

Министерство образования и науки Российской Федерации  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

В.В. ГУБАРЕВ

# ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРЕТИЧЕСКУЮ ИНФОРМАТИКУ

Часть 1

Утверждено  
Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК  
2014

УДК 004(075.8)  
Г 93

Рецензенты:

*Д.Е. Пальчунов*, зав. кафедрой общей информатики,  
зав. отделом ИДМИ НИЧ НГУ, д-р физ.-мат. наук, профессор;  
*В.К. Попков*, гл. научн. сотрудник ИВМ и МГ СО РАН,  
д-р физ.-мат. наук, профессор

Работа подготовлена на кафедре вычислительной техники для студентов вузов, обучающихся по укрупненной группе специальностей «Информатика и вычислительная техника» (бакалавриат, магистратура, аспирантура)

**Губарев В.В.**

Г 93 Введение в теоретическую информатику : учеб. пособие / В.В. Губарев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – Ч. 1. – 420 с.

ISBN 978-5-7782-2477-3

В пособии с единых методических позиций излагаются основные элементарные сведения о моделировании и экспериментировании как методах исследования объектов, метрологии и теории сигналов. Особое внимание с позиции модельного представления объектов уделено элементарным основам следующего математического аппарата описания и исследования объектов: детерминированного, стохастического, нечеткого; интервального; поиска оптимальных решений; динамического хаоса, фракталов, теории игр и массового обслуживания.

Пособие ориентировано на подготовку бакалавров, магистров и аспирантов по направлению 09.00.00 – «Информатика и вычислительная техника». Оно может быть полезным для студентов, обучающихся по направлениям 02.00.00 – «Компьютерные и информационные науки», 10.00.00 – «Информационная безопасность», 11.00.00 – «Электроника, радиотехника и системы связи», 27.00.00 – «Управление в технических системах», а также специалистам в перечисленных и смежных отраслях деятельности.

УДК 004(075.8)

ISBN 978-5-7782-2477-3

© Губарев В.В., 2014

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время понятие *информатика* часто употребляется, но, к сожалению, неоднозначно понимается. Дело дошло до того, что дисциплина «Информатика», став обязательной в государственных образовательных стандартах (ГОС) общего среднего и высшего профессионального образования, по своему содержанию, вкладываемому разработчиками в федеральные ГОС по разным направлениям и, что особенно важно, реализуемому в разных образовательных учреждениях и даже в отдельных структурных подразделениях одного учреждения, выглядит очень по-разному. Как следствие, лица, закончившие такие учреждения, пришедшие в бизнес, производство, управленческие структуры, зачастую принимают решения и выделяют значительные средства под работы, связанные с информатикой и ее разделами, по-разному понимая, что это такое и каких результатов следует ожидать, осваивая эти средства. Это особенно важно для выпускников вузов, обучавшихся по направлениям, входящим в укрупненную группу специальностей (УГС) «Информатика и вычислительная техника». Ведь даже само наименование УГС весьма неудачно, оно дезориентирует абитуриентов и выпускников вузов, на что специалисты уже указывали неоднократно (см., например, [1]).

Сегодня сводить информатику к одному из ее разделов, как, например, математику – только к арифметике или алгебре, а тем более, противопоставлять информатику как соборное понятие (аналогичное понятиям «математика», «физика», «биология» и т. п.) какой-то из ее частей, как в сочетании «Информатика и вычислительная техника», является непростительным анахронизмом, весьма не безобидной инерцией старых взглядов, учений, мышлений. Одно дело, если так, по-старому, думает и согласно этому действует неспециалист, – это всего лишь заблуждение. Но если так думает, пишет и преподает ученый, педагог – это невежество, а если управленец – это преступление, вредительство, в лучшем случае неосознанное.

Очень важно в начале преподавания информатики в вузе и на завершающей стадии в школе давать представление о структуре инфор-

матики, о ее основных составляющих и их связи между собой. Это несомненно следует делать в первом семестре для студентов бакалавриата УГС «Информатика и вычислительная техника» в вводных дисциплинах типа «Введение в специальность» или в подобных более узких дисциплинах, важных для общей ориентации в конкретных составных частях информатики, например таких как формальная, техническая, технологическая, прикладная информатика, а также на другом, обобщающем и проблемном, уровне в магистратуре.

Именно на получение обучаемыми первичного представления о том, что такое *формальная информатика*, каков ее аппарат, объекты и предметы, направлено настоящее учебное пособие.

Заметим, что термин *теоретическая информатика*, как, впрочем, многие другие термины (см. далее), не является однозначным. Это связано с тем, что очень часто в приложении к научной дисциплине термин *теоретическая* (например, физика, химия, биология) в отличие от термина *практическая* или *прикладная*, рассматривается как синоним *базовая*, *фундаментальная* (см. далее, § 1.2) либо связывается с понятием *теоретические основы* в прикладных дисциплинах (см. § 1.2). Тем самым в сочетании *теоретические основы* он может относиться к разным составным частям информатики, таким, например, как техническая, технологическая, прикладная информатика. С другой стороны, многие под словом *теоретический* понимают основанный только на умозрительных соображениях, абстракциях, отвлеченно-логических операциях или математических выкладках, расчетах, т. е. использующий какую-то часть формального аппарата (например, математического) либо любые его разновидности. Именно в этом смысле мы и будем использовать этот термин в пособии (см. также § 1.5).

## Глава первая

### ИСХОДНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

#### § 1.1. ЧТО ТАКОЕ МОДЕЛЬ? ТЕРМИНЫ КАК МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ИМИ ПОНЯТИЙ

Одним из центральных первичных понятий информатики является термин *модель* [1–3].

Этот термин неразрывно связан с еще четырьмя понятиями: *объект*, о модели которого идет речь; *цель* введения и использования модели объекта; *субъект* и *среда*, в которой субъект производит любые операции с моделью. Иными словами, когда мы говорим о модели объекта, мы имеем в виду четырехместное отношение объект–модель–субъект–среда (см. [2] и рис. 1.1 в [3, 4]).

К ним примыкает еще одно используемое для краткости обобщенное понятие *исследование* (объекта, модели), под которым в зависимости от контекста будем понимать собственно исследование (изучение, познание), а также описание, представление, управление, проектирование, анализ, синтез, передачу и т. п. (объекта, модели). Под ***объектом*** (object) понимается некоторая вещь, процесс, сигнал, свойство, событие, явление и т. п., т. е. некоторый ***оригинал (объект-оригинал)***, который мы замещаем моделью – новым, вспомогательным, используемым для исследования ***объектом-образом***, существующим в действительности, т. е. имеющим объективный характер, либо являющимся виртуальным (например, проектируемым, синтезируемым) – не существующим, но могущим существовать при определенных условиях, или абстрактным – мысленным, существующим в воображении, представляемым в виде набора символов, графиков, изображений и т. п. В частности, объектом-оригиналом может выступать модель некоторого первичного объекта, которую мы хотим заменить новым образом, новой моделью, более подходящей для новой цели или в новых

условиях исследования субъектом первичного объекта. С другой стороны, в качестве модели может выступать сам объект-оригинал, когда, например, мы используем в исследовании только часть его особенностей, свойств, характеристик, а выводы будем делать обо всем объекте.

Под *субъектом* понимается человек (или заменяющее его средство), работающий с моделью (создающий, исследующий, использующий ее).

*Цель* – то, к чему стремится, чего хочет добиться субъект, создавая модель объекта, т. е. модель того желаемого будущего, которое хотел бы получить субъект, располагая моделью.

### Модель объекта есть его целевой образ

Под *целевым образом объекта-оригинала* понимается результат такого отображения, отражения (воспроизведения, представления, передачи, воплощения, приведения в соответствие) его моделью, которое передает все необходимое для цели создания и применения модели (моделирования, см. далее): существо, механизмы и особенности его строения и свойств, функционирования (жизни), закономерностей и т. п. Желательно, чтобы этот образ как результат отображения объекта-оригинала обладал необходимым качеством, мог использоваться в той среде, в которой будет применяться субъектом, отвечая при этом соответствующему назначению и задачам, требованиям качества (см. далее § 2.1, требования к моделям, и рис. 1.1).

Под особенностями объекта здесь и всюду далее мы будем понимать отличающие его от других объектов принципы строения и функционирования, структуры (состав и связи элементов), механизмы, правила и закономерности появления, существования, развития, функционирования, «смерти», характеристики и параметры, реакции на внешние и внутренние воздействия и т. п.

Наконец, под *средой*<sup>1</sup> будем понимать: термины, цели и задачи исследования; исходные и полученные данные и результаты; условия «жизни» объекта и получения сведений о нем; измерительные шкалы; виды средств (аппаратные, программные, лингвистические, логистические, метрологические и др.) и технологий сбора, обработки, анализа, исследования, моделирования, интерпретации, применения; правила, способы, модели и их характеристики; методы, алгоритмы и т. п.

---

<sup>1</sup> В зависимости от контекста – при моделировании, экспериментировании, обработке, ...

