных ниш»;

- управление должно быть направлено на получение устойчивой прибыли (сопоставление рыночных потребностей с возможностями предприятия);
- управление должно учитывать неопределенность, присущую рынку (возникает необходимость определения и учета рисков);
- управление должно иметь системный характер, учитывая как внешние, так и внутренние условия жизнедеятельности предприятия.

Анализ спроса и предложения дает возможность ответить на вопрос, как реализуются на конкретном рынке отношения между производителями и потребителями, их тенденции на перспективу, прогноз развития для формирования «портфеля заказов» предприятия. Необходимо также проанализировать и оценить предприятия-конкуренты для выявления сильных и слабых сторон – своих и конкурентов – и выработать соответствующую стратегию управления.

Важнейшим фактором внешней среды является обеспечение предприятия рабочей силой необходимой квалификации и специализации. В этом плане важно учитывать и обучение новым профессиям в связи с изменениями внешней среды.

К факторам прямого воздействия можно отнести и связи с кредиторами или инвесторами (банки, частные инвесторы), федеральные, региональные и другие программы.

Отношения с профсоюзами можно рассматривать как важный компонент среды прямого воздействия при принятии тех или иных решений.

Внешняя среда предприятия оказывает непосредственное влияние на внутреннюю среду, которая охватывает всю производственно-хозяйственную деятельность предприятия.

Внутренние факторы развития предприятия можно условно разделить на следующие основные группы.

1. Факторы ресурсного обеспечения производства. К ним относятся производственные факторы (основные фонды, трудовые, финансовые, материальные, энергетические и другие ресурсы), т.е. все, без чего невозможно производство продукции и оказание услуг в количестве и качестве, требуемых рынком.

2. Факторы, обеспечивающие желаемый уровень экономического и технического развития предприятия. Во главу угла ставятся организационная и производственная структуры управления, профессиональный и квалификационный уровень управленческих кадров. В этом аспекте представляется целесообразным в организационной структуре управления предприятием предусмотреть центры стратегического управления, которые и смогут, вырабатывая соответствующую стратегию, обеспечить выживание, стабилизацию и дальнейшее развитие предприятия.

3. Важную роль играет технико-технологическое оснащение производства, использование прогрессивных технологий, что позволяет снизить издержки производства и соответственно повысить прибыль предприятия. Обновление оборудования и применяемых технологий способствует повышению гибкости производства и обеспечению выпуска конкурентоспособной продукции.

4. Факторы, обеспечивающие коммерческую эффективность производственно-хозяйственной деятельности предприятия, в первую очередь маркетинг. Эти факторы оказывают серьезное влияние на повышение конкурентоспособности предприятия. Предприятие стремится осуществить наиболее эффективные способы производства, снабжения, сбыта продукции, требуемой рынку, завоевать новые рынки сбыта, стимулировать увеличение объемов продаж, отследить новые, более дешевые и качественные в изготовлении

комплекующие и т.д.

Таким образом, одной из важнейших стратегией предприятия становится маркетинговая ориентация его деятельности.

Резко очерченной грани между этими факторами внутренней среды предприятия нет. Так, например, большая часть средств производства является не только необходимым условием производства товаров и оказания услуг, но и определяет его технический уровень. Но вместе с тем все они различны по степени воздействия на производство.

Первая группа факторов определяет ресурсы предприятия, его возможности, а степень реализации этих возможностей зависит уже от использования второй и третьей групп факторов. Возникновение четвертой группы факторов связано непосредственно с рыночными отношениями.

Отечественные предприятия имеют небольшой опыт разработки планов в рыночных условиях хозяйствования. Нужны новые подходы и принципы планирования, учитывающие российскую специфику.

Выработка новых подходов к управлению требует также применения соответствующих принципов. В отечественной и зарубежной литературе приводятся различные формулировки основополагающих принципов управления. Так, Файоль А. называет пять общих принципов: необходимость, непрерывность, единство, гибкость и точность [Файоль, Эмерсон, Тейлор, Форд, 1992].

В современной экономической литературе в различных вариациях называются такие основополагающие принципы управления, как системность, целенаправленность, комплексность, научность, эффективность, оптимальность, сбалансированность, конкретность, объективность и др.

Таким образом, под принципами управления следует понимать общие правила осуществления процесса разработки планов и их взаимосвязки. Принципы выражают общую тенденцию организации процесса управления, реализацию плана и контроля за его выполнением, при этом следует иметь в виду, что контроль предполагает не только учет выполнения, но и необходимые корректировки и регулирования в самом процессе управления при изменениях среды функционирования предприятия, а также изменения информации (данных).

Необходимо отметить, что эффективная реализация процессов управления на предприятии основывается на использовании передовых технологий, соответствующих современному состоянию научно-технических средств.

Технология – совокупность методов и инструментов для достижения желаемого результата; способ преобразования ресурсов в необходимый продукт. Целью технологии является производство продукта: материальная технология создаёт материальный продукт. Технологией принято называть описание производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические требования и пр. В состав современных технологий включается и технический контроль производства. Технологией принято также называть описание производственных процессов, инструкции по их выполнению, технологические правила, требования, карты, графики и др. [Большая советская энциклопедия, 1975].

Технология в широком смысле – объем знаний, которые можно использовать для производства товаров и услуг из экономических ресурсов. Технология в узком смысле – способ преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки готовых изделий, контроля качества, управления [там же].

Технология включает в себе методы, приемы, режим работы, последовательность операций и процедур, она тесно связана с применяемыми средствами, оборудованием, инструментами, используемыми материалами [Царев, 2022].

Технология – по методологии ООН – либо технология в чистом виде, охватывающая методы и технику производства товаров и услуг (*dissembled technology*), либо воплощенная технология, охватывающая машины, оборудование сооружения, целые производственные системы и продукцию с высокими технико-экономическими параметрами (*embodied technology*).

