

УДК 004.9, УДК 167.0, УДК 303.7, УДК 316.3, УДК 519.8

УПОРЯДОЧЕНИЕ – МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ)

Добрынин Владимир Николаевич¹, Миловидова Анна Александровна²

¹Кандидат технических наук, профессор Института системного анализа и управления;
ГБОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

²Аспирант;
ГБОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;
e-mail: milanna.ya@gmail.com.

История развития (жизненный цикл) социотехнической системы характеризуется прохождением точек бифуркации, в которых система приобретает качественно новые характеристики, адекватные изменившимся внешним и внутренним условиям. Одной из важных адаптивных особенностей системы – это её способность (за счёт самоорганизации; использования внешних и внутренних материальных, энергетических и информационных ресурсов) организовываться в более сложные структуры и приобретать новые функциональные возможности. Механизмы упорядочения компонентов системы с новыми функционально-организационными отношениями, ориентированные на комплексные целевые установки и их эффективное достижение, могут быть эффективно использованы в точках бифуркации, при условии систематизации теоретического и практического опыта решения проблем и задач упорядочения. С другой стороны точки бифуркации характеризуются возникновением проблем (как правило, сложных, впервые возникших и, не имеющих прямых аналогов), которые требуют новых знаний и нетрадиционных взглядов на систему и её целостность. С этой позиции: озарение, эмпатия, интуиция, в сочетании с рациональными методами позволяют приобрести новые знания и решить проблемы и задачи в критических точках системы. В данной статье представлен рациональный взгляд на проблему упорядочения и методы её решения, с учётом того, что в начальной стадии исследования проблемы присутствует творческий подход.

Ключевые слова: социотехническая система, пространство, время, порядок, задача упорядочения, технология решения задач упорядочения.

THE ORDERING – MECHANISM OF DEVELOPMENT SOCIOTECHNICAL SYSTEMS (PROBLEMS, METHODS, TECHNOLOGIES)

Dobrynin Vladimir¹, Milovidova Anna²

¹Candidate of Science in Engineering, professor of Institute of system analysis and management;
Dubna International University of Nature, Society and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

²Postgraduate student;
Dubna International University of Nature, Society and Man,
Institute of system analysis and management;
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;
e-mail: milanna.ya@gmail.com.

Sociotechnical system lifecycle is characterized by passage through bifurcation and limit points in which the system gets adequate changing external and internal new qualitatively features. One of the important adaptive system feature is its ability (due to using self-organization; internal and external material, energy and information resource) to organize into more complex structures and acquire new functionality.

Oriented on complex targets and them affective achieve ordering mechanisms of system components with new functional-organizational relationships can be effectively using in the bifurcation points provided theoretical and practical experience of decision problem and ordering problem systematic. On other side bifurcation points are characterized by problems emergence (generally complex-onset and with no direct analogues), which require new knowledge and innovative views on the system and its integrity. From this point of view: the insight, empathy, intuition, combined with the rational methods can acquire new knowledge and solve problems in the system critical points. This article presents a rational approach to the ordering problem and methods of solutions, taking into account the fact that in the initial stage of is present creative problem research.

Keywords: sociotechnical system, order, space, time, ordering problem, ordering problem technology.

Введение

Осмысление, в плане научного знания, организационно-управленческих проблем и задач рассмотрено в работе Г. П. Щедровицкого «Естественное» и «искусственное» в социотехнических системах». В ней автор отметил: «... к организационно-управленческим проблемам и задачам вышли не социологи и гуманитарии, а инженеры. Создавая различного рода информационно-управляющие системы, они в первой четверти XX в. зафиксировали парадоксальную ситуацию: проектирует инженер некую техническую систему, а при этом создает определенные системы деятельности. ...Инструменты и станки, которые создавались раньше, вписывались, как правило, в естественный, т.е. традиционно освоенный, контекст деятельности. И поэтому, когда инженер, проектируя, имитировал будущее употребление создаваемой им машины или средства, он прилаживал ее прежде всего к себе, сам был мерилom оценки функций или соответственно эффективности своей конструкции. Изобретая нечто, проектируя, конструируя мысленно или практически, он смотрел, что из этого будет получаться. И потому то, что он проектировал, машины, орудия, средства, и то, что он создавал, системы деятельности, было увязано и соединено друг с другом в итогах его работы, а мыслительно по ходу его имитационных процедур. Когда начали создавать сложнейшие системы, организующие общественную жизнь, я имею в виду такие банальные и простые вещи, как создание сети магазинов в городе, или большой поточной линии, или системы машин с операторами, то все отработанные способы имитаций перестали быть эффективными. Инженер проектировал некое техническое устройство либо систему материальных условий жизни, но при этом создавал или организовывал системы деятельности. Поэтому на передний план стала выдвигаться и формулироваться задача: как проектировать сами системы деятельности или как вписать эти технические устройства, создаваемые и реализуемые по проекту, в те системы деятельности, которые возникали в результате работы этих технических устройств. По сути дела, у инженера-проектировщика было два совершенно разных объекта. Точнее, объект был разнороден: с одной стороны техническое устройство, которое он проектировал, а с другой система деятельности, которую он явно или неявно организовывал. В его работу входили два компонента, которые резко расходились между собой, приводя к разным иллюзиям и коллизиям. В связи с этим возникла задача их объединения, а вместе с тем организации своей собственной деятельности, причем таким образом, чтобы она дала тот результат, который был замыслен. Получилось так, что в ходе своей работы он вышел на явления, которые до сих пор традиционно изучались гуманитариями, а именно: человек с его поведением и деятельностью, коллективы действующих людей, сложные социальные системы и т.д. Но средств охватить их своей технической деятельностью у него не было, и, естественно, он мог решать и решал эти проблемы только теми средствами, которые у него имелись. По сути дела, возникла социотехника в широком смысле. Это задача в первую очередь инженерная: социальные, человеческие факторы являются сегодня важнейшими и решающими в сфере собственно инженерии. Отсюда возникла задача объединения инженерии с гуманитарными и социальными науками, потому что только там можно было почерпнуть соответствующие сведения, знания, методы разработки этого материала. Однако объединение этих наук порождает следующую проблему, которая связана с неадекватностью самих гуманитарных знаний. В социологии и психологии сложилась и была отработана заимствованная из естественных наук естественнонаучная позиция. Исследователь предполагает, что объект его изучения человеческие или социальные структуры противопоставлен ему как исследователю: эти структуры подчиняются некоторым естественным законам, не зависящим от его, исследователя, деятельности. Он может их найти и описать, а потом, ориентируясь на них и сообразуясь с ними, строить научно обоснованную практику. Однако такого рода подход в принципе неприемлем для инженера, и, хотя, синтез гуманитар-

ных наук, современной инженерии и естественных наук есть необходимое и назревшее дело, с такой психологией и с такой социологией инженер эффективно ничего делать не сможет. Ведь инженер относится к своему объекту как к искусственному, им творимому. Это принцип инженерного подхода. Инженер предполагает, что может создавать объекты, используя в процессе создания естественные законы жизни «кусков» материала в этом объекте. Но при этом он творит нечто такое, что сама природа не создавала. Поэтому, сколько бы мы ни пытались механически соединять современные инженерный и социотехнический подходы с традиционными знаниями естественнонаучного типа, получаемыми в социологии, ничего путного из этого не выйдет. Здесь нужен принципиально иной подход. Возникновение организационно-управленческой тенденции и постановка задачи на объединение социально-гуманитарных и естественных наук с инженерией, создают новую систему требований к самим социальным и гуманитарным наукам. Современное организационно-управленческое движение, социотехника требуют создания новой психологии, новой социологии, нового учения о человеке, которые с самого начала учитывали бы эти два принципиальных момента, а именно: все объекты нашей практики и нашей деятельности представляют собой не естественные и не искусственные объекты, а кентавр-объекты, соединяющие естественный и искусственный компоненты. Эта проблема (подчиняются ли знания законам природы?) впервые была поставлена Платоном в его диалоге «Кратил». Там обсуждалось, как происходят знания и какой жизнью они живут: являются ли они естественными образованиями, соответствующими природе, или же они порождаются человеком и в этом плане условны» [39].

Парадигма социотехнической системы (СТС) и её особенности: открытость, диссипативность, самоорганизованность и способность к развитию позволили исследователям и проектировщикам разработать новые методы и технологии анализа и синтеза этих систем, в которых «естественное», «искусственное» органичны. Центральным моментом в развитии СТС является неизбежное попадание в точки бифуркации на всём жизненном цикле. В этих точках проявляется главное качество системы – её возможность усложнять свои структурно-функциональные качества, адекватные изменившимся условиям окружающей среды. По мнению авторов, одним из механизмов выхода системы в сторону развития может служить – упорядочение, как основа для формирования новых структурных и функциональных качеств СТС.

1. Концепция пространство-время в задачах упорядочения

Изучением закономерностей процессов упорядочения в разнообразных системах занимается такое научное направление – синергетика. Возникновение синергетики как самостоятельного направления связано с тем, что поведение разнообразных физических, химических, биологических, социальных и др. систем описывается сходными математическими моделями и для таких систем характерны одни и те же явления самоорганизации [29]. Г. Хакеном в 1980-е гг. в рамках синергетики определил самоорганизацию как процесс упорядочения (пространственного, временного или пространственно-временного) в открытой системе, за счёт согласованного взаимодействия множества элементов её составляющих [36].

Метрика пространства-времени, задаёт расстояния (интервалы) между точками пространства-времени (событиями) и, т. о., полностью определяет геометрические свойства четырёхмерного пространства-времени [7].

В технологиях моделирования основными компонентами моделей являются либо процессы, либо события (или и то и другое).

Событие представляет собой пространственно локализованное явление, не имеющее протяжённости во времени. События характеризуются только взаимным расстоянием, процессы – протяжённостью и упорядоченностью. В этом смысле в пространстве событий протяжённость и расстояние – синонимы [3]. Событие можно отличить от процесса, если в явлении мы различаем его начало во времени и его конец, то речь идет как минимум о двух событиях – событиях начала и конца этого явления, такое явление будет уже не событием, а процессом.

Представленная на рис. 1 картина событийности характеризует процесс проведения учебных занятий. Пусть задано множество событий в фиксированной системе координат. Например, события – начало занятий и завершение занятий. Для начала занятий должна быть группа, преподаватель и аудитория. Процесс сбора группы и преподавателя обладает протяжённостью (перемена) событие –

все собрались в нужном месте и в нужное время. Это трехмерная система координат, по осям расположены аудитории, сочетание групп и преподавателей, а также время.

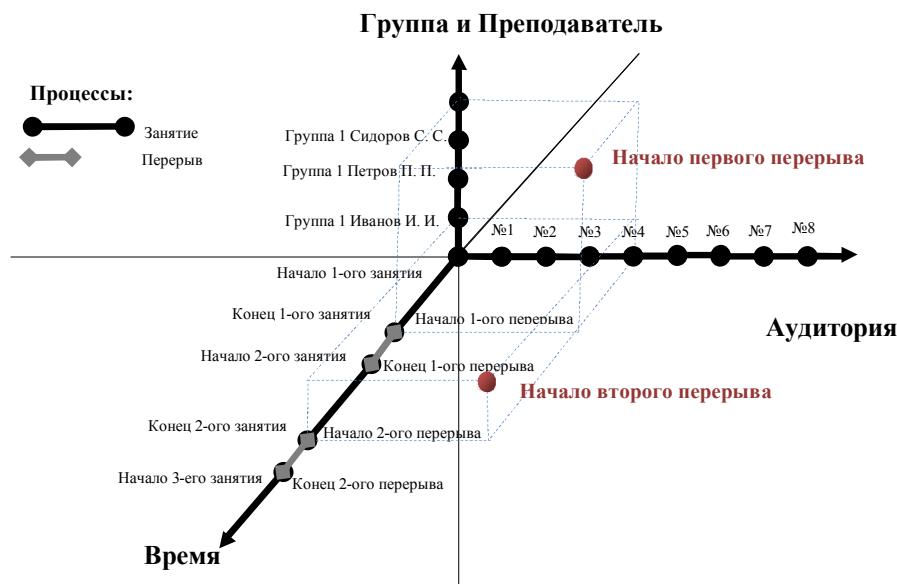


Рис. 1. Картина событийности учебного процесса

В последние годы, во все большем круге смежных гуманитарных и естественных наук появляется все возрастающее понимание решающего значения пространства и времени, иными словами любой физический процесс и действия человека имеют свою географию и историю. *Пространство и время* – атрибуты материи, основные условия ее бытия. Это объективно-реальные формы существования материи. Все большее и большее количество ученых приходят к выводу, что определенное место всегда определяется в более широком, зачастую многомерном пространстве. В практическом плане это означает, что любое перспективное решение опосредовано не только временем (когда это будет), но и местом (где это будет) [1].

Структура и свойства пространства и времени в мега-, макро-, микромире не могут быть однозначными, каждому уровню организации материи свойственны свои пространственно-временные отношения.

С появлением живой природы возникает особое, биологическое пространство-время, проявляющееся на разных уровнях организации живого.

Особый тип пространственно-временных отношений присущ человеку как общественному существу. Социальное пространство, вписанное в пространство биосферы и космоса, обладает особым человеческим смыслом. Границы социального пространства и его структура определяются особенностями социального объекта: например, социальное пространство осужденного ограничено местом отбывания наказания, кругом знакомых и родственников, прокуратурой, проверяющей его жалобы.

Социальное время тоже зависит от характера социального объекта: чем он крупнее (например, общество в целом), тем длительнее процесс его изменения. В отличие от физического социальное время имеет условные точки отсчета: во многих странах принято летоисчисление от рождества Христова, в мусульманских странах – на 622 года позже (Хиджра Мухаммеда) [19].

Модель пространственно-временных отношений, отражающих важнейшие ценности общества, которая существует в сознании людей, называют хронотоп (греч. *хронос* – «время», *топос* – «место»). В историческом развитии общества хронотопы меняются, как меняются и другие представления о мире. Меняются и хронотопы нашего внутреннего, субъективного мира: пространство-время в различных системах – измененных состояниях сознания (сон, гипноз, наркотическая интоксикация, медитация и т.п.) – значительно отличается от обычного состояния сознания. Некоторые философы даже считают пространство-время свойством только субъективной реальности, то есть сознания.

Англичанин Д. Юм (1711-1776) полагал, что пространство возникает в результате расположения в нашем сознании образов предметов в определенном порядке друг около друга. Развивая эту субъективистскую традицию, И. Кант писал, что наши ощущения и восприятия упорядочены в пространстве-времени нашего сознания, но невозможно доказать, что объективная реальность упорядочена точно также. Он полагал, что мы рождаемся со способностью упорядочивать информацию в определенные пространственно-временные структуры [19].