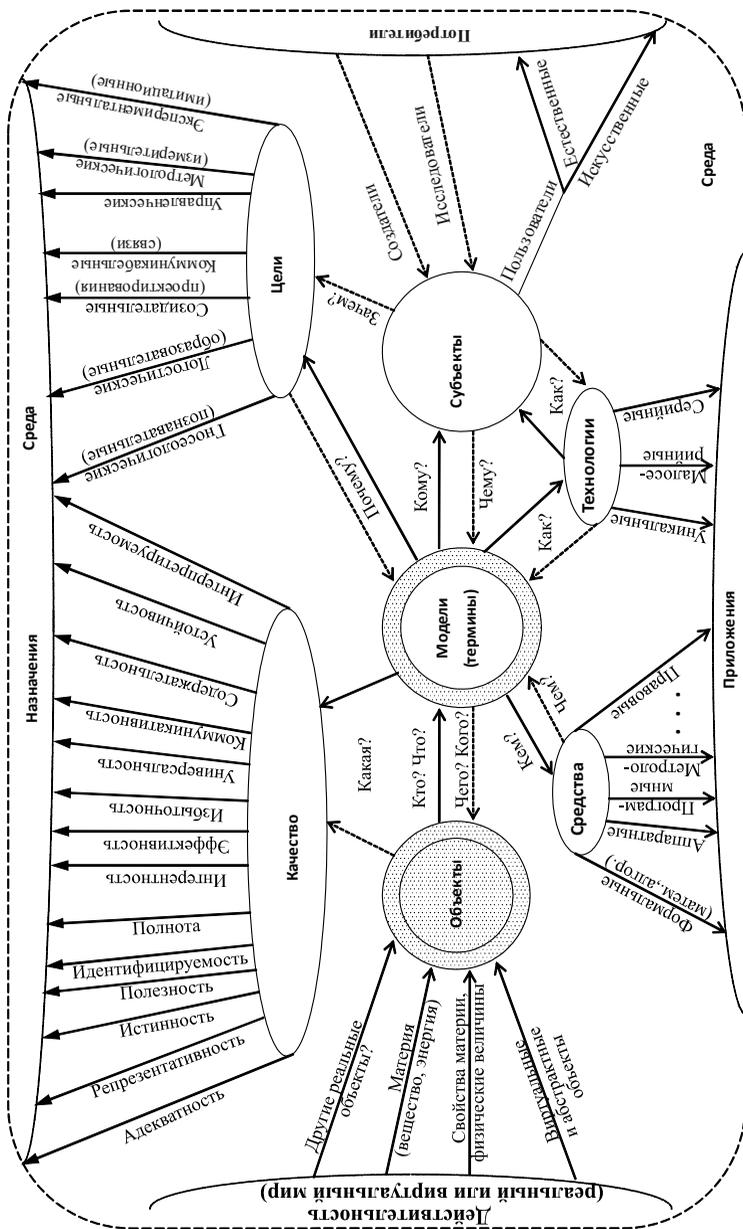


Рис. 1.1. Схема отношений объект–модель (термин)–субъект–среда:  
 ---- создание (построение), исследование; — применение (потребление)

В связи с изложенным сделаем два замечания.

1. В системном подходе (см. далее) понятие *среда* для исследуемого объекта трактуется как все наружное по отношению к нему, т. е. все то, что окружает объект, во что он встроен. Ясно, что это модельное понятие, и поэтому под *средой* реально понимается лишь только та часть общей среды, которая влияет на объект, взаимно связана с ним с точки зрения цели и задач исследования объекта. В системологии (см. далее) эта часть среды часто называется надсистемой, элементом которой является системно модельно представляемый объект. В моделировании же (см., например, [2]) она называется микро-, культурной, внутренней средой, в которую встроена или в которой функционирует система из трех элементов: модельно представляемый объект, его модель и работающий с объектом и моделью субъект (см. рис. 1.1). В дальнейшем именно в этом микропонимании мы будем использовать слово *среда*.

2. Описанное понимание модели как любого целевого (в указанном ранее контексте) образа объекта-оригинала отражает современное положение дел. Первым же, историческим, можно считать следующее понимание термина модели: модель есть вспомогательный объект (средство)-заменитель, который в конкретной ситуации способен заменить сам объект-оригинал и при этом, во-первых, более удобен в применении, чем объект-оригинал; во-вторых, воспроизводит все интересующие пользователя модели свойства и характеристики объекта-оригинала [2]. Ясно, что такое понимание является частным случаем современного.

Важна для данной дисциплины и трактовка слова *термин*. Под ним обычно принято понимать слово или словосочетание, точно обозначающее определенное понятие, применяемое в какой-то специальной профессии или области человеческой деятельности: науке, технике, искусстве, ...

Термин есть не что иное, как модель определяемого им понятия. Поэтому к нему применимы все свойства модели, к рассмотрению которых, а также места (статуса) и назначения модели, мы и перейдем [3].

**Свойство целевости (место и роль модели в деятельности субъекта).** Модель есть неотъемлемый элемент любой *целенаправленной*, в частности познавательной, деятельности человека в силу следующих обстоятельств. Во-первых, любая деятельность человека направлена на достижение определенной цели. Во-вторых, цель есть организующий элемент деятельности, поскольку она служит моделью (образом) жела-

емого будущего, т. е. того состояния, на достижение (реализацию) которого направлена деятельность. В-третьих, человек, делая что-то, имеет, как правило, явно или неявно схему, образ (модель, алгоритм, правила) деятельности. В-четвертых, в познавательных задачах модель как искомый образ исследуемого объекта есть продукт и/или инструмент целенаправленной деятельности субъекта-исследователя. Наконец, в-пятых, важно иметь в виду, что человек (субъект) не мыслит иначе, как категориями моделей, и поэтому любые утверждения могут быть сделаны им лишь только относительно модели.

**Модель** есть неотъемлемый элемент (цель, образ, инструмент, продукт) человеческой деятельности. **Цель** – это модель желаемого будущего, а **модель** – результат целевого отображения объекта-оригинала.

**Свойство встроенности (отношения «объект–модель–субъект–среда»)**. Очевидно, что модель (в частности термин) не может существовать без субъекта (ее создателя, исследователя или пользователя) и без ингерентной (согласованной с моделью) среды (целей и задач, показателей качества, условий применения, лиц, средств и технологий, с помощью которых создается, функционирует и применяется модель), обеспечивающей ее функционирование и порождающей интерес к ее использованию микросреды, «культурной» среды, макросреды (рис. 1.1). Приведите примеры, поясняющие это.

**Модель** не является изолированной, а должна рассматриваться только во взаимосвязанном многоместном отношении объект–модель–субъект–среда.

**Свойство дуальности (предназначение и истинность моделей)**. Суть свойства в проявлении моделью ее двойственности, двоякого характера или даже тройственности, трехсторонности, когда одно проявление не совпадает (в двойственности даже по сути) с другими, исключает их. Поясним его.

Все многообразие моделей (в том числе терминов) условно (!) можно разделить на три класса [1–4]: исследовательские (познавательные), созидательные (прагматические) и договорные.

Целевая ориентация *исследовательских* моделей такая же, как в познавательной деятельности: модель должна как можно лучше представить действительность (объект-оригинал). При обнаружении расхождений между познавательной моделью и действительностью уси-

лия субъекта должны быть направлены на изменение<sup>1</sup> модели, повышение степени приближения ее к действительности. Познавательные модели – физические законы, теории, математические модели. Познавательные термины – «жизнь», «земля», «фотокопия». Направленность *созидательной* (прагматической) модели – как можно полнее представить образ будущего (проектируемого, создаваемого) объекта. В случае обнаружения отклонения создаваемого объекта от модели как его образца, эталона задачей создателя объекта является приближение объекта к модели, а не модели к объекту, как в исследовании. Созидательные модели – юридические законы, стандарты, технические задания на изделия, цели, планы, уставы, алгоритмы. Созидательные термины – «коммунизм», «проект».

*Договорные* (конкордовые) модели устанавливаются одними и признаются другими (например, буквенные или математические символы +, -, :, ∫, ∑, Π, модели математики) либо являются продуктами соглашений, договоров двух и более физических, юридических (в частности официальных органов) лиц и сообществ (например, купюры денег, сигналы светофоров и т. п.). Направленность таких моделей – упрощение человеческих коммуникаций. Изменение договорных моделей происходит при потере ими своих преимуществ или недостатке возможностей перед другими моделями, средствами, служащими тем же целям.

Свойство дуальности моделей проявляется в том, что в зависимости от цели, назначения одна и та же модель может выступать как познавательная, созидательная или договорная.

Второй пример двойственности – когда модель может являться одновременно «истинным», «верным» и «неверным» отражением оригинала. «Истинным», «верным» – значит, отражающим объект таким, какой он есть, существует вне и независимо от субъекта всегда, т. е. безусловно или условно (при определенных условиях), а «неверным» – значит, не имеющим отношения к оригиналу, не отражающим оригинал таким, какой он есть на самом деле. Примером проявления такой дуальности модели служит корпускулярно-волновой дуализм: согласно ему любые микрообъекты (фотоны, электроны, протоны, атомы и т. д.) обладают свойствами и частиц (корпускул), и волн. Так, волновая модель света в одних условиях является «истинной», «верной» и в

---

<sup>1</sup> В широком смысле – самой модели, микросреды, цели построения и условий ее применения.

то же время «неверной», не относящейся к объекту-оригиналу, или «условно верной», если свет рассматривается как корпускула с точки зрения иного подхода.

Свойство тройственности – когда в зависимости от назначения модель используется либо как исследовательская, либо как созидательная, либо как договорная.

**Внимание!** Приведите пример.

Третий вид дуальности рассмотрим на примере характеристик случайных сигналов как моделей некоторого физического объекта и/или экспериментальных данных о нем. Характеристики могут быть истинными моделями, если данные соответствуют свойствам объекта и/или модели, и неверными – в противоположном случае. Так, математические ожидания или средние арифметические могут быть истинными моделями характеристики положения, центра рассеяния данных, если они (данные) имеют распределение Гаусса, и неверными – для данных, которые имеют распределение Коши.

**Исследовательские (познавательные) модели (термины)** отражают реально существующее; **созидательные (прагматические)** – виртуальное, не существующее, придуманное, в том числе желаемое, но возможно осуществимое; **договорные** – соглашение об их применимости. Модель объекта может быть познавательной, прагматической, договорной; «истинной», «верной» или «ложной», «неверной» в зависимости от условий, свойств объекта и целей моделирования.

**Свойство неоднозначности (отсутствие взаимной однозначности между моделями и объектами).** Может ли между объектом-оригиналом и его моделью существовать взаимно однозначное соответствие и надо ли к этому стремиться? Для ответа на этот вопрос отметим следующие особенности отношений модель–объект:

- модель есть не сам объект-оригинал (хотя в физических исследованиях объект-оригинал и может выступать как модель!), а лишь его объект-образ, приближенно (насколько?) отражающий объект-оригинал;
- сам объект-оригинал не всегда имеет четко очерченные границы, отделяющие его от других «родственных» ему объектов и среды. Например, что представляют собой объекты, моделями которых явля-

ются термины «жизнь», «лес», «энтропия», «земля», «семья», «красивая девушка», «атмосфера» и т. п.?

