

Лекционный материал по дисциплине
(заполняется по каждому виду учебного материала)

ДИСЦИПИНА Системный анализ данных в СППР
(полное наименование дисциплины без сокращений)

ИНСТИТУТ ИТ

КАФЕДРА Вычислительной техники
полное наименование кафедры

ВИД УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА Лекция
(в соответствии с пп.1-11)

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ Сорокин А.Б.
(фамилия, имя, отчество)

СЕМЕСТР пятый
(указать семестр обучения, учебный год)

3. ЛЕКЦИЯ. СИСТЕМА И ЕЕ СВОЙСТВА

И так мы поняли, что, термин «система» употребляется в различных науках. Соответственно, разных ситуациях применяются различные определения системы: от философских до формальных. Исходя, из перечисленных определений (в основном будет рассматриваться кибернетический подход) выделяются характерные системные свойства, которые делятся на три группы: статические, динамические и синтетические.

Статические свойства систем

Статическими свойствами называются особенности некоторого состояния системы. Это-то чем обладает система в любой фиксированный момент времени.

Целостность. Всякая система выступает как нечто единое, целое, обособленное, отличающееся от всего остального. Это свойство называется целостностью системы. Оно позволяет разделить весь мир на две части: систему и окружающую среду.

Открытость. Выделяемая, отличаемая от всего остального система не изолирована от окружающей среды. Наоборот, они связаны и обмениваются различными видами ресурсов (веществом, энергией, информацией и т.д.). Эта особенность обозначается термином «открытость».

Связи системы со средой носят направленный характер: по одним среда влияет на систему (входы системы), по другим система оказывает влияние на среду, что-то делает в среде, что-то выдаёт в среду (выходы системы). Описание входов и выходов системы называется моделью чёрного ящика (рис.1).

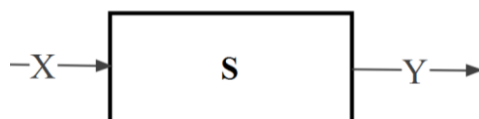


Рис. 1. Кибернетическое представление системы

В такой модели отсутствует информация о внутренних особенностях системы. Несмотря на кажущуюся простоту, такой модели зачастую вполне достаточно для работы с системой. Во многих случаях при управлении техникой или людьми информация только о входах и выходах системы позволяет успешно достигать цели. Однако для этого модель должна отвечать определённым требованиям.

Например, пользователь может испытывать затруднения, если не будет знать, что в некоторых моделях телевизоров кнопку включения нужно не нажимать, а вытягивать. Поэтому для успешного управления модель должна содержать всю информацию, необходимую для достижения цели. При попытке

удовлетворить это требование может возникнуть четыре типа ошибок, которые проистекают из того, что модель всегда содержит конечное число связей, тогда как у реальной системы количество связей неограниченно.

Ошибка первого рода возникает в том случае, когда субъект ошибочно рассматривает связь как существенную и принимает решение о её включении в модель. Это приводит к появлению в модели лишних, ненужных элементов.

Ошибка второго рода, напротив, совершается тогда, когда принимается решение об исключении из модели якобы несущественной связи, без которой, на самом деле, достижение цели затруднено или вообще невозможно.

Ответ на вопрос о том, какая из ошибок хуже, зависит от контекста, в котором он задаётся. Понятно, что использование модели, содержащей ошибку, неизбежно ведёт к потерям. Потери могут быть небольшими, приемлемыми, нетерпимыми и недопустимыми. Урон, наносимый ошибкой первого рода связан с тем, что информация, внесённая ею, лишняя. При работе с такой моделью придётся тратить ресурсы на фиксацию и обработку лишней информации, например, тратить на неё память ЭВМ и время обработки. На качестве решения — это, возможно, и не скажется, а на стоимости и своевременности скажется обязательно. Потери от ошибки второго рода — урон от того, что информации для полного достижения цели не хватит, цель не может быть достигнута в полной мере.

Теперь ясно, что хуже та ошибка, потери от которой больше, а это зависит от конкретных обстоятельств. Например, если время является критическим фактором, то ошибка первого рода становится гораздо более опасной, чем ошибка второго рода: вовремя принятое, пусть не наилучшее, решение предпочтительнее оптимального, но запоздавшего.

