

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1. Системный подход к построению информационных систем

Практическое использование информационных технологий тесно связано с вопросами маркетинга и менеджмента информационных ресурсов, технологий и услуг, методологией проектирования информационных систем, управления качеством и стандартизации информационных технологий. В настоящее время в целом сформировалась идеология и практика применения информационных технологий. Однако необходима организация информационных процессов и технологий как системы, для построения которой целесообразно применить системный подход.

Наиболее полно системный подход проявился при проектировании информационных систем. Предложена методология проектирования информационных систем как коллективного процесса. Проанализированы основные этапы и задачи внедрения и сопровождения информационных технологий на основе объектно-ориентированной технологии как основы создания открытых, гибких, многофункциональных систем для различных предметных областей. Значительное внимание уделено вопросам формирования модели предметной области использования различных средств для автоматизации процесса проектирования, анализу качества проектирования.

1.1. Основные понятия системологии

Всякая информационная система базируется на информационной модели предметной области. Такая модель получается в результате системного анализа. Для того чтобы разобраться в этих вопросах, надо познакомиться с основными положениями науки, которая называется системологией.

Система – это сложный объект, состоящий из взаимосвязанных частей (элементов) и существующий как единое целое. Всякая система имеет определенное назначение (функцию, цель).

Любой объект окружающего мира можно рассматривать как систему. Системы бывают материальные, нематериальные и смешанные. Примерами материальных систем являются дерево, здание, человек, планета Земля, Солнечная система. Примеры нематериальных систем – это разговорный язык, математика. Пример смешанной системы – ВУЗ. Она включает в себя как материальные части (здание, оборудование, тетради, учебники и пр.), так и нематериальные (учебные планы, программы).

Всякая система определяется не только набором своих частей, но также порядком и способом объединения этих частей в единое целое. Все части (элементы) системы находятся в определенных отношениях или

связях друг с другом. Здесь мы выходим на следующее важнейшее понятие системологии – понятие структуры.

Структура – это порядок объединения элементов, составляющих систему.

Можно еще сказать так: структура – это внутренняя организация системы. Например, чем различаются различные строительные сооружения: жилой дом, заводской цех, торговый центр? Все эти сооружения строятся из одних и тех же элементов (кирпичей, блоков, свай, балок и других деталей), но имеют разные конструкции в соответствии с их назначением. Применяя язык системологии, можно сказать, что они различаются по структуре.

Многие из вас увлекались игрой с конструкторами строительными, электрическими, радиотехническими и другими. Все детские конструкторы устроены по одному принципу: имеется множество типовых деталей, из которых можно собирать различные изделия. Эти изделия различаются порядком соединения деталей, т. е. у них разная структура.

Для сложных систем характерно наличие большого числа взаимно связанных, взаимодействующих между собой элементов. При этом связь между элементами A и B системы может отличаться от связи между элементами B и A . Если система имеет N элементов и каждый элемент связан с каждым, то общее число связей равно $N(N - 1)$. Если все N элементов имеют по M состояний, то общее число состояний S для такой системы равно M^N . Например, для системы при $M = 2$ и $N = 3$ имеем $S = 2^3 = 8$ состояний.

Максимальное число связей в подобной системе равно 6. Если поведение системы описывается процессом перехода из одного состояния в другое, то общее число возможных переходов равно S^2 . Для рассматриваемого примера число сценариев возможного поведения системы равно $S = 8^2 = 64$.

Поведение системы усложняется с ростом числа элементов системы. Так, для системы из 10 элементов при $M = 2$ число состояний S равно 1024, а число сценариев 1 048 576. Данное обстоятельство, с одной стороны, говорит о сложности систем и многовариантности их поведения. С другой стороны, следует ожидать наличия больших трудностей, возникающих при изучении и моделировании систем.

Из всего сказанного можно сделать следующий вывод.

Всякая система обладает определенным элементным составом и структурой. Свойства системы зависят от того и от другого. Даже при одинаковом составе системы с разной структурой обладают разными свойствами, могут иметь разное назначение.

С зависимостью свойств различных систем от их структуры вам приходилось и еще предстоит встретиться в разных дисциплинах. Например, известно, что графит и алмаз состоят из молекул одного и того

же химического вещества – углерода. Но в алмазе молекулы углерода образуют кристаллическую структуру, а у графита структура совсем другая – слоистая. В результате алмаз – самое твердое в природе вещество, а графит – мягкий, из него делают грифели для карандашей.

Еще пример из физики: все радиосистемы состоят из одинаковых деталей (резисторов, конденсаторов, транзисторов, трансформаторов и пр.); разная структура соединения этих деталей придает разные свойства системам.

Сформулируем следующее важное положение системологии.

Всякая система приобретает новые качества, не присущие ее составным частям.

