



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОЗНАНИЯ

кафедра информатики СПбГЭУ,  
ауд. Г 2038 наб. Канала Грибоедова, 30.





## Литература

1. Компьютерные технологии и информационные системы. Электронный ресурс <https://de.unecon.ru/course/view.php?id=1335>. Режим доступа 28.07.2019.
2. Информатика. Учебник в 2 томах Под ред. профессора В.В. Трофимова. - 3-е издание. - Том. 2. - Академический курс. 2017. - 406 с.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ





## Модель –

**(от лат. «modulus» — мера, образец) — это объект или образ (мысленный или условный: гипотеза, идея, абстракция, изображение, описание, схема, формула, чертеж, план, карта, блок-схема алгоритма, ноты и т.п.), которые упрощенно отображают самые существенные свойства объекта исследования, замещают реальный объект в процессе исследования.**



## Моделирование –

**метод научного исследования явлений, процессов, объектов, устройств или систем (обобщенно — объектов исследований), основанный на построении, изучении и использовании моделей с целью получения новых знаний, совершенствования характеристик объектов исследований или управления ими**



## Модели

**создаются с допущениями об учете не  
полной совокупности всех элементов  
и связей, определяющих их свойства  
объектов исследования, а лишь  
существенных для каждого  
конкретного исследования, а,  
следовательно являются  
упрощенными объектами по  
сравнению с исследуемыми.**



## Модели

**В зависимости от цели, стоящей перед исследователем, числа допущений, их характера и вида, для одного и того же объекта вариативны, следовательно, один и тот же объект исследования может быть заменен множеством моделей**