Ошибкой третьего рода принято считать последствия незнания. Для того, чтобы оценивать существенность некоторой связи, нужно знать, что она вообще есть. Если это неизвестно, то вопрос о включении связи в модель вообще не стоит. В том случае, если такая связь несущественна, то на практике её наличие в реальности и отсутствие в модели будет незаметно. Если же связь существенна, то возникнут трудности, аналогичные трудностям при ошибке второго рода. Разница состоит в том, что ошибку третьего рода сложнее исправить: для этого необходимо добывать новые знания.

Ошибка четвёртого рода возникает при ошибочном отнесении известной существенной связи к числу входов или выходов системы. Например, точно установлено, что в Англии 19-го века здоровье мужчин, носящих цилиндры, значительно превосходило здоровье мужчин, носящих кепки. Навряд ли из этого

следует, что вид головного убора можно рассматривать как вход для системы прогнозирования состояния здоровья.

Внутренняя неоднородность систем, различимость частей. Если заглянуть внутрь «чёрного ящика», то выяснится, что система неоднородна, не монолитна. Можно обнаружить, что различные качества в разных частях системы отличаются. Описание внутренней неоднородности системы сводится к обособлению относительно однородных участков, проведению границ между ними. Так появляется понятие о частях системы. При более детальном рассмотрении оказывается, что выделенные крупные части тоже неоднородны, что требует выделять ещё более мелкие части. В результате получается иерархическое описание частей системы, которое называется моделью состава.

Информация о составе системы может использоваться для работы с системой. Цели взаимодействия с системой могут быть различными, в связи с чем могут различаться и модели состава одной и той же системы. На первый взгляд различить части системы нетрудно, они «бросаются в глаза». В некоторых системах части возникают произвольно, в процессе естественного роста и развития (организмы, социумы и т.д.). Искусственные системы заведомо собираются из заранее известных частей (механизмы, здания и т.д.). Есть и смешанные типы систем, такие как заповедники, сельскохозяйственные системы. С другой стороны, с точки зрения ректора, студента, бухгалтера и хозяйственника университет состоит из разных частей. Самолёт состоит из разных частей с точки зрения пилота, стюардессы, пассажира. Трудности создания модели состава можно представить тремя положениями.

Во-первых, целое можно делить на часть по-разному. При этом способ деления определяется поставленной целью. Например, состав автомобиля по разному представляют начинающим автолюбителям, будущим профессиональным водителям, слесарям, готовящимся к работе в автосервисе, продавцам в автомагазинах. Естественно задать вопрос о том, существуют ли части системы «на самом деле»? Ответ содержится в формулировке рассматриваемого свойства: речь идёт о различимости, а не о разделимости частей. Можно различать нужные для достижения цели части системы, но нельзя разделять их.

Во-вторых, количество частей в модели состава зависит и от того, на каком уровне остановить дробление системы. Части на конечных ветвях получающегося иерархического дерева называются элементами. В различных обстоятельствах прекращение декомпозиции производится на разных уровнях. Например, при описании предстоящих работ приходится давать опытному

работнику и новичку инструкции разной степени подробности. Таким образом, модель состава зависит от того, что считать элементарным. Встречаются случаи, когда элемент имеет природный, абсолютный характер (клетка, индивид, фонема, электрон).

В-третьих, любая система является частью большей системы, а иногда и нескольких систем сразу. Таковую метасистему также можно делить на подсистемы по-разному. Это означает, что внешняя граница системы имеет относительный, условный характер. Определение границ системы производится с учётом целей субъекта, который будет использовать модель системы.

Структурированность. Свойство структурированности заключается в том, что части системы не изолированы, не независимы друг от друга; они связаны между собой, взаимодействуют друг с другом. При этом свойства системы существенно зависят от того, как именно взаимодействуют её части. Поэтому так часто важна информация о связях элементов системы. Перечень существенных связей между элементами системы называется моделью структуры системы. Наделённость любой системы определённой структурой и называется структурированностью.

Понятие структурированности дальше углубляет представление о целостности системы: связи как бы скрепляют части, удерживают их как целое. Целотность, отмеченная ранее как внешнее свойство, получает подкрепляющее объяснение изнутри системы – через структуру.

При построении модели структуры также встречаются определённые трудности.