Технологию обычно рассматривают в связи с конкретной отраслью производства (технология горных работ, технология машиностроения, технология строительства) либо в зависимости от способов получения или обработки определённых материалов (технология металлов, технология волокнистых веществ и пр.). В результате осуществления технологических процессов происходит качественное изменение обрабатываемых объектов [Большая советская энциклопедия, 1975]. Основной задачей любой технологии как предметной деятельности является выявление физических, химических, механических и других закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов, требующих наименьших затрат времени и материальных ресурсов. Так, предметом исследования и разработки в технологии машиностроения являются основы проектирования технологических процессов (виды обработки, выбор заготовок, качество поверхности обрабатываемых изделий, точность обработки и припуски на неё, базирование заготовок), способы механической обработки поверхностей (плоских, фасонных и др.), методы изготовления типовых деталей (корпусов, валов, зубчатых колёс и др.), процессы сборки (характер соединения деталей и узлов, принципы механизации и автоматизации сборочных работ), основы конструирования приспособлений.

Технологии различных производств постоянно обновляются и изменяются по мере развития техники. Совершенствование технологий всех отраслей и видов производства – важное условие ускорения научно-технического прогресса в народном хозяйстве. Основные направления развития современной технологии: переход от прерывистых (дискретных, циклических) технологических процессов к непрерывным поточным процессам, обеспечивающим увеличение масштабов производства и эффективное использование машин и оборудования; внедрение «замкнутой» (безотходной) технологии для наиболее полного использования сырья, материалов, энергии, топлива, что даёт возможность свести к минимуму или полностью ликвидировать отходы производства и осуществить мероприятия по оздоровлению окружающей среды.

Технологическим процессом называют сами операции добычи, транспортировки и переработки, которые являются основой производственного процесса [там же].

Технологический процесс – результат интеллектуальной деятельности, содержащий систематизированные знания, используемые для выпуска соответствующей продукции, применения соответствующего процесса или оказания соответствующих услуг, совокупность научно-технических знаний, технических решений, процессов, материалов и оборудования, которые могут быть использованы при разработке, производстве или эксплуатации продукции [Терминология и глоссарий WfMC, 2000].

Технологический процесс может выступать как особая форма научно-технических знаний, переходный от фундаментальных и прикладных научных знаний (представленных открытиями, изобретениями, научными статьями и др.) к техническим знаниям (зафиксированным в проектах, технической документации, образцах техники и др.). В этом случае он является

нематериальным коммерческим продуктом, в котором реализованы результаты интеллектуальной деятельности ученых и специалистов и который, в свою очередь, может быть реализован в различных технических системах, в том числе в производственной или иной деятельности [Берзинь, Калинин, 1998].

Важнейшие показатели, характеризующие технико-экономическую эффективность технологического процесса: удельный расход сырья, полуфабрикатов и энергии на единицу продукции; выход (количество) и качество готовой продукции (изделий); уровень производительности труда; интенсивность процесса; затраты на производство; себестоимость продукции.

Тогда можно сказать, что технологический процесс есть конкретный способ эффективной реализации соответствующей технологии в готовую продукцию путем преобразования ресурсов с использованием материальных (технических, телекоммуникационных и др.) и нематериальных (интеллектуальной собственности) средств.

Экономико-математический аппарат решения задач управления

Модель – это представление объекта, системы или идеи в некоторой форме отличной от самой целостности, т.е. она является схематичным отображением конкретной реальной ситуации. Существует ряд причин, обуславливающих использование модели вместо попыток прямого воздействия с реальным миром.

Первая причина – это сложность реального мира (реальный мир организации исключительно сложен и фактическое число переменных, относящихся к конкретной проблеме, значительно превосходит возможности любого человека и постичь его можно упростив реальный мир с помощью моделирования).

Вторая причина – экспериментирование. Встречается множество управленческих ситуаций, в которых желательно опробовать и экспериментально проверить альтернативные варианты решения проблемы. Определенные эксперименты в условиях реального мира могут и должны быть выполнены, но прямое экспериментирование такого типа очень дорого стоит и требует затрат времени. Существуют бесчисленные критические ситуации, когда требуется принять решение, но нельзя экспериментировать в реальной жизни.

Третья причина – ориентация управления на будущее. Невозможно наблюдать явление, которое еще не существует и может быть никогда не состоится, как и проводить прямые эксперименты. Моделирование – единственный к настоящему времени систематизированный способ увидеть варианты будущего и определить потенциальные последствия альтернативных решений, что позволяет их объективно сравнивать.

Проблема управления заключается в определении различных альтернатив действий и выборе оптимальной альтернативы, то есть такой, которая позволяет получить наилучший результат в достижении поставленной цели. В качестве альтернатив могут выступать новые целевые области (рынки сбыта), виды выпускаемой продукции, инвестиции в различные сферы деятельности фирмы и т. д. Как правило, они не могут быть реализованы одновременно и целенаправленный выбор среди подобных альтернатив представляет собой принятие управленческого решения.

Реализация (осуществление) любой возможной альтернативы ведет к одному или нескольким последствиям (результатам). Ожидаемыми результатами могут быть выручка от реализации товаров, издержки производства, доля удовлетворения спроса, прибыль, затраты на

продвижение товара, доля рынка и др. [Diller, 1980].

Каждой реализуемой альтернативе A_i ($i \in \overline{1, m} = \{1, 2, \dots, m\}$) соответствуют некоторые состояния окружающей среды Z_j ($j \in \overline{1, n}$). Ожидаемый результат e_{ij} при выборе альтернативы A_i и принятии гипотезы Z_j получается, если применить функцию предпочтения, или, как чаще всего говорят, функцию полезности f , а именно:

$$e_{ij} = f(A_i, Z_j).$$

Предполагается также, что ЛПП известны получаемые благодаря ей закономерности. Значения функции f наглядно представляются в виде так называемой матрицы ожидаемых результатов. При этом могут задаваться вероятности появления ситуаций внешней среды (гипотез) p_j , $j \in \overline{1, n}$, которые при принятии решений считаются рисками. Таким образом, проблема управления может быть сведена к получению необходимой информации, размещению ее в виде таблиц, например в виде таблицы 1, представляющей собой по существу основные модели задач теории принятия решений, и выбору оптимальной альтернативы.