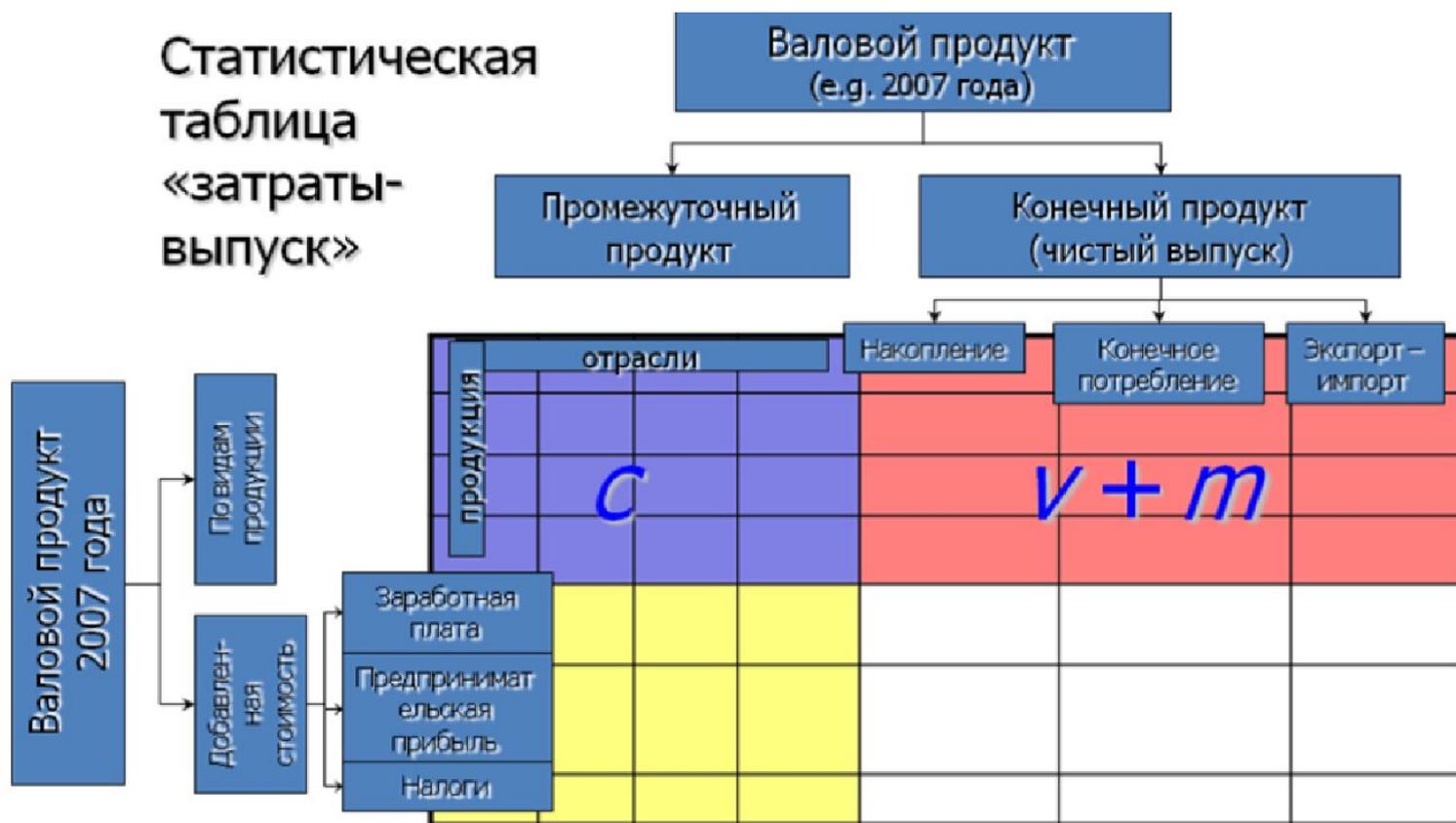
## Классификация моделей

**По отношению ко времени модели разделяют на:**

- статические, описывающие систему в определенный момент времени.**
- динамические, рассматривающие поведение системы во времени.**



# Модель межотраслевого баланса





# Динамическая модель межотраслевого баланса

Отрасли	Промежуточное потребление (текущие затраты)					Валовые инвестиции (изменение основных и оборотных средств)					Конечное потребление, $Y$	Валовой продукт, $X$	
	1	2	...	...	$n$	1	2	...	...	$n$			
1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1j}$	...	$x_{1n}$	$K_{11}$	$K_{12}$	...	...	$K_{1n}$	$Y_1$	$X_1$
2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2j}$	...	$x_{2n}$	$K_{21}$	$K_{22}$	...	...	$K_{2n}$	$Y_2$	$X_2$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$	$x_{n1}$	$x_{n2}$	...	$x_{nj}$	...	$x_{nn}$	$K_{n1}$	$K_{n2}$	...	...	$K_{nn}$	$Y_n$	$X_n$