Первая из них связана с тем, что модель структуры определяется после того, как выбирается модель состава, и зависит от того, каков именно состав системы. Но даже при фиксированном составе модель структуры вариабельно (изменчиво). Связано это с возможностью по-разному определить существенность связей.

Например, современному менеджеру рекомендуется наряду с формальной структурой его организации учитывать существование неформальных отношений между работниками, которые тоже влияют на функционирование организации.

Вторая трудность проистекает из того, что каждый элемент системы, в свою очередь, представляет собой «маленький чёрный ящик». Так что все четыре типа ошибок возможны при определении входов и выходов каждого элемента, включаемого в модель структуры.

Динамические свойства систем

Если рассмотреть состояние системы в новый момент времени, то вновь можно обнаружить все четыре статических свойства. Но если наложить «фотографии» системы в разные моменты времени друг на друга, то обнаружится, что они отличаются в деталях: за время между двумя моментами наблюдения произошли какие-то изменения в системе и её окружении. Такие изменения могут быть важными при работе с системой, и, следовательно, должны быть отображены в описаниях системы и учтены при работе с ней. Особенности изменений со временем внутри системы и вне её и называются динамическими свойствами системы. Обычно различаются четыре динамических свойства системы.

Функциональность. Процессы $Y(t)$, происходящие на выходах системы, рассматриваются как её функции. Функции системы – это её поведение во внешней среде, результаты её деятельности, продукция, производимая системой.

Из множественности выходов вытекает множественность функций, каждая из которых может быть кем-то и для чего-то использована. Поэтому одна и та же система может служить для разных целей. Субъект, использующий систему в своих целях, будет, естественно, оценивать её функции и упорядочивать их по отношению к своим потребностям. Так появляются понятия главной, второстепенной, нейтральной, нежелательной, лишней функции и т.д.

Стимулируемость. На входах системы также происходят определённые процессы $X(t)$, воздействующие на систему и превращающиеся после ряда преобразований в системе в $Y(t)$. Воздействия $X(t)$ называются стимулами, а сама подверженность любой системы воздействию извне и изменение её поведения под этими воздействиями – стимулируемостью.

Изменчивость системы со временем. В любой системе происходят изменения, которые необходимо учитывать. В терминах модели системы можно сказать, что изменяться могут значения внутренних переменных (параметров) $Z(t)$, состав и структура системы и любые их комбинации. Характер этих изменений тоже может быть различным. Поэтому могут рассматриваться дальнейшие классификации изменений.

Самая очевидная классификация – по скорости изменений (медленные, быстрые. Скорость изменений измеряется относительно какой-либо скорости, взятой за стандарт. Возможно введение большого количества градаций скоростей. Возможна также классификация тенденций перемен в системе, касающихся её структуры и состава.

Можно говорить о таких изменениях, которые не затрагивают структуры системы: одни элементы заменяются другим, эквивалентными; параметры $Z(t)$ могут меняться без изменения структуры. Такой тип динамики системы называют её функционированием. Изменения могут носить количественный характер: происходит наращивание состава системы, и хотя при этом автоматически меняется и её структура, это до некоторого момента не сказывается на свойствах системы (например, расширение мусорной свалки). Такие изменения называются ростом системы. При качественных изменениях системы происходит изменение её существенных свойств. Если такие изменения идут в позитивном направлении, они называются развитием. С теми же ресурсами развитая система добивается более высоких результатов, могут появиться новые позитивные качества (функции). Это связано с повышением уровня системности, организованности системы.

Рост происходит в основном за счёт потребления материальных ресурсов, развитие – за счёт усвоения и использования информации. Рост и развитие могут идти одновременно, но не обязательно они связаны между собой. Рост всегда ограничен (в силу ограниченности материальных ресурсов), а развитие извне не ограничено, поскольку информация о внешней среде неисчерпаема. Развитие есть результат обучения, однако обучение нельзя осуществить вместо обучаемого. Поэтому существует внутреннее ограничение на развитие. Если система «не желает» обучаться, она не сможет и не будет развиваться.

Кроме процессов роста и развития в системе могут происходить и обратные процессы. Обратные росту изменения называют спадом, сокращением, уменьшением. Обратное развитию изменение называют деградацией, утратой или ослаблением полезных свойств.