- модель есть целевой ингерентный среде объект-образ объекта-оригинала, т. е. образ, адекватный назначению, цели, задачам, согласованный с требованиями к качеству, средствам, условиям и правилам моделирования. Следовательно, объект-оригинал может иметь множество моделей, отвечающих разным назначениям, целям, задачам, условиям;

- одна и та же модель (особенно термин) может соответствовать многим объектам (например, математическая модель каких-либо объектов или слова «коса», «энтропия»).

Сказанное означает, что, во-первых, между объектом и его моделью не может существовать строгого взаимно однозначного соответствия; во-вторых, создатели модели должны стремиться к таким ее построению и применению, которые отвечали бы требованию однозначной (лучше взаимно однозначной) интерпретируемости получаемых при моделировании результатов (адекватности цели, задачам, средствам, условиям); в-третьих, становится понятной сложность задачи построения таких моделей, особенно относительно универсальных по целям, задачам, объектам.

<p><b>Взаимно однозначное соответствие между моделью и объектом</b> само есть прагматическая модель как одно из требований к моделированию, желаемое, но не всегда достижимое.</p>
--

**Свойство финитности (ограниченность моделей).** Из свойства неоднозначности следует, что существует определенная ограниченность в применении моделей для познания и описания реального мира и синтеза новых объектов, которая, однако, не тождественна отрицанию возможности познания Вселенной или синтеза ранее несуществующего «бесконечного» конечными средствами. Эта ограниченность – следствие финитности (конечности) модели, проявляющейся в том, что модель отображает оригинал лишь в конечном числе главных (наиболее существенных) отношений (структур, свойств, правил функционирования), реализуется при конечных ресурсах в процессе ее построения и оперирования моделью, условиях ее применения, в частности за счет наличия помех, сбоев, ограниченной области применимости модели, ее упрощенности и т. д.

**Область применения моделей всегда ограничена (финитна)** из-за особенностей самой модели, ее ингерентности (согласованности со средой), условий оперирования с ней и ее использования.

**Свойство динамичности («жизнь» моделей).** Как уже указывалось, модель может быть полезной, лишь если она ингерентна, согласована со средой. Но среда не является стационарной, она эволюционно или революционно изменяется во времени. В связи с этим и модели проходят свой «жизненный» цикл: рождаются, развиваются, сотрудничают и соперничают с другими, «умирают», уступая место более качественным, совершенным. Жизненный цикл моделей может сопровождаться их естественными и/или искусственными эволюционными и революционными изменениями. Сказанное полностью относится к терминам.

**Модели (термины) динамичны и имеют свой жизненный цикл.**

Кроме того, многие термины обладают еще одним важным свойством – *расплывчатостью* при интерпретации.

Итак, термины как модели описываемых ими понятий обладают по крайней мере следующими свойствами: целевостью, встроенностью, дуальностью, неоднозначностью, финитностью, динамичностью, расплывчатостью. Поэтому как при рождении (создании, введении) термина, так и при его использовании необходимо быть очень аккуратными, тщательными, точно определять фактический смысл данного термина, отвечать на все вопросы и выбирать соответствующий путь по каждому элементу схемы, представленной на рис. 1.1. Важно также выяснить, какой смысл вложил в термин его создатель, т. е. каковы его ответы на вопросы, приведенные на рис. 1.1, как интерпретируется сейчас этот термин «культурной средой» и как пытается его интерпретировать читатель. При введении определения (дефиниции) и понимании термина очень важным, первичным является выделение соответствующего термину ключевого слова, которое означает суть термина, его существо, а затем уже других слов из его определения, дополняющих это слово. Например, *модель* объекта – это *образ* (целевой, вспомогательный, искусственный или естественный и т. д.); *математика* – наука о ...; *система* – модель или модельное представление...; *моделирование* – метод либо сам процесс исследования, ...; *сигнал, данные* – носители информации, а не сама информация и т. п.

## § 1.2. ЧТО ТАКОЕ НАУКА?

Одно из часто используемых в пособии слов – наука. Поясним его. Отметим два аспекта, связанных с этим термином.

С одной стороны, под наукой понимается:

1) система знаний о законах и закономерностях развития природы и общества, а также способах воздействия на окружающий мир (добавлю: и его преобразования);

2) отдельная отрасль (дисциплина) таких знаний;

3) навыки, знания, получаемые человеком в результате обучения или жизненного опыта [4].

С другой стороны, наука – это сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности [3].

1. Итак, наука есть область человеческой деятельности. Она состоит из системы научных дисциплин, каждая из которых имеет свои объекты и предметы. Объекты – это то первичное, на что направлены усилия ученых этой дисциплины, а предметы – то, что исследуется в объектах. Кроме объектов и предметов каждая научная дисциплина должна иметь свою (собственную или заимствованную из других дисциплин) **методологию** (совокупность подходов), **методику** (совокупность методов), **методы** (совокупность способов, правил, приемов), **технологии**, а также **понятие и критерии истины** (точнее, истинности, верности результатов). При отсутствии критериев истинности результатов дисциплину, относимую к научной, нельзя считать таковой. Правильнее было бы к таким сферам человеческой деятельности придумать свой термин, аналог терминам «вера», «искусство», «мастерство» и т. п.

**Внимание!** Приведите примеры таких «квазинаук».

Наличие объектов, предметов, методологии и критериев истинности результатов лишь необходимый, но недостаточный набор показателей, по которым какую-то сферу человеческой деятельности можно считать научной. Помимо этих атрибутов любую научную дисциплину характеризуют свои отличительные особенности, отвечающие критериям новизны и научности результатов, такие как непротиворечивость, интерсубъективность (независимость от субъекта), проверяемость либо опровержимость результатов, их пригодность для предвидения и т. п. Именно наличие этих четко очерченных атрибутов позволяет считать некоторую область знаний и деятельности человека наукой и

по отличию хотя бы одного из них отделять различные научные дисциплины друг от друга. Например, по объектам исследования отличать физику от химии и математики, по методам, методологии исследования и понятию истинности отличать математику от всех других научных дисциплин.

2. Наукой (научной дисциплиной) может быть названа некоторая отдельная дисциплина, объекты и предметы которой являются первичными, не разлагаемыми на более простые в рамках данной науки (например, арифметика, алгебра, геометрия, теория вероятностей; механика, оптика, термодинамика и т. п.), либо совокупность дисциплин, объекты и предметы исследования в которых являются сборными (сборными, обобщающими, агрегативными), включающими в себя объекты и предметы первичных дисциплин (например, соборная наука математика включает в себя арифметику, алгебру, геометрию и т. д., а физика включает механику, оптику, термодинамику и т. д.).

3. Название научной дисциплины, как правило, отражает, с одной стороны, ее фундаментальную и прикладную составляющие, с другой – практическую область человеческой деятельности, базирующуюся на достижениях именно этой научной дисциплины. В связи с этим говорят о триединстве области деятельности, отражаемой термином по названию научной дисциплины, например информатики (см. далее), где объекты (внимания, исследования, разработки) дисциплины едины для всех трех проявлений этого единства (как фундаментальной науки, прикладной науки, добывающих соответствующие знания, так и области практической деятельности, применяющей эти знания).

4. Операндами (промежуточными «сырьем» и «продуктами» технологических операций) и результатами научной деятельности являются познавательные (исследовательские, гносеологические) или созидательные (прагматические) модели, а также договорные, удобные для коммуникаций. Поскольку модели являются целевыми образами объекта-оригинала, они отражают лишь те особенности объекта-оригинала, которые соответствуют цели моделирования, причем только в рамках принятых целей и допущений, применяются в условиях ограниченности ресурсов, обладают финитностью, дуальностью, неоднозначностью и другими свойствами модели. В силу этого один и тот же объект-оригинал зачастую изучается разными научными дисциплинами, оперирующими разными модельными представлениями об объекте-оригинале, построенными при разных допущениях и целях исследования.

5. Что касается целей научных исследований, следует иметь в виду их направленность и назначение. Например, для построения каких модельных представлений реальности, какой научной картины мира ориентирована данная научная дисциплина: *куомодной*, отвечающей на вопрос «Как, каким образом устроен мир?», *каузальной* («Почему так устроен мир?»), *телосной* («Зачем, с какой целью так устроен мир?»), *исторической* («Всегда ли он был так устроен?») и т. д.

6. По подходу к исследуемому объекту и предмету научные дисциплины можно разделить на *редукционные*, *анализовые* (менее удачное название – аналитические) и *идентичные*, *традукционные* (одинаковой общности, сложности), *синтезовые* (синтетические). В дисциплинах первой группы объекты исследования представляются как простые (аддитивные) физические системы, т. е. как целое, состоящее из частей и допускающее:

а) рассмотрение его без обязательного учета связи с окружающей средой или даже изолированно от нее;

б) наличие принципа суперпозиции;

в) познание (в том числе описание) и синтез методами анализа, т. е. расчленением целого на части, изучением (описанием) и синтезом модельного представления его по частям. Для дисциплин второй группы обязательно системологическое (модельное системное) представление объектов, т. е. представление их модельно именно как системы, обладающей соответствующими свойствами системы, в частности свойствами эмерджентности, а не аддитивности. Из него следует невозможность сведения сложных систем к простым, т. е. невозможность только аналитического познания (а следовательно, описания и синтеза) таких объектов. Ко второй группе дисциплин относятся частично кибернетика и особенно синергетика. Из изложенного ясно, что модели и методы первой группы дисциплин не заменяют, а дополняют модели и методы второй группы, обеспечивая тем самым наилучшее представление действительности, когда разные модели являются ингерентными и касаются разных аспектов строения, состава, свойств, правил, механизмов и условий жизни (функционирования) таких объектов, в приложении к которым они являются адекватными среде, объекту, цели, условиям, средствам, технологиям исследования.