Таблица 1 - Матрица описания задач принятия решений

Альтернативы, A_i	Состояния внешней среды (гипотезы), Z_j			
	Z_1	Z_2	...	Z_n
A_1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1n}
A_2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n}
...
A_m	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mn}
Вероятности гипотез, p_i	p_1	p_2	...	p_n

Альтернатива A_i ($i \in \overline{1, m}$) считается в общем случае доминирующей, если не существует никакой другой альтернативы A_k ($k \in \overline{1, m}$, $k \neq i$) со значением $e_{kj} \geq e_{ij}$, $\forall j \in \overline{1, n}$, т.е. в этом

случае значение элемента $e_{ij} = \min_{i \in \overline{1, n}} e_{ij} = e_j^{(min)}$. Здесь e_{kj} означает ожидаемый результат от применения альтернативы A_k при наступлении состояния внешней среды Z_j . Если в матрице решений имеется доминирующая альтернатива, то она и выбирается в качестве планового решения. Однако, как правило, доминирующие альтернативы отсутствуют и, кроме того, решение приходится принимать в условиях риска и неопределенности. Здесь нужны специальные принципы принятия решений, или решающие правила, или критерии принятия решений, которые используются иногда как синонимы.

Одной из наиболее общих и широко используемых в экономико-математическом моделировании является модель нелинейного математического программирования, которая может быть описана следующим образом.

Для заданной действительной функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, n -действительных переменных, которая называется целевой функцией, требуется найти ее значение $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max$ при условии, что каждый фиксированный набор переменных (x_1, x_2, \dots, x_n) может выбираться из заданного множества $X \subset \mathbf{R}^n$, т.е. подмножества линейного векторного пространства \mathbf{R}^n .

При этом говорят, что переменная x_i , где $i \in \overline{1, n}$, является параметром состояния системы или объекта. Тогда можно сформулировать следующую задачу.

Задача 1.1. Для заданной целевой функции $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, которая является действительной функцией n -действительных переменных (например, дифференцируемой для заданного $x \in \mathbf{R}^n$), и множества $X \subset \mathbf{R}^n$, ограничивающего переменное состояние X и, например, заданного в виде

$$X : \begin{cases} g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0, \\ i \in \overline{1, m}, \end{cases} \quad (1)$$

(т.е. описываемого системой из $(m+n)$ неравенств, где, например, каждая из функций g_i в (1.1) является действительной функцией n действительных переменных и для всех $i \in \overline{1, m}$ является дифференцируемой для заданного $x \in \mathbf{R}^n$), требуется найти допустимый набор $(x_1^{(e)}, x_2^{(e)}, \dots, x_n^{(e)}) \in X$ (хотя бы один) такой, что выполняется следующее условие экстремальности:

$$f^{(e)} = f(x_1^{(e)}, x_2^{(e)}, \dots, x_n^{(e)}) = \max_{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in X} f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (2)$$

Функцию f в этой задаче часто называют также критерием качества (или функционалом) для данной задачи.

Набор $(x_1^{(e)}, x_2^{(e)}, \dots, x_n^{(e)}) \in X$ называют экстремальным или оптимальным планом (программой) для задачи 1, а числовое значение $f^{(e)}$, удовлетворяющее соотношению 2, которое является наибольшим допустимым значением целевой функции f на множестве X , называется экстремальным или оптимальным ее значением для задачи 1.

Задача 1 называется *задачей нелинейного математического программирования* (НМП).

Следует отметить, что задача 1 является наиболее общей среди так называемых оптимизационных задач на условный экстремум, т.е. задач, в которых требуется находить максимум или минимум заданной целевой функции на заданном множестве, которые формируются из каких-то классов функций и множеств.

К задаче 1 НМП (как математической модели) сводятся различные и важные практические задачи, например, в области техники, экономики, биологии, медицины и др.

Для решения задачи 1 существуют различные методы ее решения, которые в большей степени зависят (в смысле их эффективности) от того, из каких классов выбираются или какими свойствами обладают целевая функция f и функции $g_i, i \in \overline{1, m}$, определяющие множество X , являющегося ограничением на переменные состояния рассматриваемой системы или объекта.

При определенных ограничениях на функцию f и функции $g_i, i \in \overline{1, m}$, определяющие множество X , наиболее общим методом решения задачи 1 является так называемый *метод динамического программирования* (МДП), который был разработан выдающимся американским математиком Р. Беллманом и применим для достаточно общих классов задач математического программирования и, в частности, для различных классов оптимизационных задач экономико-математического моделирования [Беккенбах, 1965; Беллман, 1969; Беллман, 1960; Беллман, Дрейфус, 1965; Беллман, Калаба, 1969; Бережная, Бережной, 2001; Болтянский, 1969; Банди, 1988; Bellman, 1970; Bellman, 1973; Bellman, 1953; Bellman, 1964].

В случае, когда функция f является выпуклой на выпуклом множестве $X \subset \mathbf{R}^n$, каждая из функций $g_i, i \in \overline{1, m}$, также является выпуклой на этом же множестве и все эти функции являются, например, дифференцируемыми для всех $x \in X$, то порождаемый ими класс задач 1 называется классом *задач выпуклого математического программирования* (ВМП), который является подклассом задач нелинейного математического программирования.

Для решения задач ВМП (при условиях дифференцируемости целевой функции и функций, определяющих ограничения, и существования решения) разработаны так называемые *градиентные методы* их решения, которые являются достаточно эффективными.

В случае если функция f в задаче 1 и каждая из функций $g_i, i \in \overline{1, m}$, являются линейными функциями на множестве $X \subset \mathbf{R}^n$, то задача 1.1 порождает класс так называемых *задач линейного математического программирования* (ЛМП), который является подклассом задач выпуклого математического программирования.

Для решения задач ЛМП разработан очень эффективный метод – *симплекс-метод* в случае, если система линейных неравенств, порождающая ограничения (2), является совместной. В разработку этого метода и исследование различных свойств задач ЛМП внесли большой вклад выдающиеся математики Канторович Л.В., Данциг Дж.Б., Купманс Т.К., Фон Нейман Дж., Кун Г.У., Таккер А.У., а Канторович Л.В. и Купманс Т.К. получили за свои работы в этой области Нобелевскую премию по экономике.