Рассмотренные изменения являются монотонными, то есть они направлены «в одну сторону». Очевидно, что монотонные изменения не могут длиться вечно. В истории любой системы можно выделить периоды спада и подъёма, стабильности и неустойчивости, последовательность которых образует индивидуальный жизненный цикл системы.

Можно использовать и другие классификации процессов, происходящих в системе: по предсказуемости процессы делятся на случайные и детерминированные; по типу зависимости от времени процессы делятся на монотонные, периодические, гармонические, импульсные и т.д.

Существование в изменяющейся среде. Изменяется не только данная система, но и все остальные. Для рассматриваемой системы это выглядит как непрерывное изменение окружающей среды. Это обстоятельство имеет

множество последствий для самой системы, которая должна приспосабливаться к новым условиям для того, чтобы не погибнуть. При рассмотрении конкретной системы обычно уделяют внимание особенностям той или иной реакции системы, например, скорости реакции. Если рассматривать системы, хранящие информацию (книги, магнитные носители), то скорость реакции на изменения внешней среды должна быть минимальной для обеспечения сохранения информации. С другой стороны, скорость реакции системы управления должна во много раз превосходить скорость изменения окружающей среды, так как система должна выбрать управляющее воздействие ещё до того, как состояние окружающей среды необратимо изменится.

Синтетические свойства систем

К синтетическим свойствам относятся обобщающие, интегральные, собирательные свойства, описывающие взаимодействия системы со средой и учитывающие целостность в самом общем понимании.

Эмерджентность. Объединение элементов в систему приводит к появлению качественно новых свойств, не выводящихся из свойств частей, присущих только самой системе и существующих только до тех пор, пока система составляет одно целое. Подобные качества системы называются эмерджентными (от англ. «возникать»).

Примеры эмерджентных свойств можно найти в различных областях. **Например,** ни одна из частей самолёта летать не может, а самолёт, тем не менее, летает. Свойства воды, многие из которых до конца не изучены, не вытекают из свойств водорода и кислорода.

Пусть имеются два чёрных ящика, каждый из которых обладает одним входом, одним выходом и производит одну операцию - к числу на входе прибавляет единицу. При соединении таких элементов по схеме, приведённой на рисунке, получим систему без входов, но с двумя выходами. На каждом такте работы система будет выдавать большее число, при этом на одном входе будут появляться только чётные, а на другом – только нечётные числа.

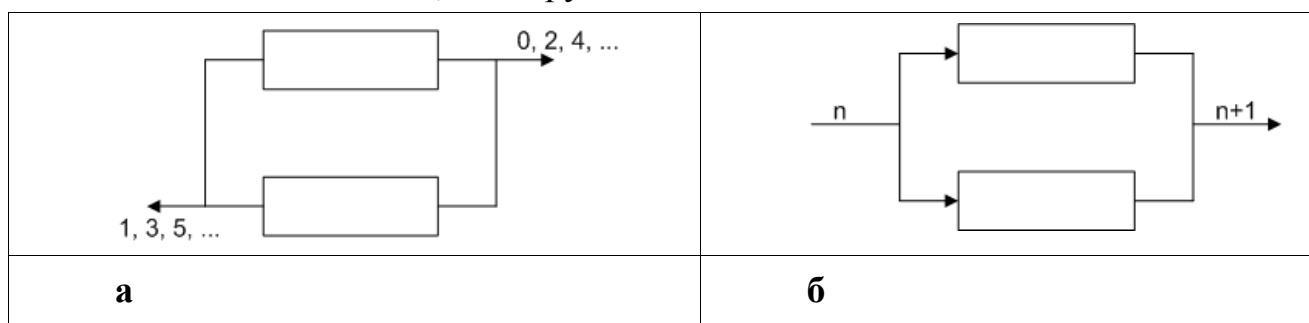


Рис.2. Соединение элементов системы: а) система с двумя выходами;
б) параллельное соединение элементов

Эмерджентные свойства системы определяются её структурой. Это значит, что при различных соединениях элементов будут возникать различные эмерджентные свойства. Например, если соединить элементы параллельно, то функционально новая система не будет отличаться от одного элемента. Эмерджентность проявится в повышении надёжности системы за счёт параллельного соединения двух одинаковых элементов — то есть за счёт избыточности.