7. Ранее мы отметили триединство науки, а именно наличие в ней трех взаимосвязанных частей: фундаментальной, прикладной и практической. Назначение фундаментальной и прикладной наук (частей науки как целого) – выявление, открытие, исследование (включая

управление, проектирование) соответствующих объектов-оригиналов и предметов в них, в то время как назначением практической деятельности являются разработка, создание и эффективное применение ее объектов и предметов на базе результатов первых двух частей данной науки. Например, в кибернетике практическая деятельность связана с разработкой конкретных методов и алгоритмов, позволяющих управлять кибернетическими системами для того, чтобы они функционировали заранее заданным образом, в синергетике – позволяющих изменять условия функционирования синергетических систем, «управляя» факторами («причинами») самоорганизации, а в комбинации кибернетико-синергетических приемов (в синергетическом управлении) – обеспечивая искусственный целевой (направленный) способ самоорганизации путем уменьшения избыточных степеней свободы и формирования желаемых *аттракторов* (точек притяжения поведений) за счет выбора (усиления, ослабления) соответствующих обратных связей в системе и самодостраивания ее, самодоводки до желаемого состояния (см. далее).

Отличие фундаментальной составляющей в том, что она направлена прежде всего на получение обобщающих результатов, отражающих глубинные основы объектов и ориентированных на внутренние потребности интересов науки, в то время как прикладная наука ориентирована на получение результатов, пригодных к практическому применению, выступает посредником между фундаментальной наукой и соответствующей областью или областями практической деятельности. Сходство же фундаментальной и прикладной наук в том, что они занимаются именно *исследованиями*, получением знаний – познавательных и созидательных моделей и разработкой теоретических основ, в то время как практическая деятельность занимается *разработкой, созданием и применением* конкретных объектов, методов, средств, технологий на базе результатов фундаментальных и прикладных исследований. В этом смысле деление объектов и предметов между фундаментальной, прикладной науками и областью практической деятельности является относительным, условным. Предметы практической деятельности могут выступать, например, объектами исследования прикладной науки с использованием методологии как своей, так и других наук, в то время как предметы прикладной науки могут быть объектами разработки практической деятельности или предметами фундаментальной науки в зависимости от общности и глубины познания. Компактно это представлено на рис. 1.2.

## ЧТО ТАКОЕ НАУКА?

<b>1. СОСТАВ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● объекты исследования</li> <li>● предметы исследования</li> <li>● методология (методы, средства и приемы)</li> <li>● понятие истины (истинности)</li> </ul>
<b>2. КРИТЕРИИ НАУЧНОСТИ (НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● непротиворечивость</li> <li>● интерсубъективность (независимость от субъектов)</li> <li>● проверяемость (подтверждаемость (верификация) + опровержимость (опытом), фальсификация)</li> <li>● пригодность для предсказания и изменчивость (вложенность, ингерентность)</li> </ul>
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>фундаментальной науки</i> – модели прошлого, настоящего и будущего исследуемого объекта как целевые образы, адекватно отражающие объект</li> <li>● <i>прикладной науки</i> – модели, составляющие теоретические основы создания объектов, обладающих требуемыми особенностями, назначением, качеством</li> </ul>
<b>4. ВИДЫ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>редукционные (анализовые)</i>: допускают обособленные аналитические методы познания, используют принцип суперпозиции. Пример – классические физические знания</li> <li>● <i>идентичные, традукционные, синтезовые</i>: основаны на системологическом представлении (целовость, цельность, эмерджентность (эмергентность), ...) и невозможности только аналитического познания</li> </ul>
<b>5. ТИПЫ НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН</b>	<p><b>5.1.1. Строго формализованные</b> – исходные понятия строго формализованы (например, математика)</p> <p><b>5.1.2. Не формализованные</b> – исходные понятия не строго определены, не формализованы или вовсе стартово не определены и являются объектом либо предметом исследования в этой дисциплине</p> <p><b>5.2.1. Прямые</b> – дисциплина и ее наименование являются первичными, неразложимыми на более простые в рамках данной науки</p> <p><b>5.2.2. Сборные (агрегированные)</b> – дисциплина и ее исследования являются обобщенными, вторичными и включают в себя первичные дисциплины, более простые, входящие в нее</p> <p><b>5.3.1. Фундаментальные</b> – ориентированные на познание общего в науке, построение их исследовательских моделей и, как вспомогательных, договорных</p> <p><b>5.3.2. Прикладные</b> – ориентированные на построение теоретических основ описания объектов науки, их созидательных моделей и, как вспомогательных, договорных</p>

*Рис. 1.2. К термину «наука»*

### § 1.3. ИНФОРМАЦИЯ («РАБОЧЕЕ» ПОНЯТИЕ) И ЕЕ НОСИТЕЛИ

Несмотря на то что слово *информация* широко используется, до сих пор нет его общепринятого понимания. Более того, очень часто слово *информация* отождествляется с ее носителями<sup>1</sup>, а теория информации – с теорией передачи и кодирования данных. Более подробно проблемы с этим термином рассмотрим в § 4.1. Здесь же введем «рабочее» определение, противопоставляющее его другим, связанным с носителями информации. Для этого вначале приведем, а затем прокомментируем необходимые понятия, используемые в дальнейшем.

**Сигнал:** 1) в теории эксперимента: «внутриобъектный» физический носитель (источник, поставщик) информации, недоступный непосредственному восприятию субъектом; 2) в теории связи и управления: физическое средство хранения и передачи (переносчик) информации в пространстве и времени.

**Данные** – модельное представление исследуемых, в том числе физических, объектов в виде доступной для восприятия субъектом («внеобъектной») совокупности (набора) символов, записей, чисел, изображений, ..., в частности числовых или графических значений отсчетов сигналов, хранящейся на материальных носителях (хранителях!) информации и рассматриваемой как носитель (источник!) информации об объекте безотносительно к ее содержательному смыслу, т. е. в отрыве от содержащейся в ней (совокупности) информации.

**Знания** – модельное представление об исследуемом объекте в виде проверенных практикой, требующих постоянного дополнения и оценки истинности результатов познания действительности: гипотез, идей, теорий, выводов, понятий, законов, закономерностей, концепций, ... С точки зрения связи терминов *знания* и *информация*, знания следует разделить на два вида, типа, рода: *знания 1* (знания 1-го рода, анзнания [1]) – операнды (объекты) сбора, обработки, анализа как носители информации; *знания 2* (знания 2-го рода, знания [1]) – элемент, разновидность, часть информации, семантика, полезные сведения о действительности, об объекте.

---

<sup>1</sup> Подобные факты встречаются, к сожалению, нередко. Так, часто модель реальности отождествляется с самой реальностью, как в школьных учебниках при формулировке и интерпретации физических законов, в частности третьего закона Ньютона (см. [3, с. 5]).

В связи с изложенным обратим внимание на принципиальное отличие сигналов, данных и знаний-1 как носителей информации: сигналы есть физические элементы действительности, физического объекта, т. е. физические носители информации, а данные и знания – модели объекта, т. е. «модельные» носители информации.

**Сигналы** – физические носители информации  
**Данные, знания-1** (анзнания [1]) – модельные носители информации

**Контент** – любое информационно значимое наполнение информационного ресурса.

**Данные** – сигналы ∨ данные ∨ знания-1 (анзнания) ∨ контент.

**Протознания** – часть информации, которая может быть преобразована в знания об объекте согласно цели его исследования.

**Новости:** 1) новое, только что полученное сообщение, известие; 2) то содержательное, что является для субъектов новым, ранее неизвестным.

**Информационный мусор** – содержащиеся в Данные семантические сведения, не имеющие полезных для пользователя знаний об исследуемом объекте, но многократно увеличивающие издержки пользователя на их хранение, передачу, обработку как составной части информации.

**Информация:** 1) совокупность полезных содержательных сведений, имеющихся в Данные об исследуемом объекте; 2) сведения, смысл, программа действий, конструкций и т. п., содержащиеся в сигналах, данных, знаниях, контенте, кодах как ее носителях; 3) семантика сигналов, символьных сообщений, чисел, записей, изображений; 4) модели (знания: теоремы, законы, образы; программы, конструкции, ...) ∨ протознания (протомодели) ∨ информационный мусор.

**Сбор Данные** – действия с Данными, направленные на их съем, восприятие, получение, передачу, накопление, ..., не приводящие (по своему назначению) к изменению имеющейся в них информации, их смыслового содержания, семантики.

**Обработка Данные** – действия с Данными, направленные на преобразование содержащейся в них и интересующей исследователя информации к компактному, удобному для хранения, передачи, исследования и анализа виду, приводящие к априори допустимому изменению семантики, ценности, секретности, избыточности, защищенности, эстетического содержания и других особенностей информации, находя-

щейся в них. Обработка не добавляет содержащейся в Данных информации.

**Анализ, исследование Данных** – действия с Данными, направленные на извлечение имеющейся в них информации об исследуемом объекте, на получение по имеющимся Данным новых Данных, содержащих в себе извлеченную из первых информацию об объекте, на выявление имеющихся в них особенностей и закономерностей, упрощение интерпретации получаемой информации и обработку Данных.

**Интерпретация результатов обработки, исследования и анализа Данных** – истолкование, разъяснение смысла, значения результатов, их «перевод» на язык, в термины, образы, ..., доступные, понятные пользователю (результатов).

**Применение результатов обработки, исследования и анализа Данных** – использование результатов пользователем для решения теоретических и практических задач.

**Технологический процесс** – последовательность направленных на получение заданного результата (продукта) физических и мысленных действий (технологических операций), каждое из которых основано на использовании каких-либо естественных процессов (физических, химических, биологических и др.) и человеческой деятельности или работы заменяющих его (человека) автоматов.