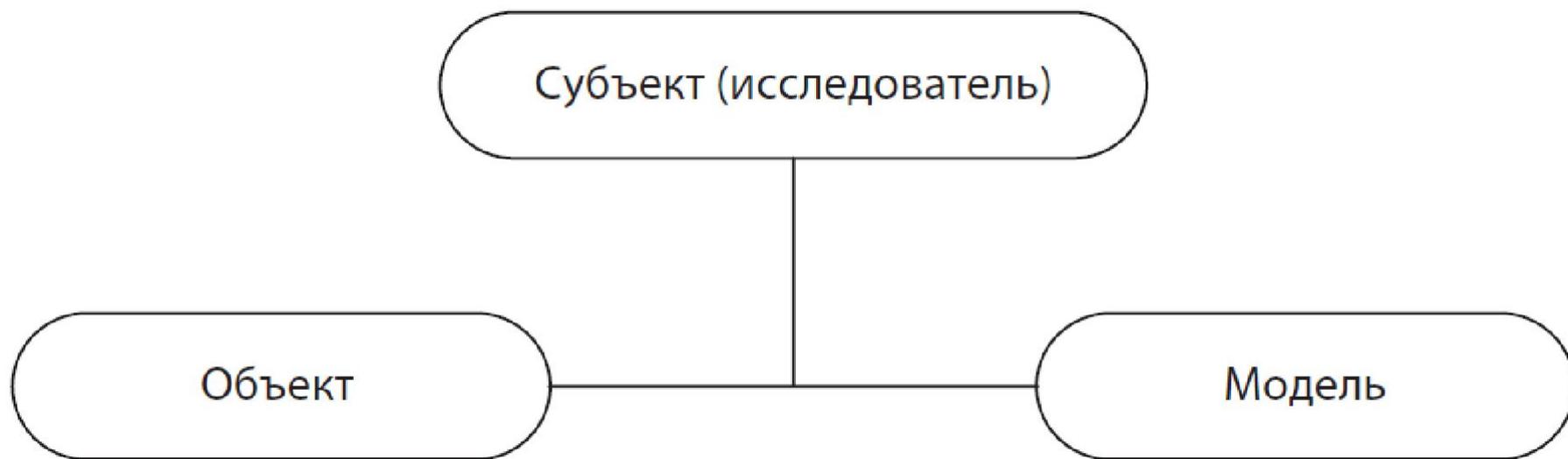


## Классификация моделей

**В свою очередь, динамические модели подразделяют на дискретные, в которых все события происходят по интервалам времени, и непрерывные, где все события происходят непрерывно во времени.**



# Модель в структуре связей с объектом и субъектом





## Цели моделирования

- познание объекта-оригинала, законов его развития и взаимодействия с окружающим миром, объяснение их,
- управление объектом и определение наилучших способов достижения заданных целей и критериев,
- прогнозирование прямых и косвенных последствий реализации способов и форм воздействия на объект



## Этапы разработки модели

**Постановка задачи.**

**Под задачей понимается некая проблема (или проблемная ситуация), которую надо решить. На этапе постановки задачи необходимо определить цели моделирования, проанализировать объект или процесс, описать задачу .**



## Этапы разработки модели

**Описание задачи.**

**Задача формулируется концептуально на языке, понятном для последующего использования концептуальной модели (с использованием стандартных нотаций). Главное здесь — определить объект моделирования и понять, что должен представлять собой результат.**



## Анализ объекта

**На этом этапе четко выделяют моделируемый объект, его основные свойства, его элементы и связи между ними, а также показатели, характеризующие процессы, происходящие в моделируемых системах (экономических, технических и других).**



## Формализация задачи —

отображение содержательного знания в знаково-символическом виде (формализованном языке). При формализации рассуждения об объектах переносятся в плоскость оперирования со знаками, что связано с построением искусственных языков (язык математики, логики и т.п.). В формализованных рассуждениях каждый символ строго однозначен.



## Выбор адекватной модели

**Значительное число задач предметных областей схожи в формализованном виде и для них созданы адекватные модели, причем в ряде случаев существуют альтернативные модели, а их широкая апробация и опыт использования позволяют выбрать на основе сопоставительных результатов их применения наиболее рациональную из моделей.**



## Верификация

**Исследователь должен быть уверен в корректности модели, в соответствии модели реальному прототипу. Точность математического моделирования зависит от того, насколько хорошо математическая модель отражает свойства объекта. Исследователю важно знать, с какой погрешностью он получает результат, потому что в случае большой погрешности расчет теряет смысл.**



## Верификация модели

**(model verification) — проверка ее истинности, адекватности. Дословно верификация — это: 1) контроль, проверка; 2) удостоверение, подтверждение (предсказания, сомнения). Адекватность модели — совпадение свойств (функций/параметров/характеристик и т. п.) модели и соответствующих свойств моделируемого объекта. Адекватностью называется совпадение модели моделируемой системы в отношении цели моделирования.**



## Валидация модели

**(model validation) — проверка соответствия данных, получаемых в процессе компьютерного моделирования, реальному объекту, для описания которых создана модель. Она состоит в том, что выходные данные после расчета на компьютере сопоставляются с имеющимися сведениями о моделируемой системе.**



## От модели – к моделированию

**Выбор модели предопределяет в последующем выбор программного обеспечения для компьютерного моделирования**



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# КЛАССИФИКАЦИЯ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ





## Классы моделей

- 1) словесные или описательные. Их также называют вербальными или текстовыми моделями (например, милицейский протокол с места происшествия);
- 2) натурные (глобус, макет расположения атомов в молекуле, масштабная копия автомобиля);
- 3) абстрактные, или знаковые (математические и компьютерные модели).