При этом для задач ЛМП разработаны также другие методы решения, которые могут быть использованы для моделирования решения различных практических задач, в том числе и в экономике – путем реализации соответствующего экономико-математического моделирования.

Если в рассмотренных задачах математического программирования множество X , ограничивающее множество всех допустимых состояний рассматриваемой системы или объекта, является целочисленным, то такие задачи называются задачами целочисленного математического программирования. Для их решения также разработаны достаточно эффективные методы, допускающие численную реализацию на компьютере [Куцев, Горяинов, 1969; Лагоша, 2003; Ларичев, 1987; Лебедев, 1989; Липунцов, 2003; Лихтенштейн, Павлов, 2001; Лотов, 1984; Мазуров, 2005; Понтрягин, Болтянский, Гамкрелидзе, Мищенко, 1969; Пропой, 1973; Тюлюкин, Шориков, 1988; Тюлюкин, Шориков, 1993; Четыркин, 1992; Шориков, 2005; Шориков, 2005; Шориков, 1997; Chen, 1976; Shorikov, 2005].

Отметим, что существует несколько подходов к классификации задач принятия решений (ЗПР). Однако большинство из них опирается на следующие признаки: характер субъекта (ЛПР), содержание ЗПР, количество целей, влияние времени, значимость решений. Каждый из

признаков включает несколько параметров классификации ЗПР. Общая схема классификации ЗПР приведена на рис. 1 [Кузин, Юрьев, Шахдинаров, 2001].

Особый интерес представляет признак «характер субъекта», который описывает степень информированности ЛПР о проблемной ситуации и указывает конкретный тип ЛПР. Ниже рассмотрим основные методы принятия решений:

- а) в условиях полной определенности, когда известны все составляющие и характеристики проблемы управления;
- б) в условиях вероятностной определенности (риска);
- в) в условиях неопределенности.

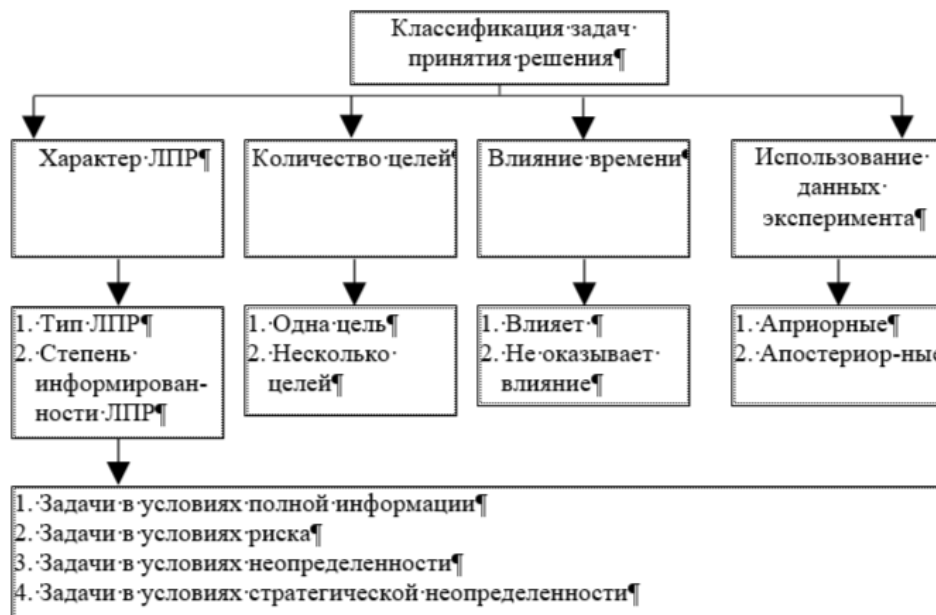


Рисунок 1 - Классификация задач принятия решений по уровням и признакам группировки

На первом этапе управления происходит упорядочение имеющейся (полученной) информации, которая размещается в соответствующих таблицах, аналогичных таблице 1. Следует заметить, что для каждого типа задач принятия решений создается своя система подготовки информации (данных).

Методы решения задач управления в условиях полной определенности

В данном случае необходимо различать однокритериальные и многокритериальные методы выбора управленческих решений.

1. Однокритериальные методы выбора.

В этом случае считаются известными:

- исходное множество альтернатив $A = \{A_i\}$, $i \in \overline{1, m}$;
- оценки результатов выбираемых альтернатив $f\{A_i\}$;

– критерии и цели выбора альтернатив в форме $\max_i f(A_i)$ или $\min_i f(A_i)$.

Следовательно, выбор конкретной альтернативы характеризуется однозначной связью между принятым решением A_i и его результатом $f(A_i)$. В процессе решения задачи определяется альтернатива A^* , для которой выполняются условия оптимальности:

$$f(A^*) = \max_{i \in I, n} f(A_i) \text{ или } f(A^*) = \min_{i \in I, n} f(A_i).$$

2. Многокритериальные методы выбора.

В достаточно большом количестве практических случаев принятия решений при решении задач управления и планирования действий приходится учитывать не один, а несколько критериев. Не умаляя общности, можно считать, что требуется достичь максимума всех критериев качества рассматриваемого процесса, так как если требуется некоторые критерии минимизировать, то путем умножения соответствующих им функций на число (-1) получим, что необходимо будет их максимизировать (как и все остальные), причем требуемое решение при этом не изменяется. В этом случае матрица исходных данных для принятия решений имеет следующий вид (таблица 2).

Если в таблице 2 находится доминирующая альтернатива, то проблемы выбора как таковой не существует, а именно данная альтернатива и принимается в качестве планового решения.

Таблица 2 - Матрица исходных данных для многокритериальных методов выбора

Альтернативы, A_i	Критерии, f_i			
	f_1	f_2	...	f_n
A_1	e_{11}	e_{12}	...	e_{1n}
A_2	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n}
...
A_m	e_{m1}	e_{m2}	...	e_{mn}

Однако, как было отмечено ранее, доминирующие стратегии (относительно выбранных критериев) на практике встречаются довольно редко. Поэтому приходится применять методы многокритериального выбора, причем решение должно быть наилучшим в определенном смысле. Итак, выделение существенных для модели рассматриваемой экономической системы показателей качества для выбора допустимых альтернатив, соответствующих поставленным целям, приводит к задаче векторной оптимизации, которая заключается в нахождении максимума вектор-функции:

$$F(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)) \rightarrow \max_{x \in D},$$

где D – область допустимых решений модели.