Прежде всего еще раз обратим внимание на разделение понятий *информация* и *ее носители*: сигналы, данные, знания-1<sup>1</sup>, контент, а также надные = сигналы ∨ данные ∨ анзнания. Теперь поясним разницу между терминами сигнал, данные, знания как носители информации.

Поясним эти отличия на примере температуры тела (или давления, роста, массы, ...) человека. Температура тела человека служит сигналом о состоянии его (человека) здоровья, находится «внутри» человека («внутри объекта»), «живет» с ним, ежемоментно представляя своим истинным значением состояние организма, свойственное именно этому индивиду, недоступна (без измерения!) кому-либо. Чтобы информация, содержащаяся в этом сигнале о состоянии здоровья человека, была доступна для применения, температуру надо измерить. В результате измерения получаем данные, представляющие собой значения

---

<sup>1</sup> В [1, 3–5] для обеспечения четкости разделения понятий *знание-1*, как носителя информации, и знания-2, как ее части, для знания-1 предложен термин *анзнания*, оставив термин *знания* только для обозначения понятия знания-2.

отсчетов сигнала (измеренные, конечно, с какой-то погрешностью) в фиксированные моменты времени (также измеряемые с погрешностью). Они тоже несут информацию о состоянии здоровья пациента. Однако она, с одной стороны, уже, как правило, несколько искажена за счет неточности измерения значений как самой температуры, так и момента времени, к которому относится этот результат измерения, с другой, – оторвана от объекта. Что это значит? Во-первых, такое же значение температуры могут в то же время иметь разные люди, тогда как температура конкретного человека (ее динамика, значение, состояние) уникальна. Во-вторых, измеренное значение характеризует состояние пациента в момент измерения, а не сейчас, вчера, завтра, ежемоментно. В-третьих, результат может быть представлен в разных шкалах, придуманных людьми, в том числе слабых, типа усредненных понятий: большая, маленькая, нормальная, весьма относительно отражающих индивидуальные особенности человека. Для одного пациента нормой может быть 36,7 °С, для другого – 36,5, для третьего – 37,0 °С. Причем, эта норма – усредненная в течение суток. Знаниями здесь служат усредненные сведения о том, какому виду болезни какие значения температур могут соответствовать, какова динамика поведения температуры при развитии болезни, ее ожидаемые и реальные реакции на лекарства и т. д. При этом знания-1 – набор усредненных сведений об этом, собранных, хранящихся, например, в справочниках, а знания-2 – конкретные сведения о состоянии наблюдаемого пациента, их отражение в значениях температуры и многое другое, на основании чего врач будет принимать решение о состоянии здоровья пациента (рис. 1.3).

Уяснив принципиальную разницу между понятиями *Данные* и *информация*, следует отметить, что допустимо (но не желательно!) использовать их (что часто и делается!) как синонимы. Это имеет место, когда из контекста ясно, о чем идет речь, т. е. когда мы реально совершаем операции с Данными, а имеем в виду информацию, в них содержащуюся. Заметим, кстати, что информация в ряде таких операций может не претерпевать изменений. Поясним сказанное.

В процессе эксперимента мы получаем (измеряем, снимаем, воспринимаем), накапливаем, передаем, храним, упорядочиваем, структурируем, представляем (отображаем) и совершаем другие действия над Данными, не приводящие (по функциональному назначению этих действий) к изменению смыслового содержания, ценности, секретности и других особенностей информации, содержащейся в них. Условно все эти действия (операции) можно, учитывая некоторую некорректность

замены совокупности различных по смыслу терминов одним, определить единым обобщающим понятием – *сбор Данных* (об объекте), что в рассматриваемом контексте эквивалентно (но не равнозначно!) словосочетанию *сбор информации* (об объекте). Заметим, что если при сборе осуществляется отказ от всех возможных Данных (генеральной совокупности) в пользу специально получаемой их части – *выборки*, мы имеем дело с выборочными методами исследования.

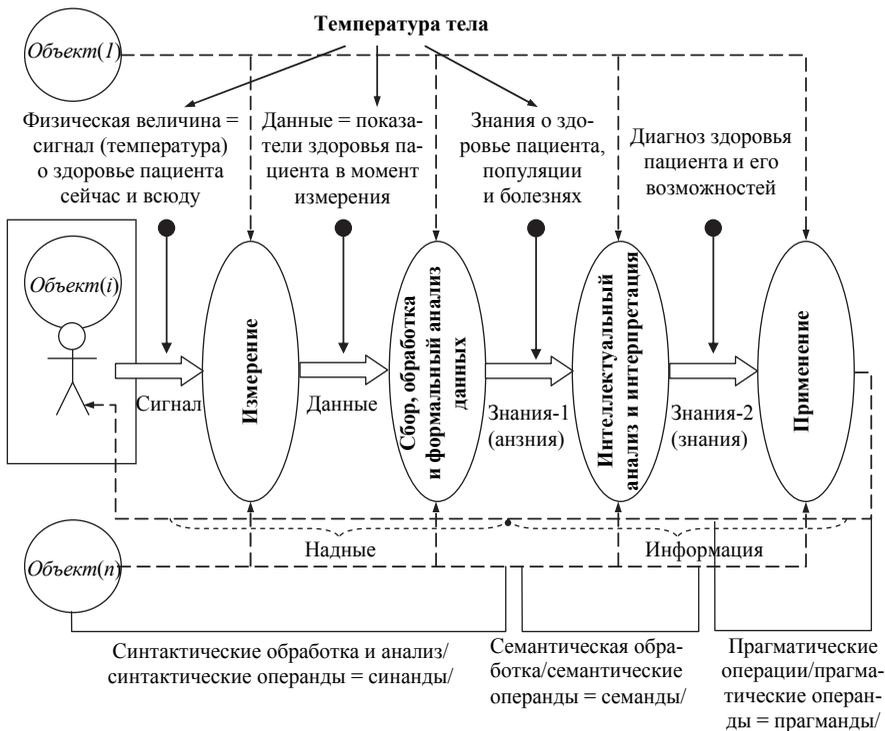


Рис. 1.3. Пояснение понятий: сигнал, данные, знания; синанды, семанды, прагманды

Аналогично, вместо терминов *преобразование, сокращение объема, сжатие, распознавание, кодирование, генерирование, защита* и других операций над Данными, обозначающих формализованные действия, направленные на приведение интересующей исследователя информации, которая содержится в Данных, к более удобному, компактному

для анализа виду (т. е. действия, связанные с частичным априори прогнозируемым изменением смысла, семантики, ценности, полезности, важности, секретности, эстетического содержания и других особенностей информации, содержащейся в этих Данных), будем применять термин *обработка Данных*, что эквивалентно (в употребляемом контексте) словосочетанию *обработка информации*. Например, при обработке выборки результатом ее чаще всего являются выборочные характеристики, используемые самостоятельно или как оценки характеристик всей генеральной совокупности. Подобная обработка Данных называется их *сверткой*, или *сверткой информации* [5].

Из изложенного ясно, что сбор и обработка Данных или информации относятся к синтаксическим операциям. При сборе и обработке их компоненты выступают как *синанды* – операнды синтаксических операций. В этом и проявляется эквивалентность Данных и информации.

Операции, связанные с исследованием Данных и извлечением информации из них, с получением согласно поставленным целям по имеющимся Данным новых знаний (теорий, идей, выводов, решений и т. п.), объединим понятием *анализ Данных*, или *анализ информации*. Анализ является семантической операцией, в которой компоненты выступают как *семанды* – операторы семантических операций. Заметим, что иногда под анализом Данных понимают такие процедуры получения свертки, которые не допускают формального алгоритмического подхода [5].

При формализованной (механической) обработке (как, впрочем, при сборе и обычном, сверточном, анализе) Данных содержащийся в них объем информации не может быть увеличен. При этом происходит лишь преобразование информации к виду, более удобному (по сравнению с полученным во время или после сбора) для дальнейших операций анализа, интерпретации и применения результатов обработки. Заметим также, что анализу Данных предшествуют их сбор и обработка. Поэтому словосочетание *анализ Данных*, или *анализ информации*, часто используется в расширенном понимании, объединяющем все операции с Данными, или информацией. Мы постараемся при необходимости делать различие между понятиями *сбор*, *обработка* и *анализ*.

Следующее важное понятие – *интерпретация результатов* обработки и анализа Данных и информации. Под ним понимается истолкование, разъяснение смысла, значения, перевод результатов на язык, в термины, образы, доступные, понятные пользователю. Обратим внимание на два обстоятельства. Во-первых, на некорректность словосочетания «интерпретация сигналов или данных». Интерпретировать можно только

информацию, в частности знания, т. е. то, что содержится в сигналах, данных, является результатом их обработки, анализа, а не сами сигналы, данные, знания-1 как носители информации. Во-вторых, на то, что интерпретация относится к семантическим операциям.

Сочетание интерпретирование сигналов или данных может использоваться лишь в контексте их представления, сравнения, толкования как носителей информации, но не в контексте интерпретации результатов их обработки и анализа.

Под *применением результатов* обработки и анализа Данных и информации будем понимать действия, связанные с использованием этих результатов для решения теоретических и практических задач, с реализацией технологии, с достижением конкретных целей, в которых сбор, обработка, анализ Данных и информации и интерпретация их результатов – лишь промежуточные, вспомогательные и необходимые технологические этапы, операции.

Действия, операции, связанные с применением результатов, относятся к прагматическим, а любые используемые при этом операнды назовем *прагмандами*. К ним относятся польза, вред, нейтральность от применения результатов сбора, обработки, анализа, интерпретации Данных и информации.

Наконец, еще один важный момент, касающийся понятия *носители информации* – наличие их разноуровневости: из одних (*финальных*) мы непосредственно выявляем, добываем, извлекаем информацию, другие являются промежуточными носителями *финальных* носителей. Поясним изложенное.