Например, отдельные детали велосипеда: рама, руль, колеса, педали, сиденье – не обладают способностью к перевозке людей. Но вот эти детали соединили определенным образом, создав систему под названием «велосипед», которая приобрела новое качество — возможность служить транспортным средством. То же самое можно показать на примере самолета: ни одна часть самолета в отдельности не обладает способностью летать; но собранный из них самолет (система) — летающее устройство. Еще пример: социальная система — строительная бригада. Один рабочий, владеющий одной специальностью (каменщик, сварщик, плотник, крановщик и пр.), не может построить многоэтажный дом, но вся бригада вместе справляется с этой работой.

Появление нового качества у системы называется **системным эффектом**. Это же свойство выражается фразой: «Целое больше суммы своих частей».

В качестве еще одного примера системы рассмотрим объект — персональный компьютер. Самое поверхностное описание ПК такое: это система, элементами которой являются системный блок, клавиатура, монитор, принтер, мышь. Можно ли назвать их простыми элементами? Конечно, нет! Каждая из этих частей — это тоже система, состоящая из множества взаимосвязанных элементов. Например, из базового курса информатики вам известно, что в состав системного блока входят: центральный процессор, оперативная память, накопители на жестких и гибких магнитных дисках, CD-ROM, контроллеры внешних устройств и пр. В свою очередь, каждое из перечисленных устройств — тоже сложная система. Например, центральный процессор состоит из арифметико-логического устройства, устройства управления, регистров. Так можно продолжать и дальше, все более углубляясь в подробности устройства компьютера.

Систему, входящую в состав какой-то другой, более крупной системы, называют подсистемой.

Из данного определения следует, что системный блок является подсистемой персонального компьютера, а процессор — подсистемой системного блока.

А можно ли сказать, что какая-то простейшая деталь компьютера, например гайка, системой не является? Все зависит от точки зрения. В устройстве компьютера гайка — простая деталь, поскольку на более мелкие части она не разбирается. Но с точки зрения строения вещества, из которого сделана гайка, это не так. Металл состоит из молекул, образующих кристаллическую структуру, молекулы состоят из атомов, атомы — из ядра и электронов. Чем глубже наука проникает в вещество, тем больше убеждается, что нет абсолютно простых объектов. Даже частицы атома, которые называют элементарными, например электроны, тоже оказались не простыми объектами.

Любой реальный объект бесконечно сложен. Описание его состава и структуры всегда носит модельный характер, т. е. является приближенным. Степень подробности такого описания зависит от его назначения. Одна и та же часть системы в одних случаях может рассматриваться как ее простой элемент, в других случаях — как подсистема, имеющая свой состав и структуру.

1.2. Модели систем

Модели систем. Всякая реальная система бесконечно сложна. Поэтому любое ее описание носит приближенный, а стало быть, модельный характер. Вид модели зависит от целей, для которых она создается. Существуют различные варианты модельного описания систем.

Модель «черного ящика». Всякая система — это нечто цельное и выделенное из окружающей среды. Система и среда взаимодействуют между собой. В системологии используется представление о входах и выходах системы. Вход системы — это воздействие на систему со стороны внешней среды, а выход — это воздействие, оказываемое системой на окружающую среду. Модель «черного ящика» используется в тех случаях, когда внутреннее устройство системы не представляет интереса, но важно описать ее внешние взаимодействия.

Например, в любой инструкции по использованию бытовой техники (телевизор, магнитофон, стиральная машина и пр.) дается описание работы с ней на уровне входов и выходов: как включить, как регулировать работу, что получим на выходе. Такое представление может быть вполне достаточным для пользователя данной техникой, но недостаточным для специалиста по ее ремонту.

Модель состава системы дает описание входящих в нее элементов и подсистем, но не рассматривает связей между ними.

В большинстве случаев модели состава системы оказывается недостаточно для ее описания. Мало знать состав системы, кроме этого необходимо установить связи между отдельными элементами, которые называются *отношениями*. Совокупность необходимых и достаточных для достижения цели отношений между элементами называется *моделью структуры системы*. Основной сложностью при описании структуры (списка отношений) является обоснование конечного числа связей, которые являются наиболее существенными по отношению к рассматриваемой цели.

Например, при моделировании механической системы, движущейся в околоземном пространстве, обычно не учитываются силы взаимного притяжения отдельных материальных точек (элементов), но учитывается сила притяжения их к Земле (отношения).

Следует отметить, что структура системы является абстрактной моделью, так как рассматривает только связи (отношения) между элементами, но не рассматривает сами элементы (понятно, что на практике говорить об отношениях без элементов просто не имеет смысла). Однако в некоторых случаях модель структуры теоретически может быть исследована отдельно, если, например, отношения заданы в виде математических формул или уравнений.