В случае многокритериальной оптимизации возникают три проблемы. Первая проблема связана с выбором принципа оптимальности. В математическом отношении эта проблема эквивалентна задаче упорядочения векторных множеств, а выбор принципа оптимальности – выбору отношений порядка. Вторая проблема связана с нормализацией векторного критерия $F(x)$, Дело в том, что частные критерии имеют различные единицы измерения, поэтому их необходимо привести к единому масштабу измерения, то есть нормализовать (обычно приводят к безразличным величинам). Третья проблема связана с учетом приоритета (степени важности) частных критериев. Часто для учета приоритета вводится вектор распределения важности или

значимости критериев $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \in \mathbf{R}^n$.

В задаче многокритериального выбора решение почти всегда ищется в области компромиссов или в области решений, оптимальных по Парето [Дубов, Травкин, Якимец, 1986; Ларичев, 1987]. Известен целый ряд методов решения многокритериальных задач, которые можно разбить на четыре группы:

1. Сведение многих критериев к одному путем введения весовых коэффициентов для каждого критерия (более важный критерий получает больший вес) или говорят о скаляризации векторного критерия.

2. Минимизация максимальных отклонений от наилучших значений по всем критериям.

3. Оптимизация одного критерия (почему-либо признанного наиболее важным), а остальные критерии выступают в роли дополнительных ограничений.

4. Упорядочение (ранжирование) множества критериев и последовательная оптимизация по каждому из них.

В рассматриваемой постановке множество допустимых планов есть совокупность альтернатив $D = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, а значения критериев вычисляются следующим образом: $f_i(A_i) = e_{ij}$ ($i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, n}$).

Методы решения задач управления в условиях неопределенности

Большинство задач зависит от ряда неизвестных заранее и неуправляемых факторов. Эти задачи обладают той или иной степенью неопределенности, которая может быть как объективной, так и субъективной, зависящей от индивидуальных параметров ЛПР.

В таких задачах неизвестно распределение вероятностей $p(Z_j)$, с которыми внешняя среда может находиться в одном из возможных состояний Z_j , $j \in \overline{1, n}$. В этом случае ЛПР выдвигает только определенные гипотезы относительно состояний внешней среды.

Таким образом, для ЛПР, действующего в условиях неопределенности и невозможности получения дополнительной информации о неопределенных факторах, элементами описания ситуации являются:

- множество допустимых альтернатив действий ЛПР, т.е. $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$;
- множество возможных состояний внешней среды (множество гипотез) $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$.

Предполагается, что на множестве отношений $A \times Z$ всех допустимых пар (A_i, Z_j) , $i \in \overline{1, m}, j \in \overline{1, n}$ можно задать некоторую функцию полезности $f(A_i, Z_j)$, которая выступает в качестве меры желательности или полезности соответствующей альтернативы. Если множества A и Z конечны, то мера для оценки эффективности действий ЛПР (полезность исходов) представима в виде матрицы. Каждое конкретное значение элемента матрицы $e_{ij} = f(A_i, Z_j)$, (см. таблицу 1) характеризует качество выбора альтернативы A_i при состоянии внешней среды Z_j . Для выбора лучшей альтернативы имеется ряд специальных методов, ориентированных на использование в условиях неопределенности [Кузин, Юрьев, Шахдинаров, 2001].

В динамических моделях, описывающих функционирование изучаемых экономических систем во времени, с самого начала выделяются экзогенные переменные (управления) и

эндогенные переменные, характеризующие текущее состояние системы. Состояние изучаемой экономической системы в момент времени t описывается с помощью конечномерного фазового вектора $x(t) \in \mathbf{R}^n$, а управление в тот же момент времени – с помощью конечномерного вектора $u(t) \in \mathbf{R}^p$, где n и p есть натуральные числа. Динамические модели обычно относятся к одному из двух классов – с непрерывным или с дискретным временем и являются обобщением рассмотренных статических моделей.

Отметим, что рассматриваются как однокритериальные, так и многокритериальные динамические модели, для исследования которых разработаны различные методы. Высокая эффективность таких экономико-математических моделей проявилась в полной мере при решении задач гарантированной оптимизации в условиях дефицита информации.

Заключение

Таким образом, в данной статье исследованы экономико-математические модели комплексного управления на предприятии, использование которых позволит оптимизировать технологические процессы и повысить эффективность функционирования.

Библиография

1. Арис Р. Дискретное динамическое программирование. Введение в оптимизацию динамических процессов; перевод с английского Ю.П. Плотникова. М.: Мир, 1969. 172 с.
2. Базаров В.А. О методологии построения перспективных планов // Плановое хозяйство. 1926. № 5.
3. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
4. Беккенбах Э., Беллман Р. Введение в неравенства; пперевод с англ. Р.А. Лукацкой. М.: Мир, 1965. 166 с.
5. Беллман Р. Введение в теорию матриц; перевод с английского В.Я. Катковника, Р.А. Полуэктова, М. С. Эпельмана. М.: Издательство иностранной литературы, 1969. 368 с.
6. Беллман Р. Динамическое программирование; перевод с английского И.М. Андреевой, А.А. Корбута, И.В. Романовского, И.Н. Соколовой. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. 400 с.
7. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования; перевод с англ. Н.М. Митрофановой, А.А. Первозванского, А.П. Хусу, О.В. Шалаевского. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1965. 459 с.
8. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления; перевод с англ. Е.Я. Ройтенберга. М.: Наука, 1969. 118 с.
9. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: Финансы и статистика, 2001. 368 с.
10. Берзинь И.Э., Калинин В.П. Экономика машиностроительного производства. М.: Высшая школа, 1998.
11. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1969. 408с.
12. Большая Советская Энциклопедия. 19 т. М.: Советская энциклопедия, 1975.
13. Вачугов Д.Д., Веснин В.Ф. Стратегия планирования. Основы менеджмента и рынка // Социально-политический журнал. 1970. № 8.
14. Виноградова Е.Ю. Управление производством с использованием нейросетевых технологий // Известия Уральского государственного экономического университета. 2010. № 3 (29). С. 153-158.
15. Грузинов В.П. Экономика предприятия. М.: ЮНИТИ, 1998.
16. Деловой мир: Словарь-справочник предпринимателя. М.: Зевс, 1992.
17. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1986.
18. Кинг У., Клиланд Д. Стратегическое планирование и хозяйственная политика. пер с англ. М.: Прогресс, 1993.
19. Клейменов А.Ф. Неантагонистические позиционные дифференциальные игры. Екатеринбург: Наука. Уральское отделение, 1993. 186 с.
20. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование). М.: Едиториал УРСС, 2003. 192 с.
21. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике. СПб.: Питер, 2000. 208 с.
22. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Регулярная и хаотическая динамика, 2003. 648 с.

23. Крассовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968.
24. Кузин Б.И., Юрьев В.Н., Шахдинаров Г.М. Методы и модели управления фирмой. СПб.: Питер, 2001. 432 с.
25. Куцев М., Горяинов М. Математика и управление производством. М.: Московский рабочий, 1969. 192 с.
26. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике. М.: Финансы и статистика, 2003. 192 с.
27. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987.
28. Лебедев А.Н. Моделирование в научно-технических исследованиях. М.: Радио и связь, 1989.
29. Липунцов Ю.П. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий. М.: АйТи, ДМК, 2003. 224 с.
30. Лихтенштейн В.Е., Павлов В.И. Экономико-математическое моделирование. М.: Приор, 2001. 448 с.
31. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 332 с.
32. Мазуров В.Д. Линейные неравенства и неформализованные задачи экономики и социологии // Сборник научных трудов «Информационные технологии в экономике: теория, модели и методы». Екатеринбург: Изд-во УрГЭУ, 2005. С. 37-50.
33. Понтрягин А.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1969. 384 с.
34. Пропой А.И. Элементы теории оптимальных дискретных процессов. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1973. 256 с.
35. Терминология и глоссарий WfMC. Спецификация коалиции по управлению workflow (Workflow management coalition). М.: Весть-МетаТехнология, 2000.
36. Тюлюкин В.А., Шориков А.Ф. Алгоритм решения задачи терминального управления для линейной дискретной системы // Автоматика и телемеханика. 1993. № 4. С. 115-127.
37. Тюлюкин В.А., Шориков А.Ф. Об одном алгоритме построения области достижимости линейной управляемой системы // Негладкие задачи оптимизации и управление. Свердловск, 1988. С. 55-61.
38. Файоль А., Эмерсон Г., Тейлор Ф., Форд Г. Управление – это наука и искусство. М.: Республика, 1992.
39. Царев В.В. Внутрифирменное планирование. СПб.: Питер, 2002. 496 с.
40. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. М.: Business Речь, 1992. 320 с.
41. Шориков А.Ф. Алгоритм решения задачи оптимального терминального управления в линейных дискретных динамических системах // Сборник научных трудов «Информационные технологии в экономике: теория, модели и методы». Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2005. С. 119-138.
42. Шориков А.Ф. Методология моделирования многоуровневых систем: иерархия и динамика // Научно-практический журнал «Прикладная информатика». 2006. № 1. С. 136-141.
43. Шориков А.Ф. Методология экономико-математического моделирования многоуровневых иерархических динамических систем, функционирующих в условиях неопределенности // Известия Уральского государственного экономического университета. 2005. № 12. С. 123-129.
44. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 1997. 242 с.
45. Bellman R. Methods of Nonlinear Analysis. – Departments of Mathematics, Electrical Engineering, and Medicine University of Southern California Los Angeles // California Academic Press New York. 1970. Vol. I. 342 p.
46. Bellman R. Methods of Nonlinear Analysis. – Departments of Mathematics, Electrical Engineering, and Medicine University of Southern California Los Angeles // California Academic Press. New York and London. 1973. Vol. II. 261 p.
47. Bellman R. Stability Theory of Differential Equations. The Rand Corporation New York Toronto London McGraw-Hill Book Company, inc., 1953. 166 p.
48. Bellman R. The Rand Corporation Perturbation Techniques in Mathematics, Physics, and Engineering. Holt, Rinehart and Winston, inc. New York Chicago San Francisco Toronto London, 1964. 118 p.
49. Chen P.P. The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data // ACM Transactions on Database Systems. 1976. Vol. 1. No. 1.
50. Diller H. Marketingplanung. Munchen, Verlag Franz Vahlen, 1980.
51. POET© Object Server for ARIS 5 July 2000. Copyright (©) 1997-2000 by IDS Scheer AG, Saarbrucken.
52. Riggs J. Product System: Planning, Analysis and Control. New York, London Sydney, Toronto: John Wiley and Sons, inc., 1970.
53. Shorikov A.F. The Algorithm for Solving the Problem of Optimal Terminal Control in Discrete-Time Dynamic System // 22 IFIP TC 7 Conference on System Modelling and Optimization. Book of Abstracts. Turin, Italy. 2005. P. 79.
54. Vinogradova E.Yu. Experience of design of information system for complex operation of enterprise // Кудинов А.П., Матвиенко Г.Г. (ред.) Сборник трудов четвертой международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». СПб., 2007. С. 25-26.

To a question of economic essence of a task of integrated control at the enterprise on the basis of economic-mathematical models and methods of the solution of tasks of control

Ekaterina Yu. Vinogradova

Doctor of Economics, Associate Professor,
Professor of the Department of information technologies and statistics,
Ural State Economic University,
620144, 62 8 Marta str., Ekaterinburg, Russian Federation;
e-mail: katerina@usue.ru

Natal'ya V. Novikova

Doctor of Economics, Associate Professor,
Professor of the Department of regional and municipal economics
and management,
Ural State Economic University,
620144, 62 8 Marta str., Ekaterinburg, Russian Federation;
e-mail: novikova@usue.ru

Abstract

The article explores various approaches to determining the essence of information support processes and technological process management in an enterprise. Methodological approaches to the formation of management policy at an enterprise are outlined. An analysis of mathematical tools for solving problems of information support and technological process control at an enterprise, as well as instrumental systems for supporting management decision-making, was carried out.