**графические модели, например, краты, отображающие местность или звездное небо. Карты используют принцип подобия: сохраняют формы (контуры) континентов, морей, океанов, рек, гор, созвездий, положения объектов друг относительно друга, угловые расстояния между звездами, соотношения их светимостей и т.д.**



## Формы моделей

**Манекены — модели людей, которые отражают их внешние черты.**

**Манекены подобны людям, сохраняют их пропорции, цвета кожи, волос.**

**Используются модели в виде макетов технических средств и других объектов реального мира.**



## Модели

**работы одних аппаратных или программных средств с помощью других именуются дефинициями «имитатор», «симулятор» и «эмулятор» (от англ. emulation).**

**Симуляторами чаще всего виртуально имитируются объекты и их действия в технологических процессах, компьютерных играх и др.**



**Вычислительный эксперимент**  
проводимый методами  
компьютерного моделирования  
получил распространение как в  
физике, химии, биологии, других  
естественных науках, так и в  
экономике психологии, лингвистике,  
филологии.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

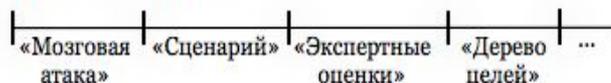




# Методы

а

Вербальное описание  
проблемной ситуации



Формальная модель

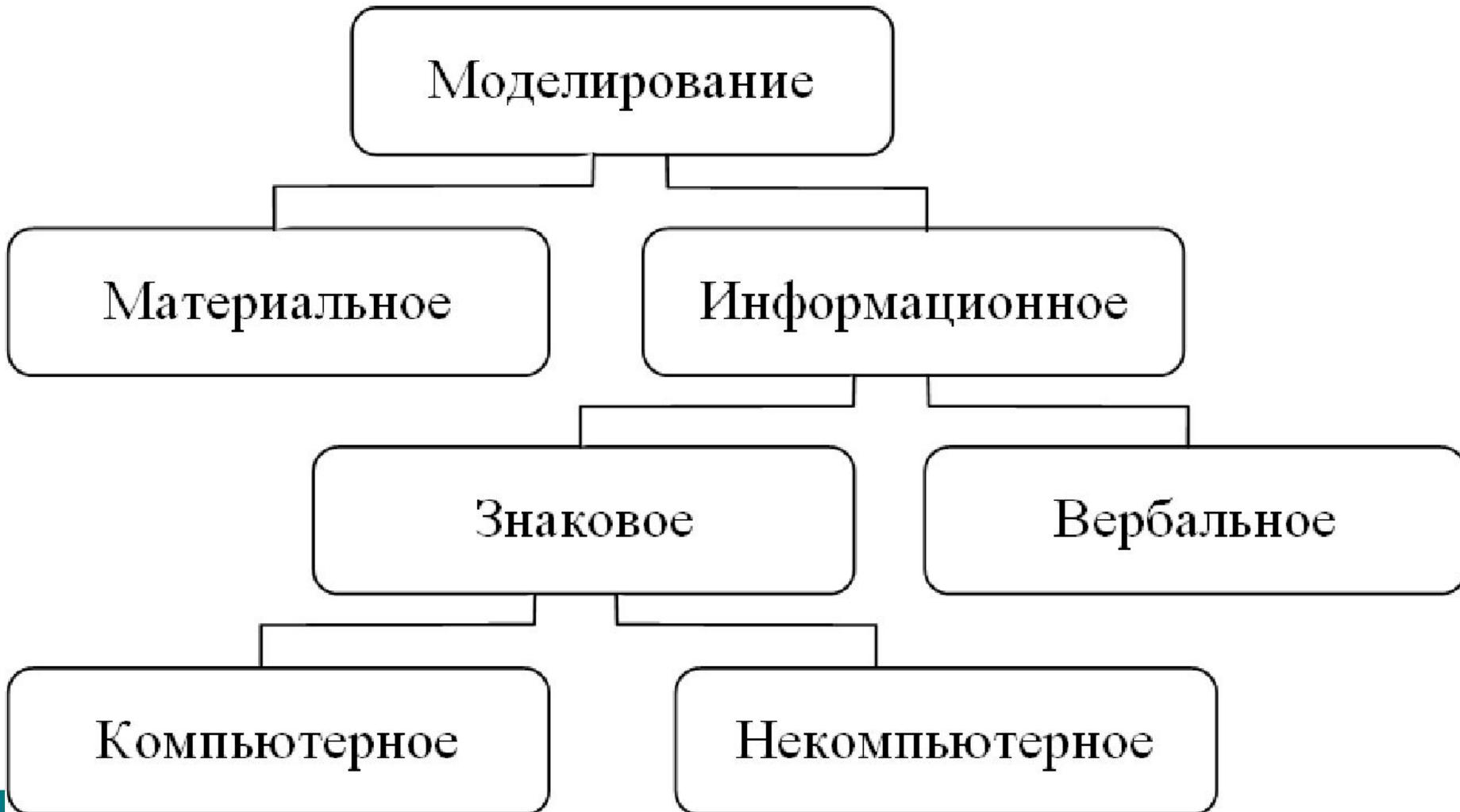


б





# Методы моделирования





## Материальные модели

иначе можно назвать предметными, физическими. Они воспроизводят геометрические и физические свойства оригинала и всегда имеют реальное воплощение. Материальные модели реализуют материальный подход к изучению объекта, явления или процесса (измерить, увидеть, услышать).

Примеры: масштабные модели автомобилей, учебные пособия и опыты с ними, карты и многое другое.



## Информационные модели -

**совокупность информации, характеризующая свойства и состояния объекта, процесса, явления, а также взаимосвязь с внешним миром.**

**Информационные модели нельзя потрогать или увидеть воочию, они не имеют материального воплощения, потому что они строятся только на информации. В основе этого метода моделирования лежит информационный подход к изучению окружающей действительности.**



## К информационным моделям

можно отнести знаковые и вербальные (описательные в мысленной или разговорной форме).