Диалектический материализм считает, что пространство и время – формы бытия материи. Пространство характеризует ее протяженность и структурность, а время выражает длительность ее существования и последовательность изменений всех материальных систем. Материя находится в постоянном движении и качественном изменении (развитии), переходя из одних состояний в другие, которые являются этапами единого, бесконечного в пространстве и времени мирового процесса.

Созданная Н. Лобачевским и Б. Риманом неевклидова геометрия, которая строилась на признании зависимости геометрических свойств пространства и времени от физических свойств движущейся материи, показала всю ограниченность и относительность ньютоновской концепции и метафизического материализма во взглядах на эти формы бытия материи.

Эти идеи получили свое дальнейшее развитие в теории относительности А. Эйнштейна. Эта теория является современной естественнонаучной теорией пространства и времени, которая подтверждает основные положения диалектического материализма о неразрывной связи пространства и времени с движущейся материей.

Естественнонаучная философия в основу понятий «пространство» и «время» кладет принцип структурности материи, ее прерывность [38].

Пространство – объективно-реальная форма бытия материи, выражающая ее протяженность и структурность, сосуществование и взаимодействие элементов материальных систем. В обыденном сознании пространство воспринимается как расположение одного объекта возле другого, то есть свойство «соседства» материальных объектов.

Время – объективно-реальная форма бытия материи, отражающая длительность существования всех объектов и последовательность смены состояний движущейся материи (последовательность событий). Оно отражает простейшее, но всеобщее свойство материальных явлений: следовать друг за другом [31].

Но наряду с объективной реальностью существует и субъективная реальность, поэтому необходимо говорить и о пространстве, и о времени этой реальности. В этой связи существует понятие перцептуального пространства и времени, как формы субъективного восприятия пространства и времени. Эти восприятия отличны от объективной характеристики пространственно-временных форм бытия материи и таковы, каковы наши индивидуальные ощущения их. А ощущения, в свою очередь, зависят от уровня духовной культуры человека, его возраста, конкретной временной или пространственной ситуации и т.п. Перцептуальное время может останавливаться, в нем можно возвращаться назад, в прошлое, его можно обгонять. По-особому воспринимается и пространство в субъективной реальности.

Существование перцептуального времени и пространства есть объективная предпосылка для субъективной трактовки самих пространственно-временных форм материи [38].

Естественнонаучная философия, опираясь на достижения позитивных наук, определяет содержание пространства и времени как форм бытия материи в их объективных свойствах.

Время и пространство обладают общими свойствами. К ним относятся:

- объективность и независимость от сознания человека;
- их абсолютность как атрибутов материи;
- неразрывная связь друг с другом и движением;
- единство прерывного и непрерывного в их структуре;
- зависимость от процессов развития и структурных изменений в материальных системах;
- количественная и качественная бесконечность.

Различают монологические (направление, непрерывность, необратимость) и метрические (связанные с измерениями) свойства пространства и времени.

Наряду с общими характеристиками пространства и времени, им свойственны некоторые особенности, которые характеризуют их как различные атрибуты материи, хотя и тесно связанные между собой [38].

Так, к всеобщим свойствам пространства относятся [35]:

- протяженность, т.е. взаимное расположение и существование различных тел, возможность прибавления или уменьшения какого-либо элемента;
- связность и непрерывность, которая проявляется физическим воздействием через поля различного характера перемещения тел;
- относительная прерывность, т.е. раздельное существование материальных тел, каждому из которых присущи свои границы и размеры.

Общее свойство пространства – это трехмерность, т.е. все материальные процессы происходят в пространстве 3-х измерений. Кроме всеобщих свойств пространство обладает и локальными свойствами. Например, симметрия и асимметрия, месторасположение, расстояние между телами, конкретные формы и размеры. Все эти свойства зависят от структуры и внешней связи тел, скорости их движения, взаимодействия с внешними полями [12].

Пространство одной материальной системы непрерывно переходит в пространство другой системы, поэтому оно практически незаметно, отсюда его неисчерпаемость как в количественном так и в качественном отношении.

К всеобщим свойствам времени относятся [35]:

- объективность;
- неразрывная связь с атрибутами материи (пространством, движением и др.);
- длительность (выражающая последовательность существования и смены состояний тел) образовывается из возникающих друг за другом моментов времени, которые составляют весь период существования тела от его возникновения и до перехода в другие формы.

Существование каждого тела имеет начало и конец, поэтому время существования этого тела конечно и прерывно. Но при этом материя не возникает из ничего и не уничтожается, а только меняет формы своего бытия. Отсутствие разрывов между моментами и интервалами времени характеризует непрерывность времени. Время одномерно, ассиметрично, необратимо и направлено всегда от прошлого к будущему.

Специфические свойства времени:

- конкретные периоды существования тел (они возникновенны до перехода в иные формы);
- одновременность событий (они всегда относительны);
- ритм процессов, скорость изменения состояний, темп развития процессов, и др.

Особо, как всеобщее свойство и времени, и пространства, необходимо выделить качественное многообразие пространственно-временных форм, соответствующих качественному многообразию структурных форм материи [35].

Таким образом, в контексте рассмотрения пространственно-временной метрики задач упорядочения можно сделать следующие выводы:

- время – это порядок сменяющихся друг друга явлений и состояний тел, т.е. время связывается с движением тел;
- пространство – порядок взаимного расположения, множества различных тел;
- все задачи можно подразделить на пространственные, временные и пространственно-временные.

2. Упорядочение и порядок

Прежде чем перейти к рассмотрению задач упорядочения, типов задач, методов и технологий их решения, необходимо определить понятия «упорядочение» и «порядок».

Упорядочение подразумевает некоторый процесс, результатом которого является порядок. Установление порядка, сообразно целевой установки, в заданном множестве объектов – суть процесса упорядочения.

Семантическое поле термина «упорядочения» может быть представлено списком синонимов. Согласно идеографическому словарю русского языка: «Упорядочение, упорядочить – навести порядок в чем-либо; порядок внести, создать, навести; привести в порядок (в систему), систематизация, ритмизация, классификация» [5]. Словарь синонимов русского языка предлагает девять синонимов термину «упорядочение»: настройка, регулирование, урегулирование, регламентация, налаживание; нормализация, регламентирование, организация, улаживание, амелиорация [34].

В широком смысле *порядок* обозначает гармоничное, ожидаемое, предсказуемое состояние или расположение чего-либо [20].

Порядок в узком смысле этого слова может подразумевать распорядок, расписание, расположение, распределение, систему, метод, чин, группировку, диету, норму, регламент, режим, церемонию, церемониал [33].

Согласно социологическому словарю: *социальный порядок* – философско-социологическое понятие, представляющее объяснение того, каким образом социальные системы и их элементы связаны во времени и пространстве [27].

Социальный порядок – предельно общее понятие, выражающее идею организованности обществ, жизни, упорядоченности социального действия или социальной системы [13].

Социальный порядок – упорядоченные взаимосвязи индивидов, основанные на определенных правилах, и обеспечивающие нормальное функционирование общества в целом.

Упорядоченность общества основывается на взаимосвязанных ролях, в соответствии с которыми каждая личность принимает на себя определенные обязанности в отношении других и в то же время требует от остальных выполнения ими своих обязанностей. *Социальный контроль* – это механизм социальной регуляции поведения людей, включающий в себя совокупность норм и ценностей общества, а также санкций, применяемых для их претворения в жизнь [26].

Инструментами социального контроля в современном обществе выступают:

- ценности – общепринятые убеждения относительно целей, к которым должен стремиться индивид;
- социальные нормы – правила поведения человека в обществе в соответствии с общепринятыми ценностями.

Ценности и нормы составляют социальные предписания (дозволения или запреты что-либо делать), выраженные в разной форме санкции – средства поощрения или наказания, стимулирующие людей соблюдать социальные нормы.

Социальные нормы – предписания, требования, пожелания и ожидания соответствующего (общественно одобряемого) поведения. Нормы – идеальные образцы (шаблоны).

По степени определенности и характеру санкций все нормы можно классифицировать на нормы-ожидания и нормы-правила:

- нормы-ожидания – это правила поведения, нарушение которых не влечет за собой сурового наказания. Соблюдение норм-ожиданий контролируется общественным мнением, привычкой их выполнения;
- нормы-правила – общеобязательные правила поведения, закрепленные в официальных актах государства и опирающиеся на возможность государственного принуждения. Они являются основными инструментами социального контроля, их нарушение влечет за собой суровое наказание. Эти нормы запрещают или дозволяют конкретные виды поведения.

Санкциями называются наказания и поощрения, способствующие соблюдению общепринятых стандартов поведения.

Санкции бывают двух видов:

- позитивные санкции (публичное одобрение поведения со стороны органов власти, общественных организаций);
- негативные санкции (наказания, предусмотренные правовыми нормами).

Существуют следующие формы социального контроля [26]:

- через социализацию: люди должны делать то, что объективно необходимо обществу. Социализация, формируя привычки, желания, традиции, является важным фактором социального контроля и установления социального порядка в обществе;
- через групповое давление: индивид, входящий в определенную группу, должен разделять принятые данной группой нормы, правила, обычаи, кодекс его поведения. Каждое отклонение от такого порядка немедленно приводит к осуждению поведения индивида группой;
- через принуждение, осуществляемое государством во исполнение законов с помощью санкций.

Определение социального порядка отражает особенности СТС, включающей социальную и технологическую компоненты. С точки зрения развития СТС – система в пространстве и времени изменяется за счёт усложнения структуры (новые компоненты и отношения между ними).

Согласно рассмотренным толкованиям упорядочения и порядка можно представить формальное описание этих понятий.

С логико-математической точки зрения *отношением нестрогого порядка* (или нестрогим порядком) называют бинарное отношение на множестве, если оно рефлексивно, антисимметрично, транзитивно, и *отношением строгого порядка* (строгим порядком), – если оно антирефлексивно, антисимметрично, транзитивно [3].

Оба эти отношения называются отношениями порядка. Неформально можно сказать, что это отношение вводит некую иерархию элементов множества, выстраивает зависимости между ними. Например, отношение «быть не старше» на множестве людей, «быть не больше» на множестве натуральных чисел – нестрогий порядок. Отношения «быть моложе», «быть прямым потомком» на множестве людей – строгий порядок [9].

Тогда используя теоретико-множественный подход общую постановку задачи упорядочения можно представить следующим образом:

- есть множество объектов – T ;
- P_t – набор перестановок T ;
- f – функция предпочтения (ранжирования) из P_t на множестве вещественных чисел.

Необходимо найти $T' \in P_t$ такой, что: $(\forall T'') (T'' \in P_t) (T'' \neq T') [f(T') \geq f(T'')]$.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что задача упорядочения состоит в получении такой структуры за счет организации элементов множества (множеств), которая позволит достичь поставленных целей и будет удовлетворять заданным требованиям.

3. Систематизация задач упорядочения

В современном обществе особо остро стоит потребность человека в упорядочении, согласовании, организации деятельности, осуществляемой для достижения поставленных целей. Неотъемлемой частью жизни и функционирования любой организации являются задачи, связанные с планированием, расширением масштабов какого-либо производства, усложнением проводимых действий и мероприятий или координированием деятельности большого числа объектов и людей. При решении подобных задач, порой достаточно в противоречивых условиях приходится принимать решения, зачастую связанные с большими затратами ресурсов (материальных, человеческих и др.). Принимаемые решения направлены на достижения поставленных целей и реализуются в рамках некоторой системы условий и ограничений, обусловленных спецификой рассматриваемой прикладной области.

Человек наделён сознанием, существо свободное и обречено на выбор решений, стараясь сделать всё наилучшим образом. Практическая потребность общества в научных основах принятия решений возникла с развитием науки и техники [5].

В XVIII веке началом науки «Теория принятия решений» следует считать работу Жозефа Луи Лагранжа, смысл которой заключался в следующем: сколько земли должен брать на лопату землекоп, чтобы его сменная производительность была наибольшей. Оказалось, что утверждение «бери больше, кидай дальше» неверно.

С ростом технического прогресса ставятся все новые и новые задачи, для решения которых привлекаются и разрабатываются новые научные методы.

Научно-техническими предпосылками становления «Теории принятия решений» являются:

- удорожание – «цена ошибки». Чем сложнее, дороже, масштабнее планируемое мероприятие, тем менее допустимы в нем «волевые» решения и тем важнее становятся научные методы, позволяющие заранее оценить последствия каждого решения, заранее исключить недопустимые варианты и рекомендовать наиболее удачные;
- ускорение научно-технической революции техники и технологии. Жизненный цикл технического изделия сократился настолько, что «опыт» не успевал накапливаться, и требовалось применение более развитого математического аппарата в проектировании;
- рост вычислительной мощности компьютерных систем. Размерность и сложность реальных инженерных задач не позволяло использовать аналитические методы.

С одной стороны эта наука стала определенной ветвью других более общих наук, таких как теория систем, системный анализ, кибернетика и т. д., а с другой, «Теория принятия решения» стала синтезом таких частных наук как исследование операций, оптимизация, создав при этом и собственную методологию.

Инженерное дело теснейшим образом связано с совокупностями объектов, которые принято называть сложными системами, характеризующимися многочисленными и разнообразными по типу связями между отдельно существующими элементами системы и наличием у системы функции назначения, которой нет у составляющих ее частей.

Существует ряд терминов, имеющих отношение к исследованию сложных систем в научно-технической литературе. Наиболее общий термин «теория систем» относится ко всевозможным аспектам исследования систем, основными частями которой являются [5]:

- системный анализ, который понимается как исследование проблемы принятия решения в сложной системе;
- кибернетика, которая рассматривается как наука об управлении и преобразовании информации.

Здесь следует заметить, что понятие управления не совпадает с принятием решения. Условная граница между кибернетикой и системным анализом состоит в том, что первая изучает отдельные и строго формализованные процессы, а системный анализ – совокупность процессов и процедур.

Системный анализ – наука, занимающаяся проблемой принятия решения в условиях анализа большого количества информации различной природы.

Система – целостное множество элементов, взаимодействующих между собой для достижения целей.

Целостность означает, что система выступает перед внешней средой и воспринимается ею, как единое целое.

Большая (сложная) система – эта система, которая превосходит по сложности возможность исследования в некоторых аспектах, важных для принятия решения.

Эмерджентность – качество, свойства системы, которые не присущи ее элементам в отдельности, а возникают благодаря объединению этих элементов в единую, целостную систему.

Системный анализ – совокупность методологии, средств научного сознания (математические модели и методы) и прикладных исследований, используемых для поиска и обоснования решений по различным проблемам технического, военного, политического, социального и прочего характера.

В системном анализе существует два подхода:

- описательный (дескриптивный) – ориентирован на описание системы;
- нормативный – ориентирован на поиск решения по уравнению системы (которая хотя бы от части является управляемой).