Следует отметить важный случай, когда элементы системы обладают всеми её свойствами. Такая ситуация характерна для фрактального построения системы. При этом принципы структурирования частей те же, что и у системы в целом. Примером фрактальной системы может служить организация, в которой управление построено тождественно на всех уровнях иерархии.

Неразделимость на части. Это свойство является, фактически, следствием эмерджентности. Оно подчёркивается особо из-за того, что его практическая важность велика, а недооценка встречается очень часто.

При изъятии из системы части происходит два важных события.

Во-первых, при этом изменяется состав системы, а значит и её структура. Это будет уже другая система с отличающимися свойствами.

Во-вторых, элемент, изъятый из системы, будет вести себя по другому в силу того, что изменится его окружение. Всё это говорит о том, при рассмотрении элемента отдельно от остальной системы следует соблюдать осторожность.

Ингерентность. (от англ. *inherent* — «являющийся частью чего-либо»). Система тем более ингерентна, чем лучше она согласована, приспособлена к окружающей среде, совместима с ней. Степень ингерентности бывает разной и может изменяться. Целесообразность рассмотрения ингерентности как одного из свойств системы связана с тем, что от неё зависят степень и качество осуществления системой избранной функции. В естественных системах ингерентность повышается путём естественного отбора. В искусственных системах ингерентность должна быть особой заботой конструктора.

В ряде случаев ингерентность обеспечивается с помощью промежуточных, посреднических систем. В качестве примеров можно привести адаптеры для использования зарубежных электроприборов совместно с розетками советского образца; промежуточное программное обеспечение (например, технология COM), позволяющая двум программам разных производителей обмениваться данными между собой.

COM (англ. *Component Object Model* — объектная модель компонентов) — это технологический стандарт от компании *Microsoft*, предназначенный для

создания программного обеспечения на основе взаимодействующих компонентов, каждый из которых может использоваться во многих программах одновременно.

Целесообразность. В создаваемых человеком системах подчинённость и структуры, и состава достижению поставленной цели настолько очевидна, что может быть признана фундаментальным свойством любой искусственной системы. Это свойство называется целесообразностью. Цель, ради которой создаётся система, определяет, какое эмерджентное свойство будет обеспечивать достижение цели, а это, в свою очередь, диктует выбор структуры и состава системы. Для того, чтобы распространить понятие целесообразности и на естественные системы, необходимо уточнить понятие цели. Уточнение проводится на примере искусственной системы.

История любой искусственной системы начинается в некоторый момент времени 0, когда существующее значение вектора состояния Y_0 оказывается неудовлетворительным, то есть возникает проблемная ситуация.