Прежде всего отметим, что рассмотренные носители информации – сигналы, данные, знания-1, контент относятся к уровню *финальных*. Когда мы говорим, что сигнал (например, температура тела, пульс, артериальное давление, электрические потенциалы, отражающие состояние сердца, и т. п.) – носитель (*стартовый источник*) информации об объекте, мы в это вкладываем тот смысл, что его мгновенные текущие значения и/или значения его параметров, вид и значения его характеристик, отражающих те или иные состояния объекта, несут необходимые, полезные для диагностики текущего состояния объекта (здоровья человека) сведения. Аналогично данные (например, отсчеты сигнала) содержат семантические сведения о состоянии объекта только на момент их получения с учетом погрешностей, достоверности. Но эти данные мы записываем, представляем, храним, передаем с помощью их промежуточных носителей (символов, кодов, образов, графиков, звуков, электромагнитных колебаний и т. п.), внутри которых можно

ввести свою иерархию в процессе оперирования с ними. Носителями этих промежуточных носителей являются другие промежуточные носители – бумага, диск, флэшка, экран, ... А что служит носителем генной, наследственной информации? Понятно, что можно все их обобщенно считать и называть просто носителями информации (как это часто делается). Однако это вряд ли желательно и целесообразно делать. Почему? Когда мы рассматриваем принципы построения устройств хранения Данных, а пишем «устройств хранения информации», не делаем ли мы тем самым «медвежьёу услугу» читателю, неосознанно заставляя его отождествлять понятия *Данные* и *информация*, т. е. понятие *Данные* как сырье, руду, из которых получается (добывается, извлекается, ...) информация, и понятие *информация* как продукт, полезное ископаемое, которые получаются из сырья, руды? Ведь для извлечения информации из Данных необходимо выполнить определенную последовательность технологических операций (особенно если Данные закодированы, заархивированы, защищены, сознательно «искажены»), без чего информация не может быть вообще или правильно получена потребителем. Почему же тогда это не рассматривается в принципах построения *носителей информации*, отождествляемых с *носителями Данных*? Может, принципы построения именно информации, той ее части, которая нужна конкретному пользователю, будут другими, отличными или не полностью совпадающими с принципами построения носителей Данных?

Наконец, коснемся важных для алгоритмов понятий – *метод* и *алгоритм*.

Обычно под *методом* (от гр. *methodos* – путь к чему-либо) понимают правило или систему стандартных правил, подходов, способов, путей, приемов, действий, направленных на достижение цели или решение конкретной задачи. *Алгоритм* же решения какой-либо задачи понимается двояко. Во-первых, как формальное представление, точное предписание (в виде конечного набора правил), однозначно определяющее содержание и последовательность чисто механически выполняемых действий (алгоритмических операций), переводящих исходные данные задачи в искомый результат. Во-вторых, как сам процесс решения поставленной задачи в виде такой совокупности действий (операций), предпринимаемых по строго определенным правилам, которая после последовательного (пошагового) их выполнения приводит к такому ее решению, когда результат однозначно определяется исходными данными.

Таким образом, для алгоритмов характерны следующие особенности:

- *дискретность процедур* – расчлененность определяемого алгоритмом процесса решения на отдельные элементарные акты (действия, операции), возможность выполнения которых не вызывает сомнения и выполнение каждого из которых допустимо только после завершения всех операций на предыдущем этапе (шаге);
- *определенность (общепонятность, детерминированность) действий* – жесткая четко определенная последовательность элементарных операций, выполнения шагов, когда, во-первых, совокупность промежуточных результатов-операндов на любом шаге однозначно определяется операндами, имевшимися на предыдущем шаге; во-вторых, когда ни у кого не возникает возможность различно толковать путь решения задачи;
- *направленность* – если способ получения последующих операндов из предыдущих не приводит к результату, то указывается, что следует считать результатом (применения) алгоритма;
- *элементарность* – когда правило получения последующих операндов из предыдущих должно быть простым и локальным;
- *результативность (сходимость)* – нахождение искомого результата после выполнения конечного числа шагов;

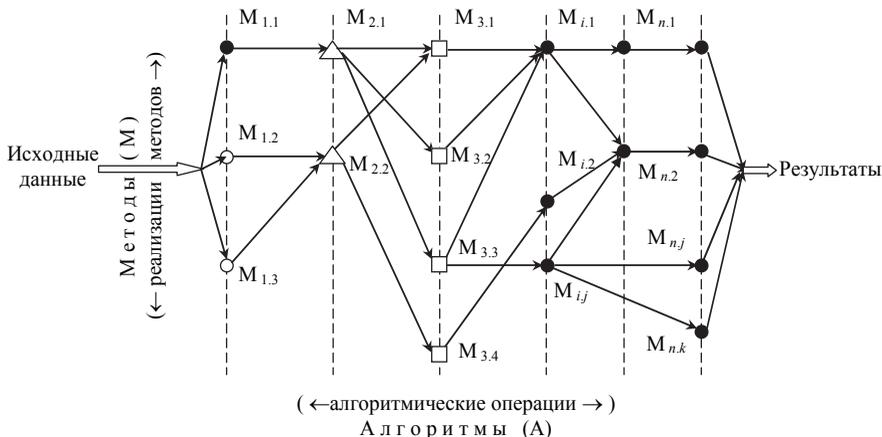


Рис. 1.4. Условное изображение связи методов и алгоритмов:

- – отдельные элементарные алгоритмические операции; ○, △, □ – набор последовательности элементарных операций, реализующих метод (подалгоритм)

- *однозначность* – единственность результата процесса при заданных исходных данных;
- *массовость* – применимость для различных исходных данных и для классов задач.

Из изложенного следует, что условно соотношение метода и алгоритма решения конкретной задачи в виде последовательности операций можно представить в виде рис. 1.4.

На рисунке  $M_{i,j}$  –  $j$ -я разновидность метода, связанного с реализацией  $i$ -й алгоритмической операции. Например, разновидность метода параметрического или непараметрического оценивания, реализуемая своим подалгоритмом как составной частью всего алгоритма статистического измерения или оценивания.

Понятно, что если названия метода и алгоритма в точках ветвления совпадают, то полное наименование всего алгоритма решения задачи будет составным из  $n$  названий, отражающих каждую операцию, если, конечно, это длинное наименование не будет заменено эквивалентным коротким.

## § 1.4. ИНФОРМАТИКА И ЕЕ СТРУКТУРЫ

Центральным понятием настоящей дисциплины является термин *информатика*. Хотя его разные определения и история трансформации понятия рассмотрены в разных источниках (см. об этом, например, в [1, 3]), общепринятого толкования термин не имеет до настоящего времени, несмотря на то что он не относится к исследовательской (познавательной) модели понятия, т. е. может быть введен в качестве договорной или созидательной (прагматической) модели. Поэтому рассмотрим его в трактовке, которой в такой или близкой форме придерживается все большее число специалистов. Это определение и связанные с ним понятия, рассматриваемые в дисциплине «Введение в специальность», приведены в концентрированном виде и на рис. 1.5, 1.6, и в табл. 1.1 (более подробно о них см. в [1, 3, 4]). Здесь уместно обратить внимание на следующие моменты:

1) на триединство *информатики* как состоящей из фундаментальной и прикладной научных дисциплин и соответствующей области практической деятельности человечества, имеющих одинаковые объемы, но разные предметы исследования (см. рис. 1.5);

## ОБЪЕКТЫ ИНФОРМАТИКИ

- собственно информация, информационные модели, процессы, технологии, средства, структуры, ресурсы, услуги, отношения с другими информационными и «неинформационными» объектами (включая субъекты) Вселенной

## ПРЕДМЕТЫ (ВНИМАНИЯ) ИНФОРМАТИКИ

**Фундаментальная наука** • сущность, состав, свойства, правила и закономерности строения, функционирования, поведения, развития, ... объектов информатики; познание, изучение, описание, исследование происхождения, объяснение и предсказание их строения, свойств и особенностей

**Прикладная наука** • теоретические основы создания и эффективного применения объектов информатики

**Область практической деятельности** • разработка, изготовление, выпуск и разностороннее эффективное использование объектов информатики, а также сбор, передача, обработка, анализ, интерпретация, применение информации и ее носителей в нужном объеме заданного качества в требуемые сроки при минимальной себестоимости

## МЕТОДЫ ИНФОРМАТИКИ

**Общенаучные** • анализ, синтез; аналогия, сравнение; индукция, дедукция, традиция, абдукция; наблюдение, экспериментирование; формализация, абстрагирование; аксиоматические, гипотетические, эвристические, аналитические; естественно-научные, эмпирические, аксиоматические (математические); инженерные; изобретательские; моделирующие; информационные и т.п.

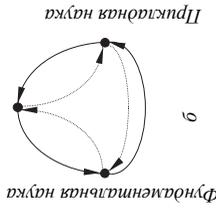
**Специфичные** • алгоритмизация, моделирование, программирование (планирование); системные; имитационные; виртуальная реальность; поиска, анализа, выбора вариантов, решений; обнаружения и исправления ошибок; распознавания образов; постановки и решения задач, доказательств, творчества, ...