Очень близкое к термину «*системный анализ*» понятие – «*исследование операций*», которое традиционно обозначает математическую дисциплину, охватывающую исследование математических моделей для выбора величин, оптимизирующих заданную математическую конструкцию (критерий). Системный анализ может сводиться к решению ряда задач исследования операций, но обладает свойствами, не охватываемыми этой дисциплиной. Однако в зарубежной литературе термин «исследование операций» не является чисто математическим и приближается к термину «системный анализ» [10].

Применением математических, количественных методов обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности занимается такая научная методология как исследование операций.

Разделяют аспекты:

- теоретический (построение моделей, поиск решения, анализ решения);
- практический (подстройка модели и решения под проявление конкретных внешних и внутренних условий и внедрение решений).

Операция – всякое мероприятие (система действий), объединенное единым замыслом и направленное к достижению какой-то цели. Операция всегда является управляемым мероприятием, то есть зависит от человека, каким способом выбрать параметры, характеризующие ее организацию (в широком смысле, включая набор технических средств, применяемых в операции).

Решение (удачное, неудачное, разумное, неразумное) – всякий определенный набор зависящих от человека параметров. Оптимальное – решение, которое по тем или иным признакам предпочтительнее других.

Цель исследования операций – предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Само принятие решения выходит за рамки исследования операций и относится к компетенции ответственного лица (лиц).

Элементы решения – параметры, совокупность которых образует решение числа, векторы, функции, физические признаки и т.д. Если элементами решения можно распоряжаться в определенных пределах, то заданные («дисциплинирующие») условия (ограничения) фиксированы сразу и нарушены быть не могут (грузоподъемность, размеры, вес). К таким условиям относятся средства (материальные, технические, человеческие), которыми человек вправе распоряжаться, и иные ограничения, налагаемые на решение. Их совокупность формируют множество возможных решений [37].

Характерная особенность исследования операций – системный подход к поставленной проблеме и анализ. Системный подход является главным методологическим принципом исследования операций. Он заключается в следующем. Любая задача, которая решается, должна рассматриваться с точки зрения влияния на критерии функционирования системы в целом.

Для исследования операций характерно то, что при решении каждой проблемы могут возникать новые задачи. Важной особенностью исследования операций есть стремление найти оптимальное решение поставленной задачи (принцип оптимальности). Однако на практике такое решение найти невозможно по таким причинам как [8]:

- отсутствие методов, дающих возможность найти глобально оптимальное решение задачи;
- ограниченность существующих ресурсов (к примеру, ограниченность машинного времени), что делает невозможным реализацию точных методов оптимизации.

По словам Т. Л. Саати исследование операций – «Это способ давать плохие ответы на те практические вопросы, на которые другими способами даются еще худшие ответы».

Основные этапы операционного исследования [21]:

- *Постановка задачи.* Первоначально задачу формулируют с точки зрения заказчика. Во время анализа системы задача постепенно уточняется.
- *Формализация задачи.* Получив достаточно строгую и логически непротиворечивую, содержательную постановку задачи, нужно построить ее модель.
- *Нахождение метода решения.* Подбор метода решения осуществляется в зависимости от прикладных аспектов задачи.
- *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 неуправляемых воздействий. Корректировка может потребовать дополнительных исследований объекта, уточнения структуры модели, многочисленных изменений переменных. Таким образом, 4 этапа многократно повторяются, пока не будут достигнуто удовлетворительное соответствие между выходами объекта и модели.
- *Реализация найденного решения на практике.* Внедрение можно рассматривать как самостоятельную задачу, применив к ней системный подход и анализ.

Классификация по зависимости параметров задачи от времени:

1. *Статическая задача.* Принятие решения происходит при условии, что все параметры задачи заранее известны и не изменяются во времени. Процедура принятия решения осуществляется один раз.
2. *Динамическая задача.* В процессе принятия решения параметры задачи изменяются по времени. Процедура принятия решения осуществляется поэтапно и может быть представлена и в виде процесса, зависящего от времени, в том числе непрерывно. Пример – навигационная задача.

Классификация в зависимости от достоверности информации о задаче [2]:

1. *Детерминированная задача.* Все параметры задачи заранее известны.
2. *Недетерминированная задача.* Не все параметры задачи заранее известны. Например, необходимо принять решение об управлении устройством, некоторые узлы которого могут непредсказуемо выходить из строя.
 - 2.1. *Стохастическая задача.* Не все параметры задачи заранее известны, но имеются статистические данные о неизвестных параметрах (вероятности, функции распределения, математические ожидания и т.д.).
 - 2.2. *Задача в условиях (полной) неопределенности.* Статистические данные о неизвестных параметрах отсутствуют.

Классификация по виду критерия оптимальности.

Критерий оптимальности может иметь любой вид, в том числе неформализуемый. Наиболее распространенные формализуемые критерии оптимальности заключаются в оптимизации (минимизации либо максимизации) одной либо нескольких скалярных целевых функций [18].

Общая постановка задачи исследования операций

Все факторы, входящие в описание операции, можно разделить на две группы [37]:

- постоянные факторы (условия проведения операции), на которые мы влиять не можем. Обозначим их через α_1, α_2 ;
- зависимые факторы (элементы решения) x_1, x_2, \dots , которые в известных пределах мы можем выбирать по своему усмотрению.

Критерий эффективности, выражаемый некоторой функцией, называемой целевой, зависит от факторов обеих групп, поэтому целевую функцию Z можно записать в виде:

$$Z = f(x_1, x_2, \alpha_1, \alpha_2).$$

Исторически методы и модели исследования операций объединялись в определенные классы и группу в зависимости от того, для исследования и решения каких классов процессов и задач они создавались. Рассмотрим типовые классы процессов и операций и те задачи, которые их характеризуют (рис. 2) [32].

Для целого ряда практических задач разработаны общие подходы и модели для получения количественных решений. Это стало возможным вследствие того, что по своей форме многие задачи тождественны, причем, задачи одного и того же класса возникают в самых различных отраслях. Помимо этого, каждый класс задач объединяет одинаковый вид математической модели для их описания (своего рода штампы), наиболее распространенными из которых являются (таблица 1) [2]:

- задача управления запасами;
- задача распределения ресурсов;
- задача ремонта и замены оборудования;
- задача массового обслуживания;
- задача календарного планирования;
- задача транспортного типа (выбора маршрута перевозок);
- задача сетевого планирования и управления;
- задача планировки и размещения объектов;
- комбинированные задачи.

Распределительные процессы

•Этому классу характерно наличие ряда операций и ряда способов их выполнения, однако, среди имеющихся способов нет такого, с помощью которого могла быть выполнена конкретная операция наилучшим образом.

Процессы создания и управления запасами

•Ритмичное функционирование любого производства предполагает создание определенных запасов. Как их дефицит, так и избыток нежелательны для организации, так как вызывают определенные нежелательные затраты средств и активов. Поэтому возникает естественный вопрос: сколько заказывать (производить или закупать) и когда заказывать, чтобы иметь экономические целесообразные объемы наличных запасов.

Процессы обслуживания

•Эти процессы исследуются в теории очередей и в теории систем массового обслуживания. Для них характерно наличие потоков «заявок», которые нуждаются в обслуживании, и ряд «приоров» (каналов, устройств) для их обслуживания. В реальных системах либо заявки долго ожидают своего обслуживания, либо приборы простаивают, что связано с определенными убытками.

Процессы замены

•Процессы замены обусловлены физическим или моральным износом всего того, что используется в производственной среде: станки и инструменты, технологические оборудования, методы, структуры и т. д. Например, старое оборудование имеет низкую производительность и качество, часто выходит из строя и требует восстановления. С другой стороны, приобретение нового оборудования требует дополнительных задач ограниченных денежных средств. Вопрос о том, что заменить и как часто заменить, чтобы эксплуатация оборудования была экономически целесообразной.

Состязательные процессы

•Характерной особенностью этого класса является то, что взаимодействующие друг с другом активные стороны (люди, фирмы, регионы, страны и т. д.) преследуют различные цели, порой противоположные, и каждая сторона стремится выбрать такой способ действия (или стратегию), который улучшает ее возможности за счет ухудшения шансов других сторон. Налицо конфликтная ситуация с конфликтующими интересами сторон. Конфликты и конфликтные ситуации изучаются современной теорией игр. Цель моделирования и исследования – рекомендовать сторонам такие стратегии, которые гарантируют им некоторый минимальный выигрыш или максимальный проигрыш (так называемые минимаксные или максиминные стратегии).

Комбинированные процессы

•Сложные операции всегда носят комбинированный характер в том смысле, что в их составе встречаются и распределительные, и состязательные, и другие классы процессов и операций. Например, в современном материальном производстве переплетаются процессы и операции, которые относятся к различным функциональным направлениям: инновации, инвестиции, материально-техническое обеспечение, изготовление, транспортировка, продажи, обслуживание, управление персоналом, активами и финансами, управление переменами и т. д.

Рис. 2. Типовые классы процессов

<i>Тип задачи</i>	<i>Общая характеристика и цели задачи</i>	<i>Компоненты задачи</i>
<p>Задачи управления запасами</p>	<p>Задачи управления запасами возникают, когда экономический объект не может работать без производственных или товарных запасов, поскольку их отсутствие приводит к простоям, штрафам, потери клиентов, катастрофам и т.д.</p> <p>Задачи управления запасами позволяют ответить на следующие вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – каковы оптимальные величины объема заказа на закупку или производство товара, периода поставок заказов, величины запаса, моментов подачи заказа товара, позволяющие минимизировать общие затраты на покупку, производство, доставку, хранение товара; – что выгоднее производить товар или закупать его; – выгодно ли пользоваться скидками на покупку товара и т.п. <p>Противоречивость критериев состоит в том, что с увеличением уровня запасов увеличиваются затраты на их хранение, но уменьшаются потери вследствие возможного дефицита.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить стратегию (план) управления запасами, удовлетворяющую заданным требованиям.</p>	<p>Задача управления запасами является пространственно-временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты задачи управления запасами: <ul style="list-style-type: none"> ▪ экономические объекты, ▪ запасы; ▪ поставки. – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ система снабжения (централизованная и децентрализованная), ▪ спрос на предметы снабжения (стационарный или нестационарный, детерминированный или случайный), ▪ способы пополнения запасов (мгновенная поставка, если пренебрегают задержкой времени с момента оформления заказа на поставку до момента самой поставки; задержка поставки на детерминированный промежуток времени; задержка поставки на случайный интервал), ▪ ограничения (на максимальный объем или уровень запасов на складах, на максимальную стоимость запасов, на число поставок, на стоимость поставки, на вероятность дефицита и т.д.); – функция затрат (критерий эффективности избранной стратегии управления запасами, включающий такие составляющие: расходы на хранение запасов, стоимость поставки, потери и штрафы вследствие дефицита).
<p>Задачи распределения ресурсов</p>	<p>Распределительные задачи возникают в случае, когда имеющихся в наличии ресурсов не хватает для выполнения каждой из намеченных работ эффективным образом и необходимо наилучшим образом распределить ресурсы по работам в соответствии с выбранным критерием оптимальности.</p> <p>В зависимости от условия задачи эти также делятся на 3 группы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Заданы работы и ресурсы. Распределить ресурсы 	<p>Задача распределения ресурсов является пространственно-временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты задачи распределения ресурсов: <ul style="list-style-type: none"> ▪ работы, ▪ ресурсы, ▪ продукты работы; – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ срок годности ресурсов, ▪ технологический тип работ:

	<p>между работами таким образом, чтобы максимизировать некоторую меру эффективности (прибыль) или минимизировать ожидаемые затраты (издержки производства).</p> <ul style="list-style-type: none"> – Заданы только наличные ресурсы. Определить, какой состав работ можно выполнить с учетом этих ресурсов, чтобы обеспечить максимум некоторой меры эффективности. – Заданы только работы. Определить, какие ресурсы необходимы для того, чтобы минимизировать суммарные издержки производства. <p>Решение задачи распределения ресурсов позволяет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – распределять ресурсы между работами таким образом, чтобы максимизировать прибыль или минимизировать затраты; – определять такой состав работ, который можно выполнить, используя имеющиеся ресурсы, и при этом достичь максимума определенной меры эффективности; – определить, какие ресурсы необходимы для того, чтобы выполнить заданные работы с наименьшими издержками. <p>В результате решения задачи необходимо получить стратегию (план) распределения ресурсов, удовлетворяющую заданным требованиям.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ условия взаимозависимости выполнения работ, ○ условия, связанные с интенсивностями потребления работами ресурсов, ○ условия, связанные с возможными длительностями выполнения работ, ▪ организационный тип работ: <ul style="list-style-type: none"> ○ условия, связанные с моментами начала выполнения работ, ○ условия, связанные с моментами окончания выполнения работ (директивные сроки), ▪ ресурсный тип работ – условия, связанные с расходом ресурсов при выполнении работ. <p>– критерии эффективности (например: максимальная прибыль, минимальные ожидаемые затраты или производственные издержки).</p>
<p>Задачи ремонта и замены оборудования</p>	<p>Задачи ремонта и замены оборудования возникают в тех случаях, когда оборудование с течением времени изнашивается, устаревает и подлежит ремонту или полной замене.</p> <p>Задачи ремонта и замены оборудования позволяют определить:</p> <ul style="list-style-type: none"> – такие сроки восстановительного ремонта и моменты замены оборудования, при которых минимизируются затраты на ремонт, замену за все время его эксплуатации; – определить такие сроки профилактического контроля 	<p>Задача ремонта и замены является временной задачей упорядочения и оборудования включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты задачи ремонта и замены оборудования: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ремонты оборудования, ▪ замены оборудования; – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ эффективность работы оборудования, ▪ период эксплуатации оборудования, ▪ затраты на ремонт, ▪ затраты на замену оборудования (стоимость нового оборудования),

	<p>по обнаружению неисправностей, при которых минимизируется сумма затрат на проведение контроля и ожидаемых потерь от простоя оборудования вследствие выхода из строя некоторых деталей оборудования.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить стратегию (план) ремонта и замены оборудования, удовлетворяющую заданным требованиям.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ время от купли до замены оборудования, ▪ сроки восстановительных ремонтов, ▪ затраты на замену оборудования за весь период его жизненного цикла; <p>– критерий эффективности (например: минимизация средних затрат на ремонт и замену оборудования за весь период жизненного цикла).</p>
<p>Задачи массового обслуживания</p>	<p>Задачи массового обслуживания посвящены изучению систем обслуживания очередей требований. Причина очередей в том, что поток требований клиентов случаен и неуправляем.</p> <p>Задачи массового обслуживания позволяют определить, какое количество приборов обслуживания необходимо, чтобы минимизировать суммарные ожидаемые потери от несвоевременного обслуживания и простоев обслуживающего оборудования.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить стратегию (план) обслуживания потока клиентов / заказов.</p>	<p>Задача массового обслуживания является пространственно-временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <p>– атрибуты задачи массового обслуживания:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ заявки, ▪ каналы обслуживания; <p>– условия и ограничения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ каналы обслуживания: одноканальные и многоканальные, ▪ тип дисциплины обслуживания: <ul style="list-style-type: none"> ○ СМО с отказами (нулевое ожидание или явные потери), ○ СМО с ожиданием (неограниченное ожидание или очередь), ○ СМО смешанного типа (ограниченное ожидание), ▪ поток (клиентов, заказов), ▪ длина очереди заявок, ▪ простои, ▪ затраты на единицу времени ожидания; <p>– критерий оптимальности (например: минимизация суммы ожидаемых потерь от ожидания в очереди и простоев оборудования).</p>
<p>Задачи календарного планирования</p>	<p>Задача календарного планирования (теории расписаний) возникают в разнообразных сферах человеческой деятельности, когда необходима увязка работ во времени.</p> <p>Задача календарного планирования позволяет среди множества работ и множества ресурсов (человеческих, технологических и др.), обеспечивающих совершение работ, распределить временные ресурсы таким образом, чтобы была выполнена некоторая фиксированная система работ.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить</p>	<p>Задача календарного планирования является пространственно-временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <p>– атрибуты задачи календарного планирования:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ множество технологических единиц (детали, работы, оборудование); <p>– условия и ограничения:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ технологические маршруты обработки деталей (одинаковый (конвейерный тип) и неодинаковый); ▪ типы оборудования (идентичные и неидентичные);