Знаковая модель – информационная модель, выраженная специальными знаками, т. е. средствами любого формального языка. В их числе рисунки, тексты, графики и схемы.

По способу реализации знаковые модели можно разделить на: компьютерные и некомпьютерные.



## Компьютерная модель –

(англ. computer model) — компьютерная программа, работающая на отдельном компьютере, суперкомпьютере или множестве взаимодействующих компьютеров (вычислительных узлов), реализующая представление объекта, системы или понятия в форме, отличной от реальной, но приближенной к алгоритмическому описанию, включающей и набор данных, характеризующих свойства системы и динамику их изменения со временем



## Технологии моделирования

реализуются следующими  
инструментальными средствами:

- AnyLogic – инструмент имитационного моделирования новейшего поколения. Основан на результатах, полученных в теории моделирования и в информационных технологиях за последнее десятилетие. Это одна из немногих российских разработок в области имитационного моделирования

получивших признание за рубежом.





## Технологии моделирования

- **Simulink**- интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем. Он дает возможность строить графические блок-диаграммы, имитировать динамические системы, исследовать работоспособность систем и совершенствовать проекты. **Simulink** также интегрируется с **Stateflow** для моделирования поведения, вызванного событиями.



## Технологии моделирования

- VisSim — это универсальная система блочного имитационного визуально-ориентированного математического моделирования и одновременно – это визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем, а также проектирования, базирующегося на моделях.



## Технологии моделирования

- Математические пакеты maple, mathematica, matlab, mathcad, а также пакетами прикладных программ Excel и многими другими.