For citation

Vinogradova E.Yu., Novikova N.V. (2024) K voprosu ob ekonomicheskoi sushchnosti zadachi kompleksnogo upravleniya na predpriyatii na osnove ekonomiko-matematicheskikh modeli i metodov resheniya zadach upravleniya [To a question of economic essence of a task of integrated control at the enterprise on the basis of economic-mathematical models and methods of the solution of tasks of control]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (2A), pp. 208-225. DOI:10.34670/AR.2024.13.60.018

Keywords

Intellectual information technologies, information systems, management of the enterprises.

References

1. Aris R. (1969) *Diskretnoe dinamicheskoe programmirovaniye. Vvedenie v optimizatsiyu dinamicheskikh protsessov* [Discrete dynamic programming. Introduction to optimization of dynamic processes]. Moscow: Mir Publ.
2. Bandi B. (1988) *Metody optimizatsii. Vvodnyi kurs* [Optimization methods. Introductory course]. Moscow: Radio i svyaz Publ.
3. Bazarov V.A. (1926) O metodologii postroeniya perspektivnykh planov [On the methodology for constructing long-term

- plans]. *Planovoe khozyaistvo* [Planning economy], 5.
4. Bekkenbakh E., Bellman R. (1965) *Vvedenie v neravenstva* [Introduction to inequalities]. Moscow: Mir Publ.
 5. Bellman R. (1953) *Stability Theory of Differential Equations*. The Rand Corporation New York Toronto London McGraw-Hill Book Company, inc.
 6. Bellman R. (1960) *Dinamicheskoe programmirovaniye* [Dynamic programming]. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoi literatury Publ.
 7. Bellman R. (1964) *The Rand Corporation Perturbation Techniques in Mathematics, Physics, and Engineering*. Holt, Rinehart and Winston, inc. New York Chicago San Francisco Toronto London.
 8. Bellman R. (1969) *Vvedenie v teoriyu matrits* [Introduction to matrix theory]. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoi literatury Publ.
 9. Bellman R. (1970) *Methods of Nonlinear Analysis*. – Departments of Mathematics, Electrical Engineering, and Medicine University of Southern California Los Angeles. *California Academic Press New York*, 1.
 10. Bellman R. (1973) *Methods of Nonlinear Analysis*. – Departments of Mathematics, Electrical Engineering, and Medicine University of Southern California Los Angeles. *California Academic Press. New York and London*, 2.
 11. Bellman R., Dreifus S. (1965) *Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya* [Applied problems of dynamic programming]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 12. Bellman R., Kalaba R. (1969) *Dinamicheskoe programmirovaniye i sovremennaya teoriya upravleniya* [Dynamic programming and modern control theory]. Moscow: Nauka Publ.
 13. Berezhnaya E.V., Berezhnoi V.I. (2001) *Matematicheskie metody modelirovaniya ekonomicheskikh sistem* [Mathematical methods for modeling economic systems]. Moscow: Finansy i statistika Publ.
 14. Berzin' I.E., Kalinin V.P. (1998) *Ekonomika mashinostroitel'nogo proizvodstva* [Economics of mechanical engineering production]. Moscow: Vysshaya shkola Publ.
 15. *Bol'shaya Sovetskaya Entsiklopediya. 19 t.* [Great Soviet Encyclopedia. 19 volumes] (1975) M.: Sovetskaya entsiklopediya Publ.
 16. Boltyanskii V.G. (1969) *Matematicheskie metody optimal'nogo upravleniya* [Mathematical methods of optimal control]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 17. Chen P.P. (1976) The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1 (1).
 18. Chetyrkin E.M. (1992) *Metody finansovykh i kommercheskikh raschetov* [Methods of financial and commercial calculations]. Moscow: Business Rech' Publ.
 19. *Delovoi mir: Slovar'-spravochnik predprinimatel'ya* [Business world: Dictionary-reference book for entrepreneurs] (1992). Moscow: Zevs Publ.
 20. Diller H. (1980) *Marketingplanung*. Munchen, Verlag Franz Vahlen.
 21. Dubov Yu.A., Travkin S.I., Yakimets V.N. (1986) *Mnogokriterial'nye modeli formirovaniya i vybora variantov sistem* [Multicriteria models for the formation and selection of system options]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 22. Faiol' A., Emerson G., Teilor F., Ford G. (1992) *Upravlenie – eto nauka i iskusstvo* [Management is a science and an art]. Moscow: Respublika Publ.
 23. Gruzinov V.P. (1998) *Ekonomika predpriyatiya* [Enterprise economy]. Moscow: YuNITI Publ.
 24. King U., Kliland D. (1993) *Strategicheskoe planirovaniye i khozyaistvennaya politika* [Strategic planning and economic policy]. Moscow: Progress Publ.
 25. Kleimenov A.F. (1993) *Neantagonisticheskie pozitsionnye differentsial'nye igry* [Non-antagonistic positional differential games]. Ekaterinburg: Nauka. Ural'skoe otdeleniye Publ.
 26. Konyukhovskii P.V. (2000) *Matematicheskie metody issledovaniya operatsii v ekonomike* [Mathematical methods for researching operations in economics]. Saint Petersburg.: Piter Publ.
 27. Kovalev M.M. (2003) *Diskretnaya optimizatsiya (tselochislennoe programmirovaniye)* [Discrete optimization (integer programming)]. Moscow: Editorial URSS Publ.
 28. Kramer G. (2003) *Matematicheskie metody statistiki* [Mathematical methods of statistics]. Moscow: Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ.
 29. Krassovskii N.N. (1968) *Teoriya upravleniya dvizheniem* [Theory of motion control]. Moscow: Nauka Publ.
 30. Kutsev M., Goryainov M. (1969) *Matematika i upravlenie proizvodstvom* [Mathematics and production management]. Moscow: Moskovskii rabochii Publ.
 31. Kuzin B.I., Yur'ev V.N., Shakhdinarov G.M. (2001) *Metody i modeli upravleniya firmoi* [Methods and models of company management]. Saint Petersburg Piter Publ.
 32. Lagosha B.A. (2003) *Optimal'noye upravlenie v ekonomike* [Optimal management in economics]. Moscow: Finansy i statistika Publ.
 33. Larichev O.I. (1987) *Ob"ektivnye modeli i sub"ektivnye resheniya* [Objective models and subjective decisions]. Moscow: Nauka Publ.
 34. Lebedev A.N. (1989) *Modelirovaniye v nauchno-tekhnicheskikh issledovaniyakh* [Modeling in scientific and technical