## ПОНЯТИЕ ИСТИНЫ (ИСТИННОСТИ)

**Истинным (верным)** считается то, что получено с помощью корректных логических выводов и доказательств, подтверждено корректным физическим и/или машинным экспериментом, а также принципиально другими вариантами решений

Рис. 1.5. Объекты, предметы, методы исследования и понятие истины в информатике

а  
Область практической  
деятельности



Аппаратные (технические)
Математические (модельные + алгоритмические)
Программные
Информационные
Лингвистические
Технологические
Метрологические
Логистические
Правовые
Организационно-экономические
Эргономические

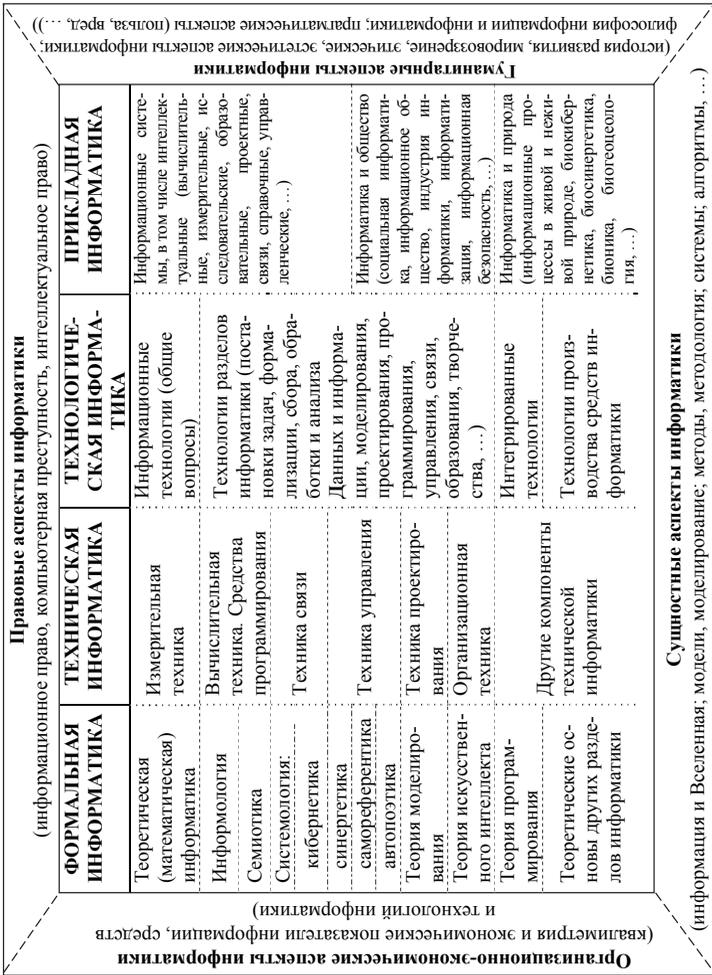


Рис. 1.6. Пояснение структуры информатики: а – схемное изображение триединства информатики; б – средства информатики – подсистемы информационных систем различного назначения; в – состав информатики как научной дисциплины

**«Рабочие» определения базовых терминов информатики**

Термин	Определение термина
<b>Информатика</b>	Научная дисциплина, охватывающая совокупность фундаментальных и прикладных направлений, и область практической деятельности, занимающиеся исследованием сущности, свойств, закономерностей информации и решением проблем создания, внедрения и исследования технологий, процессов, средств сбора, передачи, обработки, изучения, анализа, интерпретации и применения Данных и информации, а также решением разнообразных задач использования Данных и информации, информационных технологий, средств, ресурсов и структур в естественных и искусственных материальных объектах, живых и неживых организмах и сообществах
<b>Информационные ресурсы</b>	Различные формализованные знания (теории, идеи, изобретения), данные (в том числе документы), технологии и средства их сбора, обработки, анализа, интерпретации и применения, а также обмена между источниками и потребителями информации
<b>Информационная технология</b>	1. Совокупность научных дисциплин, занимающихся изучением, созданием и применением методов, способов, действий, процессов, средств, правил, навыков, используемых для получения новой информации (сведений, знаний), сбора, обработки, анализа, интерпретации, выделения и применения Данных и информации с целью удовлетворения информационных потребностей национального хозяйства и общества в требуемом объеме и заданного качества 2. Совокупность самих этих методов, способов, действий и т. д.
<b>Информационный процесс</b>	Последовательность действий по сбору, передаче, обработке, анализу, выделению и использованию с различной целью информации (и/или ее носителей) в ходе функционирования и взаимодействия материальных объектов
<b>Информационный технологический процесс</b>	Компонент информационной технологии как практического инструмента рецептурной деятельности, часть производственного процесса, состоящая из последовательности согласованных технологических операций, связанных со сбором и с обработкой Данных как носителей информации, выделением из них необходимых сведений, новостей, знаний, их накоплением, исследованием, анализом, интерпретацией и применением

2) на соборность (агрегированность) информатики (см. рис. 1.6), наличие разных структур информатики как моделей ее состава, т. е. совокупности элементов, частей, разделов, образующих ее, а также связей между составляющими ее элементами. Структура объекта есть целевой образ, его куомодная модель, отвечающая на вопрос «Как устроен, из чего состоит объект?». Поэтому степень детализации структуры и ее элементов, включение той или иной части объекта в его модельное представление в виде структуры, отражение в структуре соответствующих связей, их назначения, особенностей, ... определяются целью построения структуры. Примеры разных структур информатики представлены на рис. 1.6. В частности, на рис. 1.6, в представлена одна из структур формальной информатики, которую мы условно в пособии назвали теоретической (см. введение).

## **§ 1.5. СТРУКТУРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ (ФОРМАЛЬНОЙ) ИНФОРМАТИКИ**

Один из вариантов более детального перечня разделов (дисциплин) формальной (теоретической) информатики представлен ниже. Заметим, что в указанный далее перечень разделов входят как собственно развиваемые в информатике, так и те, что создавались в других дисциплинах (прежде всего в математике) задолго до появления информатики как научной дисциплины, составляют ее теоретический каркас, аппарат формализации. Ситуация здесь аналогична той, что имеет место в теоретической физике, математической физике, химии, биологии, геологии.

Выделим следующие разделы теоретической (математической, формальной) информатики, составляющие ее теоретические начала, формализованные основы.

### **1. Базовые математические дисциплины, используемые в информатике**

- 1.1. Дискретная и вычислительная математика и геометрия.
- 1.2. Компьютерная алгебра и теория графов.
- 1.3. Математическая логика и исчисления высказываний.
- 1.4. Математические методы системного анализа.
- 1.5. Теория алгоритмов и формальных грамматик.
- 1.6. Теория автоматов.
- 1.7. Математическая и структурная лингвистика.
- 1.8. Теория сигналов.

1.9. Теория экспериментов, компьютерного анализа Данных, их идентификации, имитации прогнозирования и интерпретации результатов.

1.10. Теории оптимизации, исследования операций, игр, систем массового обслуживания и т. п.

1.11. Теория Данных, их сбора, хранения, кодирования и передачи.

1.12. Нетрадиционные методы формального описания систем и Данных (фрактальные, нечеткие, экспертные, интервальные, нелинейной динамики и динамического хаоса, квантовые и пр.).

**2. Системология** (теоретические основы нижеперечисленных разделов)

2.1. Общая теория систем.

2.2. Теория выбора и решения системных проблем.

2.3. Теория управления. Кибернетика.

2.4. Имитационное моделирование систем.

2.5. Компьютерные игры.

2.6. Техническая диагностика и тестирование систем.

2.7. Теории обучения, классификации, распознавания образов.

2.8. Надежность аппаратного и программного обеспечения.

2.9. Синергетика, самореферентика, автопоэтика.

**3. Теоретические основы искусственного интеллекта**

3.1. Когнитология и когнитивная психология.

3.2. Инженерия знаний. Базы знаний и экспертные системы.

3.3. Управление знаниями.

3.4. Компьютерная лингвистика и психолингвистика.

3.5. Машинный перевод, машинное моделирование рассуждений, доказательств и проверки гипотез.

3.6. Концептуальное проектирование искусственных объектов. Синтез текстов, речи, литературных и музыкальных произведений.

3.7. Теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), развития технических систем (ТРТС), развития творческой личности (ТРТЛ), сильного мышления (ТСМ).

3.8. Теория интерпретации и выводов.

3.9. Теория моделей и моделирующих систем.

3.10. Нейрокомпьютеры и нейрокомпьютерные сети и системы.

3.11. Автоматы и автоматные сети.

3.12. Робототехника и интеллектуальные агенты.

3.13. Интеллектуальный и когнитивный анализы Данных.

3.14. Другие разделы искусственного интеллекта.

#### **4. Теория программирования** (теоретические основы нижеперечисленных разделов)

4.1. Теоретические основы программирования.

4.2. Классификация средств программирования и программных систем.

4.3. Архитектура системного программного обеспечения.

4.4. Операционные системы.

4.5. Языки программирования.

4.6. Трансляторы, компиляторы, редакторы.

4.7. Специальные виды программирования.

4.8. Прикладное программное обеспечение.

4.9. Программирование и структуры данных. Базы и банки данных. Электронные таблицы.

4.10. Параллельное, системное, сетевое программирование.

4.11. Интегрированные программные системы.

4.12. Технологии программирования.

#### **5. Информология**

5.1. Предмет, объект и методы информологии.

5.2. Информация и эволюция.

5.3. Информация, образование и формирование личности.

5.4. Другие разделы информологии.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Итак, в первой главе приведены и пояснены первичные понятия информатики. Прежде всего рассмотрены понятия *модель* и *термин*. Обращено внимание на недопустимость отрывания модели от отображаемого ею объекта, цели отображения, субъекта, оперирующего с моделью, и среды, в которой осуществляется это отображение. Рассмотрены базовые свойства модели. Дано пояснение науки как области человеческой деятельности и ее составной дисциплины – информатики, их объектов, предметов, методов и понятия истинности результатов. Особый упор сделан на базовые понятия, связанные с информацией и ее носителями.