	<p>календарный план (расписание) работ, удовлетворяющий заданным требованиям.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ продолжительность обработки детали на станке; ▪ фактический срок завершения обработки деталей; ▪ требуемый (директивный) срок; ▪ удельный штраф за единицу времени запаздывания в окончании обработки деталей относительно директивного срока; <p>– критерий оптимальности (например, минимальная общая продолжительность всего комплекса работ; минимальная сумма штрафов (потерь), вследствие, запаздывания; минимальное время запаздывания; максимальная загрузка станков).</p>
<p>Задачи сетевого планирования и управления</p>	<p>Задачи сетевого планирования и управления актуальны при разработке сложных, дорогостоящих проектов. Здесь рассматривается соотношение между сроком выполнения крупного комплекса операций и моментом начала всех операций отдельно в комплексе.</p> <p>Использование сетевых моделей позволяет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – построить сетевой график, который представляет взаимосвязи работ проекта, что позволяет детально анализировать все работы и вносить улучшения в структуру проекта еще до начала его реализации; – построить календарный график, который определяет моменты начала и окончания каждой работы, минимально возможное время выполнения проекта, критические работы; позволяет оптимизировать параметры проекта: выявить и устранить проблемы в обеспечении работ исполнителями, снизить количество одновременно занятых исполнителей, сократить длительность отдельных работ и проекта в целом; – оперативно контролировать и корректировать ход выполнения проекта. <p>В результате решения задачи необходимо получить сетевой и календарный график работ проекта, удовлетворяющий заданным требованиям.</p> <p>Если все условия выполнены, возможны следующие постановки задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – задана продолжительность выполнения всего комплекса операций. Требуется определить сроки каждой 	<p>Задача сетевого планирования и управления является временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты сетевого планирования: <ul style="list-style-type: none"> ▪ задачи (работы); – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ порядок выполнения операций комплекса; ▪ отношения в пределах, которых можно начинать и заканчивать независимо одну от другой; ▪ взаимосвязь величины потребляемого ресурса от длительности каждой операции; ▪ длительность операции (детерминированная или случайная); – критерий оптимальности (минимизация общей продолжительности всего комплекса, минимизация общих затрат выполнения комплекса или вероятности невыполнения комплекса операций в директивные сроки).

	<p>операции, при которых:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ минимизируются общие затраты на выполнение всего комплекса операций, ▪ определяется вероятность невыполнения комплекса работ в установленные сроки, ▪ определяется среднеквартальные отклонения требуемых ресурсов от наличных. <p>– заданы общие ресурсы. Определить сроки начала каждой операции, чтобы минимизировать время на выполнение всего комплекса операций.</p>	
<p>Задачи планирования и размещения объектов</p>	<p>Задачи планирования и размещения объектов актуальны, когда на территории некоторого региона задано размещение существующих объектов и требуется определить количество новых объектов и места их размещения с учетом их взаимодействия с существующими и между собой. К таким задачам можно отнести планирование площадей застроек производственного предприятия, размещение в цеху станочного оборудования, размещение оборудования в корпусе самолета, размещение радиокомпонентов на плате и т.п.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить план (стратегию) размещения объектов.</p>	<p>Задача планирования и размещения объектов является пространственной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты задач планирования и размещения объектов: <ul style="list-style-type: none"> ▪ объекты, ▪ пространство размещения; – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ характеристики существующих и новых объектов, ▪ характер взаимодействия между существующими и новыми объектами (зависящие от размещения или независимые, статистические или динамические, детерминированные или стохастические), ▪ тип пространства решений/размещений (статистические или динамические, детерминированные или стохастические), ▪ мера расстояния между объектами (метрика пространства размещений); – критерий оценки вариантов решений (например, минимизация суммарных затрат, максимизация некоторой прибыли).
<p>Задачи транспортного типа (или выбора маршрутов перевозок)</p>	<p>Задачи транспортного типа (или выбора маршрутов перевозок) возникают при исследовании разнообразных процессов на транспорте и в системах связи.</p> <p>В результате решения задачи необходимо получить стратегию (план) прохождения маршрутов.</p>	<p>Задача транспортного типа (или выбора маршрутов) перевозок является пространственно-временной задачей упорядочения и включает следующие компоненты:</p> <ul style="list-style-type: none"> – атрибуты задач транспортного типа: <ul style="list-style-type: none"> ▪ маршруты, ▪ пункты сети; – условия и ограничения: <ul style="list-style-type: none"> ▪ стоимости проезда по маршрутам, ▪ пропускная способность коммуникаций (например: запрет на

		<p>возврат к уже пройденному пункту или требование обхода всех пунктов транспортной сети с условиями);</p> <p>– критерий оптимальности (наиболее экономичный маршрут).</p>
<p>Комбинированные задачи</p>	<p>Довольно часто практические задачи содержат несколько рассмотренных выше типичных задач одновременно. Например, при планировании управления производством часто приходится решать следующий комплекс задач:</p> <p>Задача планирования производства — сколько изделий каждого типа необходимо выпустить и каковы оптимальные размеры партий.</p> <p>Задача распределения ресурсов — как распределить полученные производственные заказы по видам оборудования (станкам) после того, как определен оптимальный план производства.</p> <p>Задача календарного планирования — в какой последовательности и когда следует выполнять производственные заказы.</p> <p>Поскольку эти три задачи нельзя решать изолировано, независимо друг от друга, то возможный следующий подход к решению комбинированной задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сначала получают оптимальное решение задачи планирования производства. 2. Затем в зависимости от этого оптимума находят наилучшее распределение оборудования. 3. Наконец на основе такого распределения составляют оптимальный график выполнения работ. <p>Однако такая последовательная оптимизация частных подзадач не всегда приводит к оптимальному решению задачи в целом. Пока еще не найден метод, который бы дал возможность получить одновременный оптимум для всех трех задач, а возможно он и совсем не существует для конкретных задач. Поэтому для решения подобных комбинированных задач используют метод последовательных приближений, который дает возможность приблизиться к искомому решению комбинированной задачи как можно ближе.</p>	

4. Методы решения задач упорядочения

4.1. Роль и особенности построения моделей при решении задач упорядочения

Системный подход является главным методологическим принципом решения задач упорядочения. Он заключается в том, что любая задача, которая решается, должна рассматриваться с точки зрения влияния на критерии функционирования системы в целом. Практически любой метод решения можно технически рассматривать как разновидность моделирования.

При поиске наиболее эффективных путей достижения цели осуществляется построение моделей, в частности, моделей математических. Таким образом, одной из основных проблем при решении задач упорядочения является анализ используемых в нем моделей ситуаций, процессов и систем.

Модель – это любой образ, аналог (мысленный или условный) какого-либо объекта, процесса или явления («оригинала», прототипа данной модели). Вообще говоря, модель представляет собой совокупность некоторого множества и заданных на его элементах свойств и отношений. Любая модель обладает следующими свойствами (по определению, данному Ляпуновым А.А.):

- модель находится в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом (прототипом);
- модель способна замещать его в определенных отношениях;
- модель дает при её исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте.

Одна из классификаций моделирования систем представлена на рис. 3. В контексте решения задачи упорядочения мы будем рассматривать такой вид моделирования систем, как математическое моделирование [14].

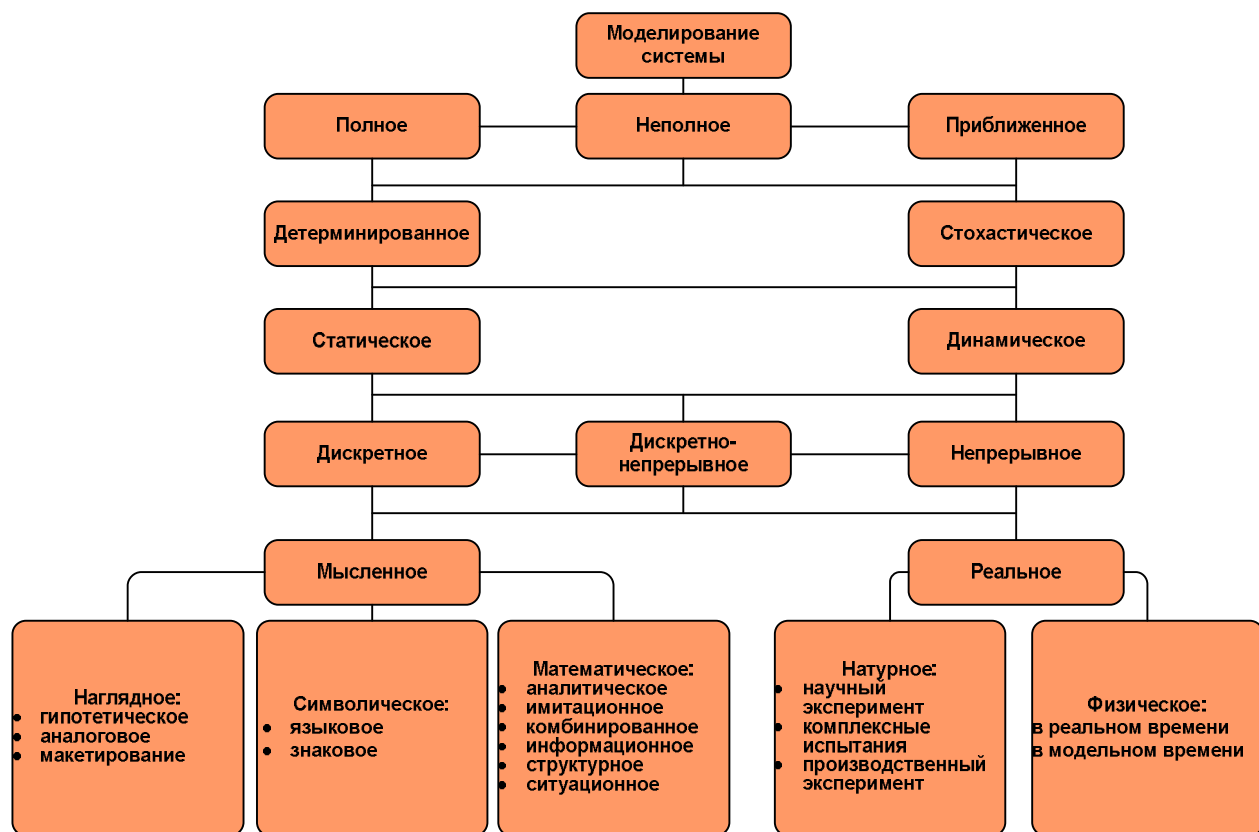


Рис. 3. Классификация видов моделирования

Математическое моделирование – это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью. В принципе, для исследования характеристик любой системы математическими методами, включая и машинные, должна быть обязательно проведена формализация этого процесса, т.е. построена математическая модель. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, от требуемой достоверности и точности решения задачи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект с некоторой степенью приближения.

Для представления математических моделей могут использоваться различные формы записи. Основными являются инвариантная, аналитическая, алгоритмическая и схемная (графическая).

Инвариантная форма – запись соотношений модели с помощью традиционного математического языка безотносительно к методу решения уравнений модели. В этом случае модель может быть представлена как совокупность входов, выходов, переменных состояния и глобальных уравнений системы. Аналитическая форма – запись модели в виде результата решения исходных уравнений модели. Обычно модели в аналитической форме представляют собой явные выражения выходных параметров как функций входов и переменных состояния.

Для *аналитического моделирования* характерно то, что в основном моделируется только функциональный аспект системы. При этом глобальные уравнения системы, описывающие закон (алгоритм) ее функционирования, записываются в виде некоторых аналитических соотношений (алгебраических, интегро-дифференциальных, конечноразностных и т.д.) или логических условий. Аналитическая модель исследуется несколькими методами [17]:

- аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные зависимости, связывающие искомые характеристики с начальными условиями, параметрами и переменными состояния системы;
- численным, когда, не умея решать уравнения в общем виде, стремятся получить числовые результаты при конкретных начальных данных (напомним, что такие модели называются цифровыми);
- качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые свойства решения (например, оценить устойчивость решения).

В настоящее время распространены компьютерные методы исследования характеристик процесса функционирования сложных систем. Для реализации математической модели необходимо построить соответствующий моделирующий алгоритм.

Алгоритмическая форма – запись соотношений модели и выбранного численного метода решения в форме алгоритма. Среди алгоритмических моделей важный класс составляют имитационные модели, предназначенные для имитации физических или информационных процессов при различных внешних воздействиях. Собственно имитацию названных процессов называют имитационным моделированием.

При *имитационном моделировании* воспроизводится алгоритм функционирования системы во времени – поведение системы, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определенные моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы. Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и другие, которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.

Метод имитационного моделирования применяется для оценки вариантов структуры системы, эффективности различных алгоритмов управления системой, влияния изменения различных параметров системы. Имитационное моделирование может быть положено в основу структурного,

алгоритмического и параметрического синтеза систем, когда требуется создать систему с заданными характеристиками при определенных ограничениях.

Комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования. При построении комбинированных моделей производится предварительная декомпозиция процесса функционирования объекта на составляющие подпроцессы, и для тех из них, где это возможно, используются аналитические модели, а для остальных подпроцессов строятся имитационные модели. Такой подход дает возможность охватить качественно новые классы систем, которые не могут быть исследованы с использованием аналитического или имитационного моделирования в отдельности.