- research]. Moscow: Radio i svyaz' Publ.
35. Likhtenshtein V.E., Pavlov V.I. (2001) *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie* [Economic and mathematical modeling]. Moscow: Prior Publ.
 36. Lipuntsov Yu.P. (2003) *Upravlenie protsessami. Metody upravleniya predpriyatiem s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologii* [Process management. Methods of enterprise management using information technolog]. Moscow: AiTi, DMK Publ.
 37. Lotov A.V. (1984) *Vvedenie v ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie* [Introduction to economic and mathematical modeling]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 38. Mazurov V.D. (2005) Lineinye neravenstva i neformalizovannyye zadachi ekonomiki i sotsiologii [Linear inequalities and informal problems of economics and sociology]. *Sbornik nauchnykh trudov «Informatsionnye tekhnologii v ekonomike: teoriya, modeli i metody»* [Collection of scientific papers "Information technologies in economics: theory, models and methods."]. Ekaterinburg: South Ural State University, pp. 37-50.
 39. POET© *Object Server for ARIS 5 June 2000*. Copyright (©) 1997-2000 by IDS Scheer AG, Saarbrucken.
 40. Pontryagin A.S., Boltyanskii V.G., Gamkrelidze R.V., Mishchenko E.F. (1969) *Matematicheskaya teoriya optimal'nykh protsessov* [Mathematical theory of optimal processes]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 41. Propoi A.I. (1973) *Elementy teorii optimal'nykh diskretnykh protsessov* [Elements of the theory of optimal discrete processes]. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury Publ.
 42. Riggs J. (1970) *Product System: Planning, Analysis and Control*. New York, London Sydney, Toronto: John Wiley and Sons, inc.
 43. Shorikov A.F. (1997) *Minimaksnoe otsenivanie i upravlenie v diskretnykh dinamicheskikh sistemakh* [Minimax estimation and control in discrete dynamic systems]. Ekaterinburg: Ural University Publishing House.
 44. Shorikov A.F. (2005) Algoritm resheniya zadachi optimal'nogo terminal'nogo upravleniya v lineinykh diskretnykh dinamicheskikh sistemakh [Algorithm for solving the problem of optimal terminal control in linear discrete dynamic systems]. In: *Sbornik nauchnykh trudov «Informatsionnye tekhnologii v ekonomike: teoriya, modeli i metody»* [Collection of scientific papers "Information technologies in economics: theory, models and methods"]. Ekaterinburg: Ural University Publishing House, pp. 119-138.
 45. Shorikov A.F. (2005) Metodologiya ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya mnogourovnevnykh ierarkhicheskikh dinamicheskikh sistem, funktsioniruyushchikh v usloviyakh neopredelennosti [Methodology of economic and mathematical modeling of multi-level hierarchical dynamic systems operating under conditions of uncertainty], *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [News of the Ural State Economic University], 12, pp. 123-129.
 46. Shorikov A.F. (2005) The Algorithm for Solving the Problem of Optimal Terminal Control in Discrete-Time Dynamic System. *22 IFIP TC 7 Conference on System Modelling and Optimization. Book of Abstracts*. Turin, Italy, p. 79.
 47. Shorikov A.F. (2006) Metodologiya modelirovaniya mnogourovnevnykh sistem: ierarkhiya i dinamika [Methodology for modeling multi-level systems: hierarchy and dynamics]. *Nauchno-prakticheskii zhurnal «Prikladnaya informatika»* [Scientific and practical journal "Applied Informatics"], 1, pp. 136-141.
 48. *Terminologiya i glossarii WfMC. Spetsifikatsiya koalitsii po upravleniyu workflow (Workflow management coalition)* [Terminology and Glossary. Workflow management coalition specification] (2000). Moscow: Vest'-MetaTekhnologiya Publ.
 49. Tsarev V.V. (2002) *Vnutrifirmennoe planirovanie* [Intra-company planning]. Saint Petersburg: Piter Publ.
 50. Tyulyukin V.A., Shorikov A.F. (1988) Ob odnom algoritme postroeniya oblasti dostizhimosti lineinoi upravlyaemoi sistemy [On one algorithm for constructing the reachability region of a linear control system]. *Negladkie zadachi optimizatsii i upravlenie* [Nonsmooth optimization problems and control]. Sverdlovsk, pp. 55-61.
 51. Tyulyukin V.A., Shorikov A.F. (1993) Algoritm resheniya zadachi terminal'nogo upravleniya dlya lineinoi diskretnoi sistemy [Algorithm for solving the terminal control problem for a linear discrete system]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and telemechanics], 4, pp. 115-127.
 52. Vachugov D.D., Vesnin V.F. (1970) Strategiya planirovaniya. Osnovy menedzhmenta i rynka [Planning strategy. Fundamentals of management and market]. *Sotsial'no-politicheskii zhurnal* [Socio-political journal], 8.
 53. Vinogradova E.Yu. (2007) Experience of design of information system for complex operation of enterprise. In: Kudinov A.P., Matvienko G.G. (eds.) *Sbornik trudov chetvertoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Issledovanie, razrabotka i primeneniye vysokikh tekhnologii v promyshlennosti»* [Proc. Int. Conf. "Research, development and application of high technologies in industry."]. Saint Petersburg, pp. 25-26.
 54. Vinogradova E.Yu. (2010) Upravlenie proizvodstvom s ispol'zovaniem neirosetevykh tekhnologii [Production management using neural network technologies]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [News of the Ural State Economic University], 3 (29), pp. 153-158.