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА





## Информационные модели –

**совокупность информации, характеризующая свойства и состояния объекта, процесса, явления, а также взаимосвязь с внешним миром**

**Информация, характеризующая объект или процесс, может иметь разный объем и форму представления, выразиться различными средствами.**



## Информационная модель

иначе - это модель, представленная в виде информации, описывающей существенные для данного рассмотрения параметры и переменные величины объекта, связи между ними, входы и выходы объекта и позволяющая путем подачи на модель информации об изменениях входных величин моделировать возможные состояния объекта.



## По форме представления

**МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ следующие виды информационных моделей:**

**геометрические модели — графические формы и объемные конструкции;**

**словесные модели — устные и письменные описания с**

**использованием иллюстраций;**

**математические модели —**

**математические формулы,**

**отображающие связь различных**

**параметров объекта или процесса;**





## По форме представления

**структурные модели — схемы, графики, таблицы и т. п.; логические модели — модели, в которых представлены различные варианты выбора действий на основе умозаключений и анализа условий; специальные модели — ноты, химические формулы и т. п.; компьютерные и некомпьютерные модели.**



# Компьютерные информационные модели

рассмотрим на примере реляционной модели данных (от англ. «relation») и реляционной системы управления базами данных. Эти модели характеризуются простотой структуры данных, удобным для пользователя табличным представлением и возможностью использования формального аппарата реляционной алгебры и реляционного исчисления для обработки данных.



# Процесс построения информационной модели

состоит из следующих шагов:  
определение сущностей, определение зависимостей между сущностями, задание первичных и альтернативных ключей, определение атрибутов сущностей, приведение модели к требуемому уровню нормальной формы (для реляционной модели данных).



## Уровни представления данных

Стандартом выделяются уровни:

- 1) концептуальный, связанный с концептуальной моделью данных, которая в интегрированном виде представляет структуры данных, поддерживаемые СУБД;
- 2) внешний, связанный с внешней моделью данных, отвечает требованиям приложений;
- 3) внутренний, связанный с физическим представлением данных в памяти компьютера.



## Представление данных

Концептуальная и внешняя модели данных соответствуют логическому, внутренняя модель — физическому представлениям данных.

Реляционная модель ориентирована на организацию данных в виде двумерных таблиц. Реляционная таблица представляет собой двумерный массив и обладает следующими свойствами:



## Свойства

- каждый элемент таблицы — один элемент данных;
- все столбцы в таблице однородные, т.е. все элементы в столбце имеют одинаковый тип (числовой, символьный или др.) и длину;
- каждый столбец имеет уникальное имя;
- одинаковые строки в таблице отсутствуют;
- порядок следования строк и столбцов может быть произвольным.



## Отношения реляционной модели

представлены в виде таблиц, строки которых соответствуют кортежам или записям, а столбцы — атрибутам отношений, доменам, полям.

Поле, каждое значение которого однозначно определяет соответствующую запись, называется простым ключом.



## В реляционной модели данных

фиксируются два базовых требования целостности, которые должны поддерживаться в любой реляционной СУБД. Первое требование называется требованием целостности сущностей, которое состоит в том, что любой кортеж любого отношения должен быть отличим от любого другого кортежа этого отношения, т.е. любое отношение должно содержать первичный ключ.



## В реляционной модели данных

**Второе требование называется требованием целостности по ссылкам и состоит в том, что для каждого значения внешнего ключа в отношении, на которое ведет ссылка, должен найтись кор-теж с таким же значением первичного ключа либо значение внешнего ключа должно быть неопределенным.**



## Нормализация отношений —

формальный аппарат ограничений на их формирование, который позволяет устранить дублирование данных, обеспечить их непротиворечивость и уменьшить затраты на поддержание базы данных.



## Модель базы данных

На практике разработка логической модели БД чаще производится путем использования различных вариантов ER-диаграмм, поддерживаемых CASE-средствами (совокупностью методов и средств проектирования информационных систем с использованием наборов инструментов и методов программной инженерии для проектирования программного обеспечения).



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ





# Цифровые технологии моделирования бизнес-процессов

**позволяют на основе методологий и стандартов описать и наглядно представить деятельность