Информационное (кибернетическое) моделирование связано с исследованием моделей, в которых отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам. В этом случае стремятся отобразить лишь некоторую функцию, рассматривают реальный объект как «черный ящик», имеющий ряд входов и выходов, и моделируют некоторые связи между выходами и входами. Таким образом, в основе информационных (кибернетических) моделей лежит отражение некоторых информационных процессов управления, что позволяет оценить поведение реального объекта. Для построения модели в этом случае необходимо выделить исследуемую функцию реального объекта, попытаться формализовать эту функцию в виде некоторых операторов связи между входом и выходом и воспроизвести данную функцию на имитационной модели, причем на совершенно другом математическом языке и, естественно, иной физической реализации процесса. Так, например, экспертные системы являются моделями ЛПР.

Структурное моделирование системного анализа базируется на некоторых специфических особенностях структур определенного вида, которые используются как средство исследования систем или служат для разработки на их основе специфических подходов к моделированию с применением других методов формализованного представления систем (теоретико-множественных, лингвистических, кибернетических и т.п.). Развитием структурного моделирования является объектно-ориентированное моделирование.

Структурное моделирование системного анализа включает:

- методы сетевого моделирования;
- сочетание методов структуризации с лингвистическими;
- структурный подход в направлении формализации построения и исследования структур разного типа (иерархических, матричных, произвольных графов) на основе теоретико-множественных представлений и понятия номинальной шкалы теории измерений.

При этом термин «структура модели» может применяться как к функциям, так и к элементам системы. Соответствующие структуры называются функциональными и морфологическими. Объектно-ориентированное моделирование объединяет структуры обоих типов в иерархию классов, включающих как элементы, так и функции.

Ситуационное моделирование опирается на модельную теорию мышления, в рамках которой можно описать основные механизмы регулирования процессов принятия решений. В центре модельной теории мышления лежит представление о формировании в структурах мозга информационной модели объекта и внешнего мира. Эта информация воспринимается человеком на базе уже имеющихся у него знаний и опыта. Целесообразное поведение человека строится путем формирования целевой ситуации и мысленного преобразования исходной ситуации в целевую. Основой построения модели является описание объекта в виде совокупности элементов, связанных между собой определенными отношениями, отображающими семантику предметной области. Модель объекта имеет многоуровневую структуру и представляет собой тот информационный контекст, на фоне которого протекают процессы управления. Чем богаче информационная модель объекта и выше возможности манипулирования ею, тем лучше и многообразнее качество принимаемых решений при управлении [17].

При моделировании систем анализируемые модели являются разумным компромиссом между двумя весьма противоречивыми ситуациями. С одной стороны, желательно, чтобы модель как можно более полно отражала реальные процессы, с другой стороны, она должна быть настолько простой, чтобы можно было получить искомые результаты за практически приемлемое время. При построении моделей серьезные затруднения вызывает недостаточная информированность исследу-

дователя об анализируемом процессе. Очень часто рассматриваются ситуации, в которых решения приходится принимать в условиях риска или неопределенности.

Разнообразие моделей, степень их общности и универсальности постепенно увеличиваются, охватывая все более широкую сферу возможных приложений. По мере усложнения моделей усложняются и методы решения с использованием этих моделей. В свою очередь совершенствование методов, поиск новых подходов открывает перспективы новым приложениям. Поэтому на сегодняшний день крайне важно иметь некоторую общую «систему отсчета», классификацию моделей, которая бы позволила проводить какие-либо аналогии и сравнения между построенными задачами разных областей [11].

4.2. Классификация методов решения задач упорядочения

Анализ методов решения задач упорядочения выполним в соответствии с предложенной в системном анализе классификацией проблем, т.е. последовательно рассмотрим методы решения хорошо структурированных, слабо структурированных и неструктурированных проблем.

Методы решения хорошо структурированных задач

Хорошо структурированная проблема характеризуется следующими особенностями:

- цель предстоящих действий объективна, независима;
- варианты решения (альтернативы) известны, нужно лишь выбрать лучший;
- перечень необходимых ресурсов известен, надо лишь обосновать нужное их количество для решения проблемы;
- факторы, которые необходимо учитывать при решении проблемы поддаются точному количественному учёту в виде числа или функции;
- функции между переменными объективны и могут быть получены.

Следует отметить, что математические модели могут при этом быть:

- детерминированными (без случайных значений),
- стохастическими (заданы вероятностными распределениями),
- неопределёнными (задано множество возможных вариантов обстановки, но без априорной информации об их вероятностях).

Для обоснования решений по таким проблемам применяются методы исследования операций, которые как раз предполагают:

- объективный (но не субъективный) характер модели;
- построение модели и поиск оптимального решения;
- наличие объективного, т.е. не зависящего от субъективных предпочтений критерия выбора лучшего решения.

Основные методы исследования операций приведены на рис. 4.

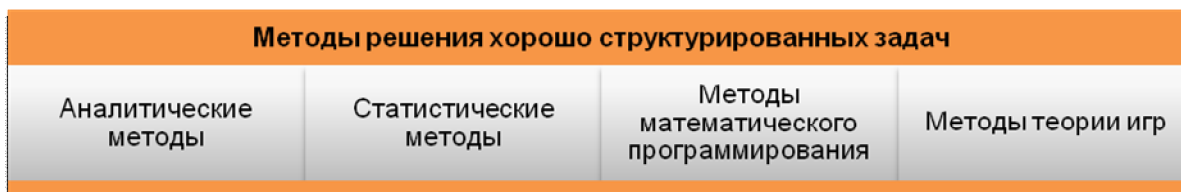


Рис. 4. Классификация методов решения хорошо структурированных задач

Аналитические методы характерны тем, что между условиями решаемой задачи и её результатами устанавливаются аналитические, формульные зависимости. К этим методам относятся: теория вероятностей, теория марковских процессов, теория массового обслуживания, метод динамики средних. Теория вероятностей – наука о закономерностях в случайных явлениях. С помощью теории вероятностей вырабатываются решения, зависящие от условий случайного характера. Теория марковских процессов разработана для описания операций, развивающихся случайным

образом во времени. Теория массового обслуживания рассматривает массовые повторяющиеся процессы. Метод динамики средних применяется в тех случаях, когда можно составить зависимости между условиями операции и её результатом, исходя из средних характеристик условий.

Статистические методы основаны на сборе, обработке и анализе статистических данных, полученных как в результате фактических действий, так и выработанных искусственно, путем статистического моделирования. К этим методам относятся последовательный анализ и метод статистических испытаний. Последовательный анализ дает возможность принимать решения на основе ряда гипотез, каждая из которых сразу же последовательно проверяется. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) заключается в том, что ход операций проигрывается (моделируется) на компьютере со всеми присущими операциями случайностями.

Математическое программирование представляет собой ряд методов, предназначенных для наилучшего распределения имеющихся ограниченных ресурсов, а также для составления рационального плана операции. Математическое программирование подразделяется на линейное, нелинейное и динамическое. Сюда же обычно относят и методы сетевого планирования. Линейное программирование применяется в тех случаях, когда условия выполнения операции описываются системой линейных уравнений или неравенств. Если указанные зависимости носят нелинейный характер, то применяется метод нелинейного программирования. Динамическое программирование служит для выбора наилучшего плана выполнения многоэтапных действий, когда результат каждого последующего этапа зависит от предыдущего. Сетевое планирование предназначено для составления и реализации рационального плана выполнения операции, состоящей из большого числа взаимосвязанных действий, предусматривающего решение задачи в кратчайший срок и с наилучшими результатами.

Теоретико-игровые методы служат для обоснования решений в условиях неопределенности обстановки. К теоретико-игровым методам относятся: теория игр и теория статистических решений. Теория игр используется в тех случаях, когда неопределенность обстановки вызвана сознательными, злонамеренными действиями конфликтующей стороны. Теория статистических решений применяется тогда, когда неопределенность обстановки вызвана объективными обстоятельствами, которые либо неизвестны, либо носят случайный характер [28].

Методы решения слабо структурированных задач

Слабо структурированная задача характеризуется следующими особенностями:

- цель предстоящих действий может быть задана объективно извне, а может выбираться, в т.ч. и с учетом качественных, а не только количественных параметров;
- варианты решений выбираются не только по количественным, но и по качественным критериям;
- факторы, которые учитываются при решении проблемы, не все поддаются количественному учёту, часть из них учитывается на качественном уровне;
- не все функции между переменными объективны и не все они могут быть получены.

Из этого следует, что ситуация выбора в данных проблемах связана с преодолением неопределенностей.

Выбор лучшего решения в таких ситуациях не является предметом объективной оптимальной оценки, он является предметом субъективного суждения лица принимающего решения (ЛПР). Следовательно, оптимальным в строго научном смысле этого слова он не будет, он будет рациональным с точки зрения конкретного ЛПР.

Для обоснования решений по таким правилам применяются различные варианты метода системного анализа. Отличие данного метода от чистого исследования операций состоит в большем учёте качественных суждений при выборе целей, и оценке вариантов решений.

Основные методы решения слабо структурированных задач приведены на рис. 5.

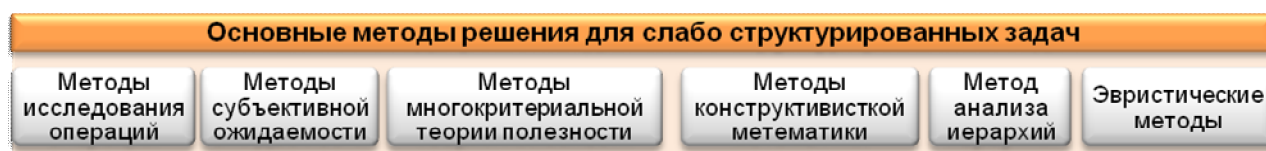


Рис. 5. Основные методы решений для слабо структурированных проблем

Поскольку в системном анализе применяются методы исследования операций, то и преодоление неопределенностей в них осуществляется известными методами теории игр. Однако развивается и другой подход к снятию неопределенностей. Этот подход связан с понятиями «риск» и «ситуация риска».

В данном подходе оценка величины риска становится одним из важнейших элементов всего процесса принятия решения, естественно, оказывающего влияния на окончательный выбор.

Метод решения задачи при применении системного анализа остается в общих чертах таким же, как при исследовании операций, т.е. ЛПР ставит задачу на поиск оптимального решения с помощью математической модели. При этом им могут сообщаться, а могут и не сообщаться качественные факторы. Окончательный выбор решения осуществляется по множеству количественных и качественных критериев.

Самым характерным для всех этих методов являются требования к ЛПР в части получения субъективных количественных оценок различных факторов их функциональных зависимостей. Отсюда неизбежно, как и в предыдущем типе проблем возникает вопрос адекватности выбираемого решения реально складывающейся обстановке.

Сама операция решения задачи упорядочения делится на три этапа:

- а) Выявление перечня (поля) альтернатив для выбора.
- б) Выявление последствий реализации альтернатив.
- в) Сравнение последствий и выбор лучшего решения.

На каждом этапе применяются свои методы работы органа управления. На рис. 6. показаны методы выявления поля альтернатив.

Методами выявления последствий реализации альтернатив могут быть:

- метод проблемно-ориентированной таблицы;
- методы математического моделирования;
- методы экспертного прогнозирования.

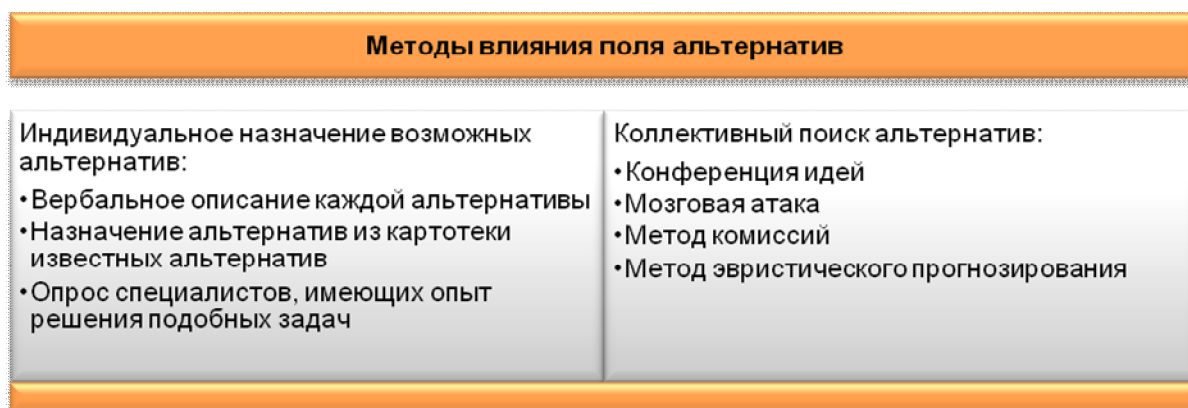


Рис. 6. Методы выявления поля альтернатив

Как уже отмечалось, в сравнении последствий и выборе лучшей альтернативы при множестве критериев часто полагаются на творческие способности ЛПР [28].

Методы решения для неструктурированных задач

Неструктурированная проблема характеризуется следующими особенностями:

- прежде всего, это проблема уникального выбора, т.е. это новая проблема для данного, либо имеющая существенные особенности по сравнению с ранее решаемыми;
- формулирование цели, оценка альтернатив и выбор лучшей связаны с неопределенностью из-за недостатка или неточности информации о ситуации; оценки альтернатив чаще всего являются качественными и сформулированы словесно;
- выбор лучшей альтернативы может быть осуществлен либо на основе субъективных суждений ЛПР, либо на основе его интуиции и веры.

До недавнего времени не существовало систематизированных процедур обоснования решений по таким проблемам. Однако за последние годы разработан ряд методов для обоснования указанных решений. Эти методы получили название качественных методов обоснования решений или вербальных методов анализа решений.

Они базируются на применении для анализа проблем определенной последовательности действий по:

- формулированию, т.е. научной постановке проблемы (определению альтернатив, из которых предстоит сделать выбор, и факторов (критериев), которые будут учитываться при оценке и выборе);
- выполнению оценки каждой альтернативы по сформулированным факторам (критериям);
- сравнению всех альтернатив между собой по сделанным ранее оценкам; выбору лучшей альтернативы.

На всех этапах действия ЛПР базируются на логических правилах и здравом смысле, а также на его субъективных предпочтениях [28].

Качественные методы обоснования решений представлены на рис. 7.

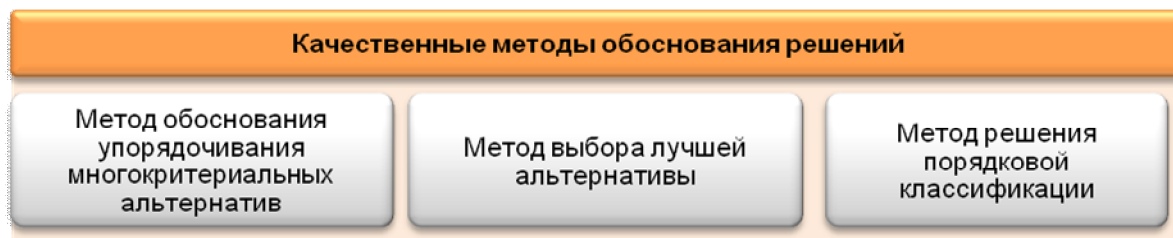


Рис. 7. Качественные методы обоснования решений

Борьба с неопределенностями в данном случае как бы разделяется на две составные части. В первой части она ведется теми же методами учета риска, как и в слабо структурированных проблемах. Во второй части применяются совсем иные методы – «огрубление» оценок факторов, переход от строгих количественных показателей к более «размытым» качественным значениям. Тем самым зависимость выбора окончательного решения от величины неопределенностей уменьшается.