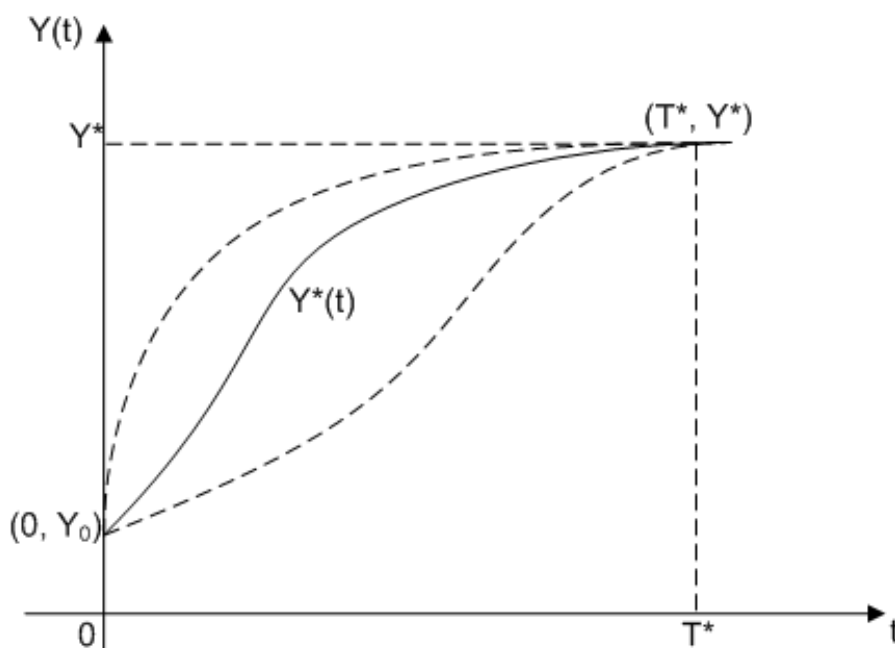


Рис.3. Цель системы и траектория достижения цели

Субъект недоволен этим состоянием и хотел бы его изменить. Пусть его удовлетворило бы значения вектора состояния Y^* . Это есть первое определение цели. Далее обнаруживается, что Y^* не существует сейчас и не может в силу ряда причин быть достигнутым в ближайшем будущем. Второй шаг в определении цели состоит в признании её желательным будущим состоянием. Тут же выясняется, что будущее не ограничено. Третий шаг в уточнении понятия цели состоит в оценке времени T^* , когда желаемое состояние Y^* может быть достигнуто в заданных условиях. Теперь цель становится двумерной, это точка

(T^*, Y^*) на графике. Задача состоит в том, чтобы перейти из точки $(0, Y_0)$ в точку (T^*, Y^*) . Но оказывается, что пройти этот путь можно по разным траекториям, а реализована может быть только одна из них. Пусть выбор выпал на траекторию $Y^*(t)$. Таким образом, под целью теперь понимается не только конечное состояние (T^*, Y^*) , но и вся траектория $Y^*(t)$ («промежуточные цели», «план»). Итак, цель есть желаемые будущие состояния $Y^*(t)$. По прошествии времени T^* состояние Y^* становится реальным. Поэтому появляется возможность определить цель как будущее реальное состояние. Это даёт возможность сказать, что свойством целесообразности обладают и естественные системы, что позволяет с единых позиций подходить к описанию систем любой природы. Основное же различие между естественными и искусственными системами состоит в том, что естественные системы, подчиняясь законам природы, реализуют объективные цели, а искусственные системы создаются для реализации субъективных целей.

Понятия, характеризующие строение системы.

Цель. Таким образом, понятие «цель» и связанные с ним понятия «целесообразность» и «целенаправленность» лежат в основе развития системы.

Изучению этих понятий большое внимание уделяется в философии, психологии, кибернетике.

Процесс целеобразования и соответствующий ему процесс обоснования целей в организационных системах весьма сложен. На протяжении всего периода развития философии и теории познания происходило развитие представлений о цели.

Анализ определений цели и связанных с ней понятий показывает, что в зависимости от стадии познания объекта, этапа системного анализа, в понятие «цель» вкладывают различные оттенки (рис. 4) — от идеальных устремлений (цель — «выражение активности сознания»; «человек и социальные системы вправе формулировать цели, достижение которых, как им заведомо известно, невозможно, но к которым можно непрерывно приближаться»), до конкретных целей — конечных результатов, достижимых в пределах некоторого интервала времени, формулируемых иногда даже в терминах конечного продукта деятельности.

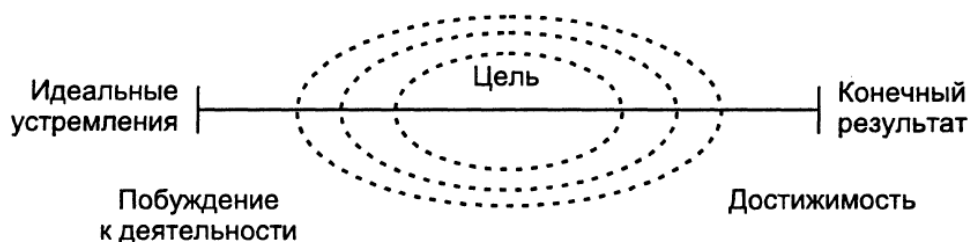


Рис.4. Понятие цели

В некоторых определениях цель как бы трансформируется, принимая различные оттенки в пределах условной «шкалы» — от идеальных устремлений к материальному воплощению, конечному результату деятельности.