Обращено внимание на возможность взаимного контекстного использования (при категорической недопустимости отождествления понятий!) термина *информация* и терминов, касающихся носителей информации: *сигналы*, *данные*, *знания-1*, *контент*, *модель*, *кодированное представление* и т. п. Для дополнительного акцентирования внимания на недопустимость отождествления понятий, стоящих за терминами, касающимися информации и ее составных частей, с одной стороны, и

их носителями, с другой, введены следующие новые термины: *надные, анзня, Данные, синанды, семанды, прагманды*. Первые из них являются конкретизирующими (анзня) и обобщающими (надные, Данные) для носителей информации как альтернатива самой информации, которую они несут. Вторые (синанды, семанды, прагманды) – отражают функции, назначение Данных и содержащейся в них информации как операндов информационных технологических процессов. А именно, являются ли Данные и информация объектами несмысловых синтаксических операций (сбора, накопления, передачи, ...), семантических (связанных с извлечением информации, преобразованием ее смыслового содержания, ...) или практического применения, когда важны вопросы ценности, пользы, затрат на хранение, получение, передачу Данных или информации. Заметим, что именно в первых (синтаксических) и третьих (прагматических) операциях допустимо эквивалентное дизъюнктивное применение терминов *Данные* или *информация*. Например, сбор Данных об объекте означает синтаксический сбор информации об объекте через эти Данные, т. е. сбор информации, которую несут Данные об объекте. Именно в этом контексте чаще всего можно считать эквивалентными словосочетания средства сбора, хранения, передачи Данных и средства сбора, хранения, передачи информации.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Согласны ли вы с наименованием образовательного направления «Информатика и вычислительная техника»? Обоснуйте свой ответ.
2. Что такое структура объекта? Что такое структура информатики? Может ли быть несколько структур исследуемого объекта? Почему?
3. Поясните термин *теоретическая информатика*. Как он соотносится с терминами *фундаментальные основы информатики* и *формальная информатика*?
4. Что такое модель? Приведите поясняющие примеры. Может ли быть модель модели или бывают только модели оригинала? Может ли оригинал быть моделью? Если да, то чего?
5. Поясните словосочетание *термины как модели определяемых ими понятий*.
6. Поясните термины теории моделирования: *объект, субъект, среда, цель*.
7. Перечислите и охарактеризуйте основные свойства модели. Приведите примеры.

8. Что понимается под термином *наука*? Укажите необходимые условия, при которых область человеческой деятельности можно отнести к научной.

9. Что такое состав науки? Перечислите и поясните критерии научности познания.

10. Что представляют собой результаты науки? В чем их сходство и отличие от результатов других видов человеческой деятельности?

11. На какие виды делятся научные знания?

12. Приведите и поясните типы научных дисциплин.

13. Дайте определения терминам *сигналы, данные, знания, контент, надные, анзния, Данные*. В чем сходство и различие этих понятий?

14. Что такое *информация, новости, протознания, информационный мусор, релевантная информация*?

15. Чем различаются понятия *сбор, обработка, анализ, исследование, применение Данных*?

16. Что такое *интерпретация данных, интерпретация результатов работы с Данными* (сбора, обработки, анализа, ...)?

17. Что такое *технологический процесс? Информационный процесс? Информационный технологический процесс?*

18. Что такое *информационные ресурсы*?

19. Что такое *информатика*? В чем суть ее триединства?

20. Перечислите и поясните объекты информатики.

21. Перечислите и поясните предметы информатики как фундаментальной и прикладной наук и области практической деятельности человечества.

22. Перечислите и поясните методы информатики.

23. Как трактуется понятие истины в информатике?

24. Приведите примеры разных структур информатики. Почему их несколько?

25. Укажите основные средства информатики.

26. Приведите пример структуры теоретической информатики.

## Глава вторая

### МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

#### § 2.1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ

##### 2.1.1. Определение моделирования

Прежде чем переходить к описанию моделирования объектов, обратим внимание на оговоренную в п. 1.1 условность трактовки понятия *исследование объекта*. Под исследованием объекта имеется в виду не только его изучение, но и его описание, проектирование, управление и другие сходные действия с объектом.

Как следует из изложенного в первой главе, во взаимодействии с объектом создание его модели – не самоцель. Это лишь первый этап его моделирования.

*Моделирование объекта* есть метод его исследования, основанный:

- а) на замене исследуемого объекта-оригинала его моделью;
- б) на работе с моделью вместо объекта, т. е. исследовании объекта по (на) его модели (е);
- в) переносе полученных по (на) модели (е) результатов на объект.

Обратим внимание на трехстадийность моделирования и понимания под ним именно совокупности всех трех стадий, а не какой-то одной из них. При этом, как указывалось ранее, важно помнить о целевой направленности моделирования, а также о том, что оно выполняется в определенной среде с учетом условий функционирования объекта и реализации каждой стадии моделирования. В частности, необходимо иметь в виду, как, в каких условиях, с какой достоверностью и информативностью (см. далее) получены Данные об объекте, используемые для построения модели и проверки ее адекватности (см. далее), какие задачи будут решаться на основе результатов моделирования с учетом

многоуровневости исследования объекта. Пример многоуровневости исследования объекта и, как следствие, согласования целей получения результатов на выходе каждого уровня приведен на рис. 2.1 [5] и рис. 2.2 [6, 7].



Рис. 2.1. Условное изображение разных уровней моделирования объекта

Прокомментируем приведенные определения моделирования.

Во-первых, обратим внимание на двойственность выделения трехстадийности моделирования. Она должна иметь место (т. е. мы должны иметь ее в виду) как на каждом этапе построения и использования

модели, т. е. относиться к стадиям *a–в*, так и по отношению ко всему процессу моделирования (см. рис. 2.1). Первое означает, что все три стадии должны выполняться (учитываться) при построении модели, т. е. на стадии замены объекта моделью, исследования объекта по модели, и при возвращении к объекту для проверки верности результатов построения модели объекта и полученных по модели результатов решения прикладной задачи, их правильности, пригодности именно для данного исследуемого объекта. Если это иметь в виду, то можно было бы моделирование в целом определить как метод исследования, основанный на замене объекта его моделью. Именно в такой трактовке чаще всего и дается определение моделирования.

Во-вторых, учитывая опыт изучения студентами данного понятия моделирования, считаем необходимым включить в дефиницию трехстадийности моделирования как метода исследования. Иначе у студентов иногда складывается представление о моделировании как только об одной какой-то его стадии, например только построении модели либо замене объекта моделью и т. п., как самоцели, а не отдельного этапа (стадии) моделирования.

Наличие многостадийности подчеркивает рис. 2.1, а также рис. 2.2–2.4.

Все незнакомые термины рисунков приведены в глоссарии (он будет дан во второй части пособия; см. также [1–5]).

### **2.1.2. Требования к модели**

Хотя модель есть целевой образ объекта-оригинала, не каждая модель может быть пригодной для решения конкретной задачи. С одной стороны, это следствие конкретной модели, в частности того, как проявляется свойство ее финитности при решении задачи, с другой стороны, помимо цели, назначения модели (см. рис. 1.1, [4, 8]) необходимо иметь в виду функцию, которую будет выполнять модель при достижении этой цели [8].

Это такие функции, как описательная, измерительная, интерпретаторская, предсказательная, критериальная [8].

Для того чтобы модель была пригодна для решения конкретной задачи, при ее построении и/или выборе необходимо проверить модель на удовлетворение ею совокупности требований, определенных этой задачей. Это следующие требования [8].

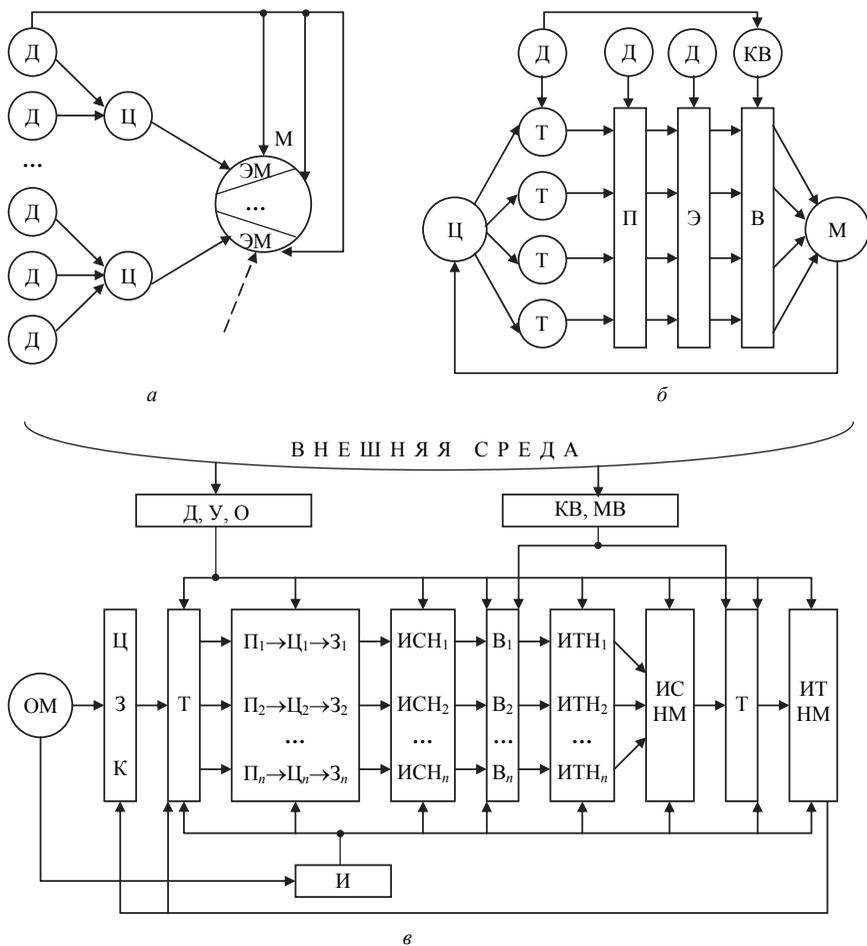


Рис. 2.2. Процесс синтеза модели на основе классического (а), системного (б) подходов и его реализации в рамках вариативного моделирования (в):

$V_i, B$  – выбор моделей  $i$ -й подсистемы, объекта; Д – данные; И – информация; ИСН $_i$ , ИТН $_i$  – исходный и итоговый наборы моделей  $i$ -й подсистемы; ИСНМ, ИТНМ – исходный и итоговый наборы моделей объекта; К – критерии достижения цели; KB, MB – критерии и методы выбора; О – ограничения; OM – объект моделирования; Ц, З – глобальные цель и задачи моделирования;  $\Pi_i$  –  $i$ -я подсистема; Т – требования; У – условия;  $\Pi_i, Z_i$  – цель и задачи моделирования  $i$ -й подсистемы; Э – элемент; ЭМ – элемент (компонента) модели [6, 7]