В настоящее время складывается система управления риском, которая включает в себя следующие элементы:

- ранжирование всех выявленных альтернатив решения проблемы по степени приемлемости, содержащегося в них риска;
- подготовку и принятие нормативных актов, инструкций, помогающих претворить в жизнь рискованные решения;
- разработку конкретных рекомендаций, ориентированных на устранение или минимизацию возможных негативных последствий риска;
- создание специальных планов, инструкций, позволяющих исполнителям эффективно действовать в момент возникновения отрицательных последствий;

- выявление основных причин отрицательных последствий;
- разработку предупредительных, содействующих и подстраховывающих мероприятий; определение условий для введения в действие последних;
- учет психического, индивидуального восприятия людьми раскованных альтернатив и отношения к ним общественного мнения при принятии решения.

Поскольку данные методы базируются на непосредственных действиях ЛППР, его субъективных суждениях, то и метод должен учитывать эти особенности. Прежде всего, ЛППР должен проделать личную работу по обоснованию тех элементов решения, за которые отвечает. Существенно изменяется роль аналитиков и экспертов. Они становятся действительно советчиками, а не принимающими решение и даже не обосновывающими его, как это имеет место при исследовании операций. Поскольку для человека характерны ошибки при применении логических правил, в разработанных методах существенное внимание уделяется их приспособленности к биологическим возможностям людей по восприятию и переработке информации. О том, каковы эти возможности, как они влияют на процесс принятия решений, рассмотрим ниже [28].

Методы прогнозирования

В дополнение к вышеописанным методам, имеется ряд методов прогнозирования, способных оказать помощь в поиске объективно обоснованного решения по выбору из нескольких альтернатив той, которая в наибольшей мере способствует достижению целей.

Прогнозирование – это предположение динамики развития ситуации в будущем, основанное на имеющейся информации.

Метод анализа иерархий

Метод анализа иерархий – методологическая основа для решения задач выбора альтернатив посредством их многокритериального рейтингования. Метод анализа иерархий упорядочивает (систематизирует) работу ЛППР по всем элементам структуры проблемы:

- при выявлении перечня альтернатив;
- при выявлении последствий реализации альтернатив;
- при сравнении последствий реализации и выборе лучшего варианта решения.

Основное применение метода – поддержка принятия решений посредством иерархической композиции задачи и рейтингования альтернативных решений. Имея в виду это обстоятельство, перечислим возможности метода. Метод анализа иерархий позволяет [30]:

- Провести анализ проблемы. При этом проблема принятия решения представляется в виде иерархически упорядоченных:
 - главной цели (главного критерия) рейтингования возможных решений,
 - нескольких групп (уровней) однотипных факторов, так или иначе влияющих на рейтинг,
 - группы возможных решений,
 - системы связей, указывающих на взаимное влияние факторов и решений.

Предполагается, так же, что для всех перечисленных «узлов» проблемы указаны их взаимные влияния друг на друга (связи друг с другом).

- Провести сбор данных по проблеме.
- Оценить противоречивость данных и минимизировать ее.
- Провести синтез проблемы.
- Организовать обсуждение проблемы, что способствует достижению консенсуса.
- Оценить важность учета каждого решения и важность учета каждого фактора, влияющего на приоритеты решений.
- Оценить устойчивость решения.

Методом предусматривается, что при выявлении перечня альтернатив лицо, принимающее решение на основе имеющейся информации, намечает возможные варианты решения, а также

формулирует иерархию факторов, которые будут влиять на окончательный выбор лучшего решения. Эти факторы в дальнейшем, на последующих этапах будут играть роль критериев, по которым сравниваются возможные варианты решения.

Таким образом, вся проблема представляется в иерархическом виде на нескольких уровнях (рис. 8). Построенная иерархия проблемы состоит из трех уровней.

Первый уровень – фокус проблемы. Второй уровень – факторы или критерии, по которым оцениваются возможные варианты решений. Третий уровень – возможные варианты решений.



Рис. 8. Иерархическая схема представления задачи

Метод анализа иерархий базируется на законе иерархической непрерывности, который предполагает, что элементы нижнего уровня иерархии сравнимы попарно по отношению ко всем элементам следующего уровня. Т.е. в данном случае можно выполнить парные сравнения вариантов решения по отношению каждого фактора, а факторы тоже можно попарно сравнить с точки зрения фокуса проблемы.

Это значит, что представляется возможным получить ответ на вопрос «Какой вариант решения лучше № 1 или № 2 с точки зрения критерия № 1».

Затем аналогично сравниваются все варианты по остальным критериям.

В результате этих сравнений осуществляется ранжирование (упорядочивание) всех вариантов решений по множеству критериев.

После этого выполняется теми же парными сравнениями ранжирование самих критериев.

Далее в результате проведения расчетов вычисляются приоритеты вариантов решений с учетом всех критериев и их ранжирования. Тот вариант решения, который получит самый высокий приоритет и считается лучшим решением.

Преодоление неопределенностей в методе анализа иерархий предусмотрено его природой. В нем допускается наличие неопределенностей при выявлении поля возможных решений; при оценке факторов и вариантов решений. Преодолеть их (неопределенности) можно двумя путями.

Во-первых, введением в качестве одного или нескольких критериев риска достижения того или иного результата. Очевидно, лучшее решение, при прочих равных условиях, должно бы было иметь минимальный риск успешного решения задач.

Можно было ввести не один, а несколько дополнительных критериев для оценки различных типов риска. С помощью метода анализа иерархий представляется возможным произвести развернутый и детальный анализ всей проблемы риска во всех или отдельных вариантах решений.

Второй путь преодоления неопределенностей в методе анализа иерархий – учет их при выполнении оценок тех или иных критериев.

Следовательно, метод предоставляет естественную и доступную возможность преодоления объективно существующих неопределенностей.

Метод анализа иерархий целесообразно применять для задач, которые:

- рассматриваются впервые и являются слабо структурированными;

- связаны с проявлением человеческого фактора в процессе принятия решения или исполнения принятого решения;
- связаны с существенной неопределенностью (исходных данных, проявлений внешней среды).

С помощью метода анализа иерархий, как уже отмечалось, может быть обоснованно решение в целом или отдельные его элементы. Пример обоснования решения в целом был рассмотрен выше [23].

Платежная матрица

Платежная матрица – это один из методов статистической теории решений, метод, который может оказать помощь при выборе одного из нескольких вариантов. Он особенно полезен, когда необходимо установить, какая стратегия в наибольшей мере будет способствовать достижению целей [24].

По словам Н. Пола Лумбы: «Платеж представляет собой денежное вознаграждение или полезность, являющиеся следствием конкретной стратегии в сочетании с конкретными обстоятельствами. Если платежи представить в форме таблицы (или матрицы), мы получаем платежную матрицу» (таблица 2).

Таблица 2. Платежная матрица

<i>Вероятность той или иной погоды</i>	<i>Туман (0,1)</i>	<i>Ясная погода (0,9)</i>
Стратегия 1: Самолет	+ \$ 2000	+ \$ 4500
Стратегия 2: Поезд	+ \$ 3000	+ \$ 3000

Слова «в сочетании с конкретными обстоятельствами» очень важны, чтобы понять, когда можно использовать платежную матрицу и оценить, когда решение, принятое на ее основе, скорее всего будет надежным. В самом общем виде матрица означает, что платеж зависит от определенных событий, которые фактически свершаются. Если такое событие или состояние природы не случается на деле, платеж неизбежно будет иным.

В целом платежная матрица полезна, когда [15]:

- имеется разумно ограниченное число альтернатив или вариантов стратегии для выбора между ними;
- то, что может случиться, с полной определенностью не известно;
- результаты принятого решения зависят от того, какая именно выбрана альтернатива, и какие события в действительности имеют место.

Кроме того, необходимо располагать возможностью объективной оценки вероятности релевантных событий и расчета ожидаемого значения такой вероятности. Почти во всех случаях приходится оценивать вероятность или возможность события. Из предшествующего рассмотрения напомним, что вероятность варьирует от 1, когда событие определено произойдет, до 0, когда событие определено не произойдет. Вероятность можно определить объективно, как поступает игрок в рулетку, ставя на нечетные номера. Выбор ее значения может опираться на прошлые тенденции или субъективную оценку, которая исходит из опыта действий в подобных ситуациях.

Если вероятность не была принята в расчет, решение всегда будет соскальзывать в направлении наиболее оптимистических последствий. Например, если исходить из того, что инвесторы на удачной кинокартине могут иметь 500% на инвестированный капитал, а при вложении в торговую сеть – в самом благоприятном варианте всего 20%, то решение всегда должно быть в пользу кинопроизводства. Однако если взять в расчет, что вероятность большого успеха кинофильма весьма невысока, капиталовложения в магазины становятся более привлекательными, поскольку вероятность получения указанных 20% очень значительна. Если взять более простой пример, то выплаты при ставках в заезде на длинную дистанцию на скачках выше, поскольку выше вероятность, что не выиграешь вообще ничего.

Вероятность прямо влияет на определение ожидаемого значения – центральной концепции платежной матрицы. Ожидаемое значение альтернативы или варианта стратегии – это сумма

возможных значений, умноженных на соответствующие вероятности. К примеру, если вы считаете, что вложение средств (как стратегия действий) в киоск для торговли мороженым с вероятностью 0,5 обеспечит вам годовую прибыль 5000 долл., с вероятностью 0,2 – 10 000 долл. и с вероятностью 0,3 – 3000 долл., то ожидаемое значение составит:

$$5000 (0,5) + 10\ 000 (0,2) + 3000 (0,3) = 5400 \text{ долл.}$$

Определив ожидаемое значение каждой альтернативы, расположив результаты в виде матрицы, можно установить, какой выбор наиболее привлекателен при заданных критериях. Он будет, конечно, соответствовать наивысшему ожидаемому значению. Исследования показывают: когда установлены точные значения вероятности, методы дерева решений и платежной матрицы обеспечивают принятие более качественных решений, чем традиционные подходы [25].

Дерево решений

Дерево решений – еще один популярный метод науки управления, используемый для выбора наилучшего направления действий из имеющихся вариантов. «Дерево решений – это схематичное представление проблемы принятия решений». Как и платежная матрица, дерево решений дает возможность «учесть различные направления действий, соотнести с ними финансовые результаты, скорректировать их в соответствии с приписанной им вероятностью, а затем сравнить альтернативы». Концепция ожидаемого значения является неотъемлемой частью метода дерева решений.

Дерево решений – это полезный инструмент для принятия последовательных решений.

На рис. 9. проиллюстрировано применение метода дерева решений для разрешения проблемы, требующей определенной последовательности решений. Вице-президент по производству из компании, в настоящее время выпускающей электрические газонокосилки, считает, что расширяется рынок ручных косилок. Он должен решить, стоит ли переходить на производство ручных косилок, и если сделать это, – стоит или не стоит продолжать выпуск электрических газонокосилок. Производство косилок обоих типов потребует увеличения производственных мощностей. До принятия решения руководитель собрал релевантную информацию об ожидаемых выигрышах в случае тех или иных вариантов действий и о вероятности соответствующих событий.

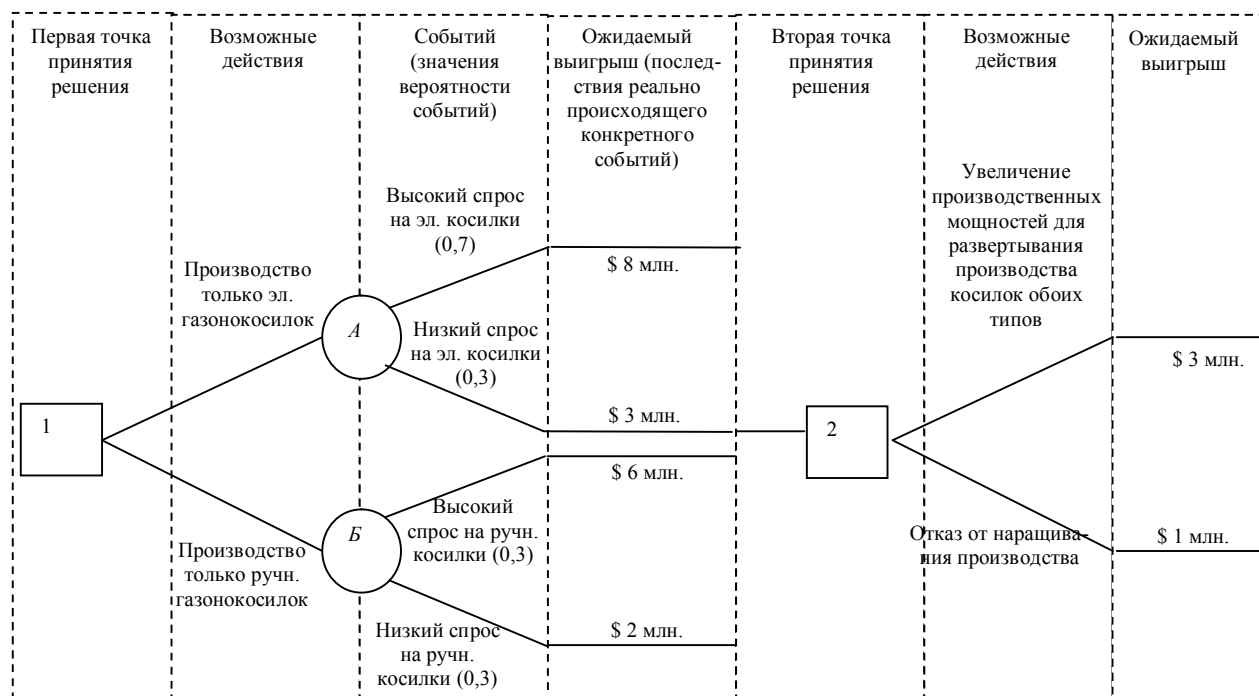


Рис. 9. Дерево решений

Используя дерево решений путем возврата от второй точки к началу, наиболее предпочтительное решение – наращивание производственных мощностей под выпуск косилок обоих типов. Это обусловлено ожидаемым выигрышем (3 млн. долл.), который превышает выигрыш (1 млн.

долл.) при отказе от такого наращивания, если в точке A будет низкий спрос на электрические косилки.