Например, М. Г. Макаров, наряду с приведенным выше определением, целью называет «то, к чему стремится, чему поклоняется и за что борется человек» («борется» подразумевает достижимость в определенном интервале времени); Л. А. Растрин и П. С. Граве [30, 70], под целью понимают «модель желаемого будущего» (при этом в понятие «модель» можно вкладывать различные оттенки реализуемости) и, кроме того, вводится понятие, характеризующее разновидность цели, и кроме того, вводят понятие «мечта» — это цель, не обеспеченная средствами ее достижения» [30]. Противоречие, заключенное в понятии «цель» — необходимость быть побуждением к действию «опережающим отражением» (термин введен П. К. Анохиным), или «опережающей идеей», и одновременно материальным воплощением этой идеи, т.е. быть достижимой, — проявлялось с момента возникновения этого понятия: так, древнеиндийское понятие «артха» включало в себя одновременно значения терминов «мотив», «причина», «желание», «цель» и даже — «способ». В русском языке вообще не было термина «цель». Этот термин заимствован из немецкого и имеет значение, близкое к понятиям «мишень», «финиш», «точка попадания». В английском языке есть несколько терминов, отражающих различные оттенки понятия цели, в пределах рассматриваемой «шкалы».

Пример Purpose (цель — намерение, целеустремленность, воля), object и objective (цель — направление действия, направление движения), aim (цель — стремление, прицел, указание), goal (цель — место назначения, задача), target (цель — мишень для стрельбы, задание, план), end (цель — финиш, конец, окончание, предел).

Сущность диалектической трактовки понятия цели раскрывается в теории познания, в которой показывается взаимосвязь понятий цели, оценки, средства, целостности (и ее «самодвижения»). Изучение взаимосвязи этих понятий показывает, что, в принципе, поведение одной и той же системы может быть описано и в терминах цели или целевых функционалов, связывающих цели со средствами их достижения (такое представление называют аксиологическим), и без упоминания понятия цели, в терминах непосредственного влияния одних элементов или описывающих их параметров на другие, в терминах «пространства состояний» (или каузально). Поэтому одна и та же ситуация в зависимости от склонности и предшествующего опыта исследователя может быть представлена тем или иным способом. В большинстве практических ситуаций лучше понять и

описать состояние системы и ее будущее позволяет сочетание этих представлений.

Для того чтобы отразить диалектическое противоречие, заключенное в понятии «цель», можно дать следующее определение: цель — «заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека, группы людей».

«Заранее мыслимый», но все же «результат», воплощение замысла; подчеркивается также, что понятие цели связано с человеком, его «сознательной деятельностью», т.е. с наличием сознания, а для характеристики целеустремленных, негэнтропийных тенденций на более низких ступенях развития материи принято использовать другие термины.

Негэнтропия — философский и физический термин, образованный добавлением отрицательной приставки нег- (от лат. *negativus* — отрицательный) к понятию энтропия, и обозначающий его противоположность. В самом общем смысле противоположен по смыслу энтропии и означает меру упорядоченности и организованности системы или качество имеющейся в системе энергии.

Энтропия в системном анализе выступает как мера неопределенности.

Рассмотренное понимание цели очень важно при организации процессов коллективного принятия решений в системах управления. В реальных ситуациях необходимо оговаривать, в каком смысле на данном этапе рассмотрения системы используется понятие «цель», что в большей степени должно быть отражено в ее формулировке — идеальные устремления, которые помогут коллективу лиц, принимающих решение, увидеть перспективы, или реальные возможности, обеспечивающие своевременность завершения очередного этапа на пути

к желаемому будущему.

Проведенный анализ определений понятия «цель» и графическая интерпретация «размытости» философских трактовок цели (см. рис. 4), стали важным шагом на пути к практической реализации процессов целеобразования.

В более поздних работах было выработано весьма полезное для практического применения представление о двух различных понятиях цели: «цель деятельности» (актуальная, конкретная цель) и бесконечная по содержанию «цель — стремление» (цель — идеал, потенциальная цель); предложена концепция анализа процесса формулирования и структуризации целей с позиций диалектической логики и высказана идея о единстве цели, средства (варианта) ее достижения и критерия оценки.

Элемент. Под элементом принято понимать простейшую, неделимую часть системы. Однако ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным.

Пример. В качестве элементов стола можно назвать «ножки, ящики, крышку и т.д.», а можно — «атомы, молекулы», в зависимости от того, какая задача стоит перед исследователем. Аналогично в системе управления предприятием элементами можно считать подразделения аппарата управления, а можно — каждого сотрудника или каждую операцию, которую он выполняет.

Поэтому примем следующее определение:

Элемент — это предел членения системы с точки зрения аспекта рассмотрения, решения конкретной задачи, поставленной цели.