Теперь, имея три формальные модели системы: «черного ящика», состава и структуры – и объединив их, можно получить еще одну модель, которую называют *структурной схемой* системы или моделью «белого ящика». Данная модель включает все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи системы (или ее отдельных элементов) с окружающей средой (входы и выходы системы).

Для отображения структурной схемы системы используются, например, графы. Граф отображает элементный состав системы и структуру связей между ее элементами.

Составными частями графа являются вершины и соединяющие их линии. Здесь вершины изображены кружками — это обозначения элементов системы, а линии — это обозначения связей (отношений) между элементами.

2. Системное проектирование

Классическое проектирование ИС берет свое начало в 70-х г.г. прошлого столетия. Одно из первых направлений получило название «каскадной» схемы проектирования. Она широко использовалась при проектировании АСУ и включала следующие стадии проекта: запуск, обследование, концепция технического задания, эскизный проект, технический проект, рабочий проект, ввод в действие (внедрение). Основной особенностью данной методики является последовательная

организация работ при формировании структуры ИС на заранее определенный ряд подсистем: организационное, методическое, информационное, программное и аппаратное обеспечения. Основными недостатками «каскадной» схемы проектирования являются запаздывание получения конечных результатов и низкая эффективность.

В процессе совершенствования появилась схема непрерывной разработки ИС, использовавшаяся при реализации больших проектов фирмы IBM в 1970 – 1980 гг. Характерной особенностью данной методики стал непрерывный спиральный процесс разработки ИС с планируемыми точками передачи в эксплуатацию новых версий и новых функциональных подсистем.

Развитие схемы непрерывной разработки связано с совершенствованием циклических форм проектирования. Примером такого подхода является ускоренный метод проектирования, получивший название «Быстрое прототипирование». В проектный цикл дополнительно были включены стадии разработки макета-прототипа и его опробование. Недостатками схемы непрерывной разработки является жесткость используемых моделей проектирования и закрытость создаваемых ИС.

Следствием недостатков классических методов проектирования явился переход к системному проектированию.

Системный подход оперирует рядом категориальных понятий. Его фундаментальным понятием является понятие системы, давая которое необходимо преследовать определенную цель. Если целью является познание уже существующей системы, то вполне пригодным оказывается дескриптивное определение системы, которое заключается в следующем: система – это совокупность объектов, свойства которой определяются отношением между этими объектами. Объекты называют подсистемами или элементами системы. Каждый объект при самостоятельном исследовании может рассматриваться как система. Функции объекта определяются его внутренним устройством. Таким образом, дескриптивное определение системы играет познавательную роль для объяснения функций, реализуемых ею. Функции системы проявляются в процессе ее взаимодействия с внешней средой. При этом важно определить границу между внешней средой и создаваемой системой. Это можно осуществить на основе конструктивного определения системы. Особое значение конструктивный подход имеет для технических систем.

Любая техническая система создается с заранее известной целью. Цель такой системы обычно является субъективной, поскольку она предлагается разработчиком, но эта цель должна исходить из объективных потребностей общества. Таким образом, можно считать, что цель формируется в процессе взаимодействия между явлениями окружающей нас действительности. При этом возникает ситуация, которая заставляет строить новую систему. Ситуация может стать проблемной, если она не

разрешается имеющимися средствами. Могут создаваться новые недостающие средства, и в этом смысле ярким примером является информационная технология.

В обществе уже давно сформировались идеология и практика применения различных средств сбора, передачи, хранения, обработки и представления информации. Однако их разрозненное применение или использование их ограниченной совокупности не позволяло до сих пор получить значительный системный эффект. Необходим подход к информационным технологиям как к системе. Такой подход является обоснованным ввиду того, что информационная технология обладает единой целью, а именно – необходимостью формирования информационного ресурса в обществе, имеет сопрягаемые взаимодействующие средства ее реализации, характеризуется тенденцией развития в связи с интенсивным обновлением средств вычислительной техники и техники связи. Анализ информационных технологий как системы следует выполнять на основе дескриптивного определения, разработка информационных технологий должна базироваться на конструктивном подходе. Такой подход предполагает необходимость возникновения проблемной ситуации для разработки системы. Можно считать, что возникающая проблема порождает будущую систему. Прежде всего разработчик должен определить границы системы, полагая, что цель ее функционирования известна. Необходимо в состав системы включить те элементы, которые своим функционированием обеспечивают реализацию заданной цели, а следовательно, конструктивное определение системы состоит в следующем: система – это конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, которые выделяются из окружающей среды в соответствии с поставленной целью в рамках определенного временного интервала ее реализации. Все то, что не вошло в состав системы, относят к окружающей среде. Очевидно, что окружающая среда включает в себя другие системы, которые реализуют свои цели функционирования. Входы и выходы системы связаны с внешней средой. На модельном уровне выделяют модель системы, модель внешней среды на входе системы, модель внешней среды на выходе системы и модели связей между системой и внешней средой на входе и выходе. Внешней средой для информационной технологии могут выступать производство, научное исследование, проектирование, обучение и т. д. Связи между информационной технологией и внешней средой носят чисто информационный характер. В процессе взаимодействия с внешней средой реализуются основные функции информационной технологии. Функции как проявление свойств системы во времени тесно связаны с ее структурой. Дескриптивный подход реализуется путем изучения функции либо структуры системы. В соответствии с этим в теории систем получили применение функциональный и структурный подходы.