Руководитель продолжает двигаться назад к текущему моменту (первой точке принятия решений) и рассчитывает ожидаемые значения в случаях альтернативных действий – производства только электрических или только ручных косилок. Ожидаемое значение для варианта производства только электрических косилок составляет 6,5 млн. долл. ($0,7 \times 8$ млн. долл. + $0,3 \times 3$ млн. долл.). Подобным образом рассчитывается ожидаемое значение для варианта выпуска только ручных косилок, которое равно всего 4,4 млн. долл. Таким образом, наращивание производственных мощностей под выпуск косилок обоих типов является наиболее желательным решением, поскольку ожидаемый выигрыш здесь наибольший, если события пойдут, как предполагается [25].

Метод экспертных оценок

Метод экспертных оценок применяется в случаях, когда задача полностью или частично не поддается формализации и не может быть решена известными математическими методами. Экспертиза представляет собой исследование сложных специальных вопросов на стадии выработки управленческого решения лицами, обладающими специальными знаниями, опытом с целью получения выводов, мнений, рекомендаций, оценок. В ходе экспертных исследований используются новейшие достижения науки и техники по специальности эксперта. Задача эксперта состоит в том, чтобы, используя специальные знания в той или иной области, прошлый опыт и интуицию, применить общие законы и частные закономерности для разработки конкретных управленческих решений и обеспечить этим их оптимальность. Экспертное заключение оформляется в форме документа, в котором фиксируются ход исследования и его итоги. Введение содержит данные: кто, где, когда, в связи с чем организует и проводит экспертизу. Далее фиксируется объект экспертизы, указываются методы, примененные для его исследования, и полученные в результате исследования данные. В заключительной части содержатся выводы, рекомендации, практические меры, предлагаемые экспертами. Выводы могут иметь категорическую формулировку («да», «нет») и вероятностную (предположение). В роли экспертов, как правило, выступают опытные руководители, специалисты, приглашаемые со стороны, имеющие опыт и специальные знания в узкой области, владеющие методами исследования. Эксперт должен быть способен синтезировать информацию, объединить специальные знания и опыт, методы исследования со знанием особенностей исследуемого объекта и дать объективные квалифицированные рекомендации. Наиболее эффективно применение методов экспертных оценок в решении следующих задач управления производством [28]:

- Анализ сложных процессов, систем, явлений, ситуаций, характеризующихся в основном качественными, неформализуемыми характеристиками.
- Прогнозирование тенденций развития производственной системы и взаимодействия с ней внешней среды.
- Определение и ранжирование по заданному критерию наиболее существенных факторов, влияющих на функционирование и развитие производственной системы.
- Повышение эффективности математико-статистических и других формальных методов за счет более точного определения и оценки некоторых качественных аспектов, факторов, не поддающихся формализации.
- Повышение надежности оценки целевых функций, имеющих качественный или количественный характер, путем усреднения мнений высококвалифицированных специалистов.
- Выявление и оценка качественных и количественных критериев, необходимых для выбора управленческого решения.
- Оценка альтернативных вариантов решения и выделение некоторых наиболее предпочтительных вариантов.

Метод Делфи

Метод Делфи (по названию древнегреческого города Дельфы, известного жившими там мудрецами – предсказателями будущего) – многоуровневое анкетирование. Руководитель объявляет проблему и предоставляет подчиненным возможность формулирования альтернатив. Первый этап формулирования альтернатив проходит без аргументации, т.е. каждым из участников предлагается набор решений. После оценки эксперты предлагают подчиненным рассмотреть данный набор

альтернатив. На втором этапе сотрудники должны аргументировать свои предложения, варианты решения. После стабилизации оценок опрос прекращается и принимается предложенное экспертами или скорректированное наиболее оптимальное решение [40].

Метод «кингисе»

Метод «кингисе» – японская кольцевая система принятия решения, суть которой в том, что на рассмотрение готовится проект новации. Он передается для обсуждения лицам по списку, составленному руководителем. Каждый должен рассмотреть предлагаемый проект и дать свои замечания в письменном виде, после чего проводится совещание, на которое приглашаются сотрудники, чье мнение не совсем понятно, либо выходит за рамки обычного решения. Решения принимаются руководителем на основе экспертных оценок с помощью одного из следующих принципов [16].

- принципа большинства голосов;
- принципа диктатора – за основу берется мнение одного лица группы;
- принципа Курно – каждый эксперт предлагает свое решение; выбор не должен ущемлять интересов каждого в отдельности;
- принципа Парето – эксперты образуют единое целое, одну коалицию;
- принципа Эджворта – эксперты разбились на несколько групп, каждой из которых невыгодно отменять свое решение. Зная предпочтения коалиций, можно принять оптимальное решение, не нанося ущерба друг другу.

Таким образом, в практическом плане решения задач упорядочения проводится путем разумного сочетания формальных и неформальных подходов, методов и процедур. Неформальный характер носят формулирование целей, выбор группы критериев, выбор и основание наиболее предпочтительных решений. Формально-математические методы позволяют строить математическую модель, выбрать подходящий вычислительный метод и алгоритм решения поставленной задачи, обработку и анализ результатов расчета и т. д. Все это говорит о том, что искомые решения находятся с помощью человеко-машинных (диалоговых, интерактивных) методов, процедур и систем.

5. Современные технологий решения задач упорядочения

В настоящее время разнообразие технологий решения задач упорядочения обусловлено разнообразием областей, в которых требуется решение таких задачи, а также разнообразием методов и подходов к их решению.

Рассмотрим в качестве типичного примера проблемы разработки информационных систем, предназначенных для решения задачи составления расписания учебных занятий.

Изучение опыта создания подобных систем показывает, что в последние годы предпринимались многочисленные попытки совершенствования планирования учебного процесса путем построения алгоритмов оптимизации задач планирования учебной работы ВУЗа и последующей их реализацией на вычислительной технике. Такие исследования в разное время проводились и продолжают в некоторых вузах. Однако практическое внедрение планирования учебного процесса с использованием компьютерной техники имеет место лишь в немногих ВУЗах [6]. Анализ состояния этих разработок позволяет сделать следующие выводы:

- Разработка и внедрение вузами задач АСУ осуществляется в инициативном порядке и эти работы, как правило, направлены на решение отдельных проблем. Разобщенность групп исследователей и разработчиков привела к созданию множества систем, направленных на разработку алгоритмов и программ, рассчитанных на обслуживание только конкретного ВУЗа. Обычный поисковый запрос в интернете уже на первых страницах предлагает для скачивания или покупки следующий перечень систем:
 - «Ректор»;
 - *AscTimeTables*;
 - 1С: «ХроноГраф 3.0 Мастер»;
 - АСТРА (Автоматизированное Составление Расписания);

- «ЭКСПРЕСС-РАСПИСАНИЕ»;
 - «Ника-Люкс» и «Ника-Колледж»;
 - ASC Расписания;
 - «АРМ XXI»;
 - *Timetable*;
 - Университет;
 - *ScheduleBuilder*;
 - АРГО Дарвин;
 - «Составитель расписания»;
 - «Расписание ПРО»
 - и т. д.
- Многие системы возлагают на разработчика расписания всю ответственность за учет реальных требований. В частности, учет требований преподавателей, ограничений на количество проводимых занятий в день, в неделю – все эти и многие другие рутинные задачи в таких системах приходится решать человеку чаще всего наугад, методами перебора.
 - Имеющиеся программы не предполагают многопользовательский режим работы и не поддерживают весь необходимый электронный документооборот.
 - Почти не выполняется разработка типовых унифицированных элементов для создания единой автоматизированной системы управления высшей школой.
 - Имеющиеся программы имеют весьма неудобный интерфейс для ввода исходных данных и редактирования полученного расписания.

В связи с расширением работ по совершенствованию системы управления высшей школой путем создания и внедрения в вузах различных автоматизированных систем управления возникла необходимость в унифицировании средств составления учебного расписания на вычислительной технике. Для этого необходимо четко формализовать требования к расписанию и разработать соответствующее алгоритмическое обеспечение.

При разработке алгоритмов автоматизированного составления расписания занятий остро стоит проблема создания универсальных алгоритмов, учитывающих специфику условий каждой конкретной задачи. Такие алгоритмы должны быть достаточно «гибкими», т.е. без существенного их изменения можно было бы включать и исключать требования из системы требований к расписанию. Однако попытка решать задачу каким-либо одним единственным универсальным алгоритмом на данный момент не представляется возможной. Алгоритмы, позволяющие решать широкий класс задач, не дают той эффективности, которую обеспечивают более конкретные, адаптированные с учётом конкретных условий алгоритмы.

Для систем составления расписания занятий характерна сильная зависимость от специфики конкретных учебных заведений уже на уровне математических моделей и представления данных, что затрудняет использование типовых систем. Систему, созданную в одном ВУЗе, обычно без изменения и доработки невозможно эффективно использовать в другом. К тому же многие из них создавались достаточно давно и с их помощью невозможно эффективно решать поставленную задачу [6].

Для решения существующих проблем не только для систем решения задач составления расписания, но и вообще систем, позволяющих решать задачи упорядочения в различных прикладных областях, требуется построение гибкой и легко адаптируемой системы на основе новых принципов, с использованием современных компьютерных технологий. Необходима система, которая возьмет на себя как можно больше функций человека, чтобы минимизировать ручную обработку полученных результатов. Данные возможности должны осуществляться также без изменения исходного кода системы. Для покрытия наиболее типичных случаев необходимо создание библиотеки типовых постановок задач упорядочения, алгоритмов. Данная система должна иметь возможность дополнения и изменения существующей базы данных, базы знаний и пользовательского интерфейса. Всё это давало бы возможность задавать в каждом индивидуальном случае требования, отвечающие его условиям, и с помощью подбора и настройки подходящего алгоритма получать требуемое решение.

При анализе методов было выявлено, что метод моделирования является универсальным методом решения задач упорядочения любого типа и любой прикладной области. Поэтому целесообразно было бы рассмотреть существующий инструментарий моделирования (таблица 3-4¹), который может быть использован для решения задач упорядочения.

В качестве доминирующих базовых концепций формализации и структуризации в современных системах моделирования используются:

- для дискретного моделирования – системы, основанные на описании процессов (*process description*): процессно-транзактно-ориентированные системы моделирования блочного типа – (*Extend, Arena, ProModel, Witness, Taylor, Gpss/H-Proof, AutoMod, QUEST, SIMFACTORY II.5, SIMPLE++*, *eM-Plant*, и др.) На рынке информационных технологий этот класс систем моделирования наиболее представительный;
- системы, основанные на сетевых концептах (*network paradigms*). Сетевые парадигмы (сети Петри и их расширения), применяются при структуризации причинных связей и моделировании систем с параллельными процессами, служащие для стратификации и алгоритмизации динамики дискретных и дискретно-непрерывных систем (ARIS);
- сети кусочно-линейных агрегатов, автоматные схемы, моделирующие дискретные и непрерывно-дискретные системы;
- для систем, ориентированных на непрерывное моделирование – модели и методы системной динамики, – (*Powersim, Vensim, Dynamo, Stella, Ithink* и др.);
- динамические системы (*MATLAB*);
- агентное моделирование (*AnyLogic*);
- и другие.

В современной науке и технологии математическое моделирование усиливается, актуализируется проблемами, успехами других наук. Математическое моделирование реальных и нелинейных систем живой и неживой природы позволяет перекидывать мостики между нашими знаниями и реальными системами, процессами, в том числе и мыслительными.

Проблема моделирования состоит из трех задач [22]:

- построения модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей);
- исследования модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей);
- использования модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

¹Лычкина Н. Н. Современные технологии и решения имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений. – Петрозаводск, 2010.

Таблица 3. Обзор основных функций и областей применения систем моделирования

Пакет	Производитель	Основные новые функции	Области применения пакета
<i>AnyLogic</i>	<i>XJ Technologies</i>	Встроенная анимация и создание апплетов, оптимизатор <i>OptQuest</i> , более быстрый механизм, планирование экспериментов, просмотр системной динамики, связь с БД, <i>XML</i> , библиотеки	Стратегический менеджмент, производство, обслуживание, логистика, цепочки поставок, медицина, транспорт, <i>IT</i> управление, телекоммуникации, поддержка принятия решения, агентный подход
<i>Arena</i>	<i>Rockwell Software</i>	Несколько новых особенностей в областях интеграции данных, манипуляции данных, визуализации и мультипликации	Производство, цепочки поставок/логистика, управление бизнес-процессами, ВПК, медицина
<i>AutoMod</i>	<i>Brooks Automation</i>	Сложные модели позволяют Вам импортировать обычно используемые прототипы в новые модели, а так же позволяют многократное аналитическое моделирование включающее обработку данных различных подмоделей главной модели	Автомобильная, аэрокосмическая отрасли, моделирование аэропортов, транспортные системы, производство, складирование и сбыт
<i>eM-Plant</i>	<i>Tecnomatix Technologies Inc.</i>	Легкая настройка интерфейса, менеджер экспериментов, расширенная 3D анимация, интеграция с программами <i>Tecnomatix eMPOWER</i> , <i>XML</i> , <i>AutoCAD</i> , <i>SDX interfaces</i> , <i>layout oriented modeling</i>	Дискретное производство (автомобильная отрасль, электроника, судостроение, станкостроение, сборочные линии и т.д.), логистика, сбыт, консалтинг, симуляция бизнес-процессов, здравоохранение, банковский бизнес
<i>Extend Industry</i>	<i>Imagine That, Inc.</i>	Полностью интегрированный эволюционный оптимизатор, интерактивный отладчик исходных кодов, <i>COM/ActiveX</i> , навигатор в стиле Проводника, диаграммы Гантта, обмен данными в <i>web</i> , выполнение нескольких моделей	Системы массового обслуживания, включая сбытовую логистику, упаковочные линии, Моделирование крупномасштабных систем с большими нагрузками. и т.д. Включает внутреннюю реляционную базу данных и модуль для моделирования
<i>ProModel</i>	<i>ProModel Solutions</i>	графики Ганта, формат <i>xls</i> для загрузки внешних файлов, дополнительных функций	Производство и логистика, анализ отклонений, шесть сигм; проектирование и планирование портфеля; оценка мощностей, анализ затрат; моделирование циклических усовершенствований во времени; фармацевтика.
<i>QUEST</i>	<i>Delmia</i>	Расширенная 3D анимация. Интеграция с <i>CAD</i> , «спиральное» построение модели	Производство (автомобилестроение, авиастроение, космонавтика, электроника, судостроение)
<i>Witness</i>	<i>Lanner Group ltd</i>	Расширенная 3D анимация	Производство, оптимизация, планирование, календарное планирование, моделирование бизнес-процессов, ВУЗы,