Систему можно расчленять на элементы различными способами в зависимости от формулировки задачи, цели и ее уточнения в процессе проведения системного исследования. При необходимости можно изменять принцип расчленения, выделять другие элементы и получать с помощью нового расчленения более адекватное представление об анализируемом объекте или проблемной ситуации.

Компоненты и подсистемы. Иногда термин «элемент» используют в более широком смысле, даже в тех случаях, когда система не может быть сразу разделена на составляющие, являющиеся пределом ее членения.

Понятие «подсистема» подразумевает, что выделяется относительно независимая часть системы, обладающая свойствами системы, и в частности, имеющая подцель, на достижение которой ориентирована подсистема.

Если же части системы не обладают такими свойствами, а представляют собой просто совокупности однородных элементов, то такие части принято называть компонентами.

Расчленяя систему на подсистемы, следует иметь в виду, что так же, как и при расчленении на элементы, выделение подсистем зависит от цели и может меняться по мере ее уточнения и развития представлений исследователя об анализируемом объекте или проблемной ситуации.

Связь. Понятие «связь» входит в любое определение системы и обеспечивает возникновение и сохранение ее целостных свойств. Это понятие одновременно характеризует и строение (статику), и функционирование (динамику) системы.

Связь определяют как ограничение степени свободы элементов. Действительно, элементы, вступая во взаимодействие (связь) друг с другом, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии. В определениях системы термины «связь» и «отношение» обычно используются как синонимы. Однако существуют разные точки зрения: одни исследователи считают связь частным случаем отношения; другие —

напротив, отношение рассматривают как частный случай связи; третьи — предлагают понятие «связь» применять для описания статики системы, ее структуры, а понятием отношение характеризовать некоторые действия в процессе функционирования (динамики) системы.

Не решен (и, видимо, вряд ли может быть решен в общем виде) вопрос о достаточности и полноте сети связей для того, чтобы систему можно было считать системой. Один из подходов к решению этой проблемы предлагается, например, В. И. Николаевым и В. М. Бруком, которые считают, что для того, чтобы система не распалась на части, необходимо обеспечить превышение суммарной силы (мощности) связей между элементами системы, т.е. внутренних связей W_{rv} , над суммарной мощностью связей между элементами системы и элементами среды, т.е. внешних связей W_{rs} :

$$W_{rv} > W_{rs} .$$

К сожалению, на практике подобные измерения (особенно в организационных системах) трудно реализовать, однако можно оценивать тенденции изменения этого соотношения с помощью косвенных факторов. Связи можно охарактеризовать направлением, силой, характером (или видом). По первому признаку связи делят на направленные и ненаправленные. По второму — на сильные и слабые (иногда пытаются ввести «шкалу» силы связей для конкретной задачи). По характеру (виду) различают связи подчинения, порождения (или генетические), равноправные (или безразличные), управления. Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Важную роль в моделировании систем играет понятие обратной связи. Обратная связь является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

Структура. Система может быть представлена, как уже отмечалось, простым перечислением элементов или черным ящиком (моделью «вход — выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такого представления недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нем обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых результатов. В этих случаях систему отображают путем расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие «структура».

Структура (от лат. «structure», означающего строение, расположение, порядок) отражает «определенные взаимосвязи, взаиморасположение составных частей системы, ее устройство, строение».

При этом в сложных системах структура включает не все элементы и связи между ними (в предельном случае, когда пытаются применить понятие структуры к простым, полностью детерминированным объектам, понятия структуры и системы совпадают), а лишь наиболее существенные компоненты и связи, которые мало меняются при текущем функционировании системы и обеспечивают существование системы и ее основных свойств.

Иными словами, структура характеризует организованность системы, устойчивую упорядоченность элементов и связей. Структурные связи обладают относительной независимостью от элементов и могут выступать как инвариант при переходе от одной системы к другой, перенося закономерности, выявленные и отраженные в структуре одной из них, на другие. При этом системы могут иметь различную физическую природу. Одна и та же система может быть представлена разными структурами в зависимости от стадии познания объектов или процессов, от аспекта их рассмотрения, цели создания. При этом по мере развития исследований или в ходе проектирования структура системы может изменяться.

Структуры, особенно иерархические могут помочь в раскрытии неопределенности сложных систем. Иными словами, структурные представления систем являются средством их исследования.