Учитывая, что структура отображает связи между элементами системы с учетом их взаимодействия в пространстве и во времени, можно утверждать, что структурный подход есть развитие дескриптивного подхода. Он служит для изучения (познания) какой-то существующей системы. Функциональный подход отображает функции системы, реализуемые в соответствии с поставленной перед ней целью. Поэтому функциональный подход есть развитие конструктивного. Функции системы должны быть заданы при ее построении и должны реализовываться при функционировании системы.

Структура системы описывается на концептуальном, логическом и физическом уровнях. Концептуальный уровень позволяет качественно определить основные подсистемы, элементы и связи между ними. На логическом уровне могут быть сформированы модели, описывающие структуру отдельных подсистем и взаимодействия между ними. Физический уровень означает реализацию структуры на известных программно-аппаратных средствах. Так как техническая система создается искусственно, то цель ее функционирования заранее субъективно известна. Можно считать, что этой цели соответствуют определенный перечень функций и некоторая оптимальная структура системы. Такая структура получила название формальной. Под ней понимают совокупность функциональных элементов и отношений между ними, необходимых и достаточных для достижения системой заданной цели. Формальная структура есть некоторая идеальная структура, не имеющая физического наполнения. Эта структура реализуется различными средствами, поэтому ей может соответствовать ряд реальных наполнений. Внешняя среда, взаимодействуя с информационной технологией как с системой, может выступать как метасистема, ставя перед ней определенные задачи и формулируя цели. Внедрение информационных технологий в жизнь общества за конечный временной интервал будет иметь эффект, если будут типизированы системы, в которые внедряются информационные технологии, и определены типовые структуры последних. В зависимости от системы, в которую внедряются информационные технологии, возможно различное пространственное распределение пользователей и средств информационной технологии. Разным может быть и комплекс решаемых задач. Характер и временной интервал реализации целей информационной технологии также зависят от того, в какой области она используется: в промышленности, научных исследованиях, проектировании, обучении и т. д. Весьма важным является согласование структуры информационной технологии с организационной структурой той системы, в которой она используется. Отсутствие типовых структур организационного управления предприятием, производственными процессами значительно затрудняет возможности использования информационных технологий. Возникает задача создания широкого набора

конкретных информационных технологий, настроенных на параметры реальных систем. Таким образом, для инженера-системотехника информационная технология становится массовым объектом разработки.

При использовании информационных технологий в системном аспекте необходимо соблюдать следующие принципы:

1. Наличие сформулированной единой цели у информационных технологий в рамках разрабатываемой системы.
2. Согласование информационных технологий по входам и выходам с окружающей средой.
3. Типизация структур информационных технологий.
4. Стандартизация и взаимная увязка средств информационной технологии.
5. Открытость информационных технологий как системы.

Контрольные вопросы

1. Что такое система? Приведите примеры.
2. Что такое структура? Приведите примеры.
3. Какие системы имеют одинаковый состав (одинаковые элементы), но разную структуру?
4. В чем суть системного эффекта? Приведите примеры.
5. Что такое подсистема?
6. Какие существуют типы моделей систем? Чем они отличаются?
7. Что такое граф? Из чего он состоит?
8. Что такое сеть? Какие характерные особенности имеет сеть?
9. Какой граф называется неориентированным?
10. Какой граф называется ориентированным? Приведите примеры.
11. В чем суть «каскадной» схемы проектирования информационных систем?
12. Каковы основные преимущества схемы непрерывной разработки?
13. Каковы основные понятия системного подхода?
14. В чем различие дескриптивного и конструктивного подходов?
15. В чем состоит суть концептуального, логического и физического уровня описания структуры системы?
16. Каковы основные принципы использования информационных технологий в системном аспекте?

Задания для самостоятельной работы

1. Нарисуйте два варианта графа системы «Компьютер», содержащего следующие вершины: процессор, оперативную память, внешнюю память, клавиатуру, монитор, принтер. Первый вариант: линия связи

обозначает отношение «передает информацию». Второй вариант: линия связи обозначает отношение «управляет».