Таблица 4. Обзор специфических характеристик систем моделирования

Пакет	Построение модели					
	Подгонка входного распределения	Поддержка анализа выходной информации	Поддержка анализа входной информации	Пакетный ввод и разработка эксперимента	Оптимизация	Передача готовой модели тем, у кого нет ПО для разработки собственной
<i>AnyLogic</i>	<i>Stat::Fit</i> поддерживает более 40 математических распределений	Сбор данных и статистическая обработка (отклонение от средней, вероятностные распределения и т.д.), представление (графики Ганта, гистограммы и т.д.)	Сбор данных и статистическая обработка (отклонение от средней, вероятностные распределения и т.д.), представление (графики Ганта, гистограммы и т.д.)	Поддерживаемые типы эксперимента: симуляция, оптимизация, Монте-Карло, анализ чувствительности, пользовательский алгоритмы	Встроенный механизм <i>OptQuest</i> может работать как с классическими, так и очень объёмными задачами, включая структурную оптимизацию	Сбор данных и статистическая обработка (отклонение от средней, вероятностные распределения и т.д.), представление (графики Ганта, гистограммы и т.д.)
<i>Arena</i>	–	<i>Output Analazer</i> (отклонение от средней, <i>Anova</i> , гистограммы, графики)	<i>Output Analazer</i> (отклонение от средней, <i>Anova</i> , гистограммы, графики)	–	–	<i>Output Analazer</i> (отклонение от средней, <i>Anova</i> , гистограммы, графики)
<i>AutoMod</i>	С использованием <i>ExpertFit</i>	Модуль <i>AutoStat</i> обеспечивает увеличенный статистический анализ в течение всей фазы экспериментирования над моделируемым объектом	Модуль <i>AutoStat</i> обеспечивает увеличенный статистический анализ в течение всей фазы экспериментирования над моделируемым объектом	Пакетный ввод при использовании <i>AutoStat</i> ; <i>AutoMod</i> позволяет планировать эксперимент	Оптимизация основана на алгоритме эволюционной стратегии	Модуль <i>AutoStat</i> обеспечивает увеличенный статистический анализ в течение всей фазы экспериментирования над моделируемым объектом
<i>eM-Plant</i>	Включен Стандартный инструмент анализа данных (<i>DataFit</i>)	Стандартный включенный инструмент анализа данных <i>DataFit</i> (Доверительный интервал, средние и т.д.)	Стандартный включенный инструмент анализа данных <i>DataFit</i> (Доверительный интервал, средние и т.д.)	Система управления экспериментом, поддержка пакетного режима работы, расчет доверительных интервалов, нейронные сети	Генетические алгоритмы, нейронные сети	Стандартный включенный инструмент анализа данных <i>DataFit</i> (Доверительный интервал, средние и т.д.)
<i>Extend Industry</i>	–	Доверительные интервалы и т.д.	Доверительные интервалы и т.д.	Автоматическое выполнение различных сценариев, поддерживаемых системой	Эволюционный оптимизатор с открытым кодом включен во все версии <i>Extend</i>	Доверительные интервалы и т.д.

<i>ProModel</i>	Определенные пользователем распределения, 15 предопределенных распределений, плюс распределения поставляемые с <i>Stat::Fit</i> (включенное программное обеспечение)	Полный анализ выходных данных, использование диаграмм; также экспорт в <i>Excel</i> и <i>Access</i> для последующего анализа	Полный анализ выходных данных, использование диаграмм; также экспорт в <i>Excel</i> и <i>Access</i> для последующего анализа	<i>Unlimited scenarios can be predefined to experiment on parameters</i>	Доступна оптимизация с использованием <i>OptQuest</i> и/или <i>SimRunner</i>	Полный анализ выходных данных, использование диаграмм; также экспорт в <i>Excel</i> и <i>Access</i> для последующего анализа
<i>QUEST</i>	–	Осуществляет комбинированный анализ, стохастический анализ совместных вероятностей всех событий	Осуществляет комбинированный анализ, стохастический анализ совместных вероятностей всех событий	–	–	Осуществляет комбинированный анализ, стохастический анализ совместных вероятностей всех событий
<i>Witness</i>	Содержит около 10 математических распределений. Помимо этого возможно программирование собственного распределения	–	–	–	Специальный модуль <i>WITNESS Optimizer</i>	–

Заключение

В результате проведенных исследований постановки задачи упорядочения, типов задач, методов их решения было выявлено следующее:

- Задача упорядочения охватывает практически все сфера человеческой деятельности.
- Существуют разные формы представления результатов решения задачи упорядочения и довольно широк выбор терминов, определяющих одни и те же понятия.
- Все задачи упорядочения объединяет общая структура:
 - множество объектов;
 - специфические свойства объектов, условия и ограничения, накладываемые на отношения между объектами множества, за счет чего объекты образуют некоторую иерархию (структуру);
 - цели, согласно которой происходит выбор решения из множества альтернативных.
- В задаче упорядочения можно выделить две составляющие: общую, характеризующую особенности присущие всем задачам – множество объектов, которые организуются в структуру (план, расписание, стратегия) и частную составляющую – особенности, отражающие предметную специфику (ограничения и условия, накладываемые на отношения между объектами множеств, а также требования к результату, иными словами цели).
- Трудности получения и практического использования научных результатов в значительной степени обусловлены разнообразием ограничений, встречающихся в конкретных ситуациях, что приводит к неизбежной идеализации исследуемых систем.
- Корректная постановка задачи и построение ее модели – основное условие успешного подбора метода и получения решения. В настоящее время разработано большое число моделей и методов решения различных классов задач упорядочения, поэтому при составлении модели любой задачи возникают проблемы идентификации:
 - можно ли использовать известную модель для формализации данной задачи?
 - если нет, то в какой мере требуется переработка (подгонка) соответствующей модели?
- Предполагается идентифицировать модели и методы решения задачи по схеме представленной ниже на рис. 10.
- Для разработки системы решения задач упорядочения в различных прикладных областях требуется построение гибкой и легко адаптируемой системы на основе новых принципов, с использованием современных компьютерных технологий.
- Система должна взять на себя как можно больше функций человека, чтобы минимизировать ручную обработку получившихся результатов. Данные возможности должны осуществляться также без изменения исходного кода системы.
- Для покрытия наиболее типичных случаев необходимо создание библиотеки типовых постановок задач упорядочения, алгоритмов. Данная система должна иметь возможность дополнения и изменения существующих базы данных, базы знаний и пользовательского интерфейса. Что позволит задавать в каждом индивидуальном случае требования, отвечающие его условиям, и с помощью подбора и настройки подходящего алгоритма получать требуемое решение.
- Технология решения задач упорядочения при наличии большого количества альтернатив и факторов, которые потенциально определяют приоритеты решений, должна предполагать обоснованный и понятный способ разбиения на группы и рейтингования возможных решений не только напрямую, но и путем «усреднения», «взвешивания» имеющихся мнений, а также учета не только количественных требований, но и качественных, что чрезвычайно важно для экономики, политики, управления, социальной сферы.

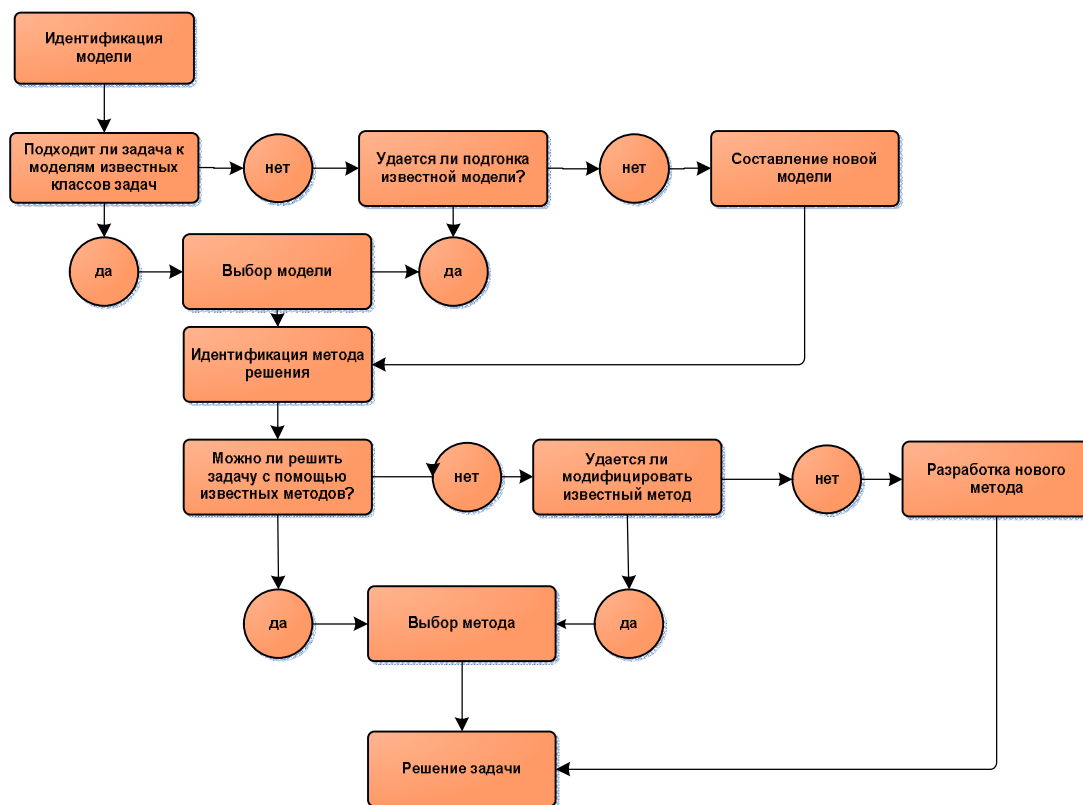


Рис. 10. Схема идентификации модели и метода решения задачи упорядочения

Список литературы

1. Алексеев П. В., Панин А. В. Философия: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ТК Велби, «Проспект», 2003. – С. 608.
2. Алесинская Т. В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления: учебное пособие. – Таганрог: ТРТУ, 2005.
3. Анисов А. М. Свойства времени // Логические исследования. – М.: Наука, 2001. – Вып. 8.
4. Арбузов П. В. Основы высшей математики для юристов: учебное пособие. – М.: ЦОКР МВД России, 2009. – С. 264.
5. Баранов О. С. Идеографический словарь русского языка. – Москва: ЭТС, 1995. – С. 820.
6. Бартенев А. С. Обзор основных вопросов автоматизированного составления расписания занятий в высшем учебном заведении. // Современные научные исследования и инновации. – Сентябрь, 2011. – [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/09/2576>.
7. Большая советская энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1969-1978.
8. Вавилов В. А. Исследование операций. – [Электронный ресурс] URL: <http://fmi.asf.ru/Library/Book/OperReserch>.
9. Воронин А. В. Дискретная математика: учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2009. – С. 116.
10. Громов Ю. Ю. Системный анализ в информационных технологиях: учебное пособие. – М., 2004.
11. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование: курс лекций. – М.: Высш. шк., 2007. – С. 316.
12. Гусейханов М. К., Раджабов О. Р. Концепции современного естествознания. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Дашков и К°, 2007. – С. 540.
13. Завершинская Н. А. Культурные ресурсы конструирования социального порядка // Векторы развития культуры на грани тысячелетий. – 2001. – С. 136-145.
14. Замятина О. М. Компьютерное моделирование: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2007. – С. 121.
15. Злобина Н. В. Управленческие решения: учебное пособие. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 2007. – С. 80.
16. Кабушкин Н. И., Бондаренко Г. А. Менеджмент гостиниц и ресторанов: учебное пособие. – 2-е изд. – Мн.: Новое знание, 2001. – С. 216.
17. Казиев В. М. Введение в системный анализ и моделирование, 2001. – С. 70.
18. Ковалев М. Я. Исследование операций: курс лекций. – Минск, 2004. – С. 46.
19. Кудашов В. И. Философия: курс лекций для слушателей факультета заочного обучения. – Красноярск: Сибирский юридический институт МВД России, 2001. – С. 205.
20. Лебедев А. А. Порядок в природе и в обществе / Современные проблемы гуманитарных и естественных наук: материалы конференции молодых ученых (Иркутск, 1-4 марта 2011 г.). – Иркутск: ИГЛУ. – 2011.
21. Лемешко Б. Ю. Теория игр и исследование операций: конспект лекций. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – С. 130.
22. Лычкина Н. Н. Современные технологии и решения имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений. – Петрозаводск, 2010.
23. Майоров В. Г. Метод анализа иерархий как инструмент обоснования принятых решений // сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Регионы России: проблемы инновационного развития и управления», посвященной 80-летию МЭСИ. – Смоленск, 2012.

24. Маслов Б. Г. Математическое моделирование процесса принятия решений в оценочной деятельности // Управленческий учет. – 2011. – № 10. – С. 44-50.
25. Мескон М. Х. Основы менеджмента. Пер. с англ. и ред. О. И. Медведь. – М.: Вильямс, 2012. – С. 672.
26. Мухаев Р. Т. Социология: учебник для вузов. – М.: Книга сервис, 2003. – С. 320.
27. Новейший философский словарь. – Минск: В. М. Скакун, 1998. – С. 896.
28. Пирогова Е. В. Управленческие решения: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2010.
29. Разумов В. Ф. Курс лекций по синергетике. Часть 1: ИПХФ РАН, – Черногловка, 2002. – С. 128.
30. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – С. 278.
31. Сабиров А. Г. Философия социально-гуманитарных наук: учебно-методическое пособие для аспирантов и соискателей нефилософских спец. – Елабуга: ЕГПУ, 2006. – С. 55.
32. Саркисян Р. Е. Математические задачи исследования операций. Часть 1: «Менеджмент организации», «Управление персоналом», «Компьютерная безопасность». – М.: МИИТ, 2010.
33. Словарь русского языка: В 4-х т. / РАН, Ин-т лингвистич. исследований; Под ред. А. П. Евгеньевой. – 4-е изд., стер. – М.: Рус. яз.; Полиграфресурсы, 1999.
34. Словарь синонимов русского языка: В 2 т. / АН СССР, Институт русского языка; Под ред. А. П. Евгеньевой. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1970.
35. Философский энциклопедический словарь. Гл. редакция: Л. Ф. Ильичёв, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалёв, В. Г. Панов. – М.: Советская энциклопедия, 1983.
36. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.
37. Цыганкова С. А., Литвинова О.Н. Экономико-математические методы и модели. Теоретические аспекты экономико-математического моделирования, ч. 1: учеб. пособие для студентов экономических специальностей. ГУ «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко». – Луганск: 2011 – С. 175.
38. Шашков Н. И. Философия: конспект лекций / Шашков Н. И., Ерохина Л. Д., Шендерецка А. П., Смагин В. П., Сырод Н. С., Соколюк. – М.: Республика, 2006. – С. 277.
39. Щедровицкий Г. П. «Естественное» и «искусственное» в социотехнических системах // Вопросы методологии. – 1992. – № 1-2. – С. 3-11.
40. Яретенко Н. И. Исследование операций. Курс лекций с примерами решения задач. – Мурманск, 2010. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.twirpx.com/file/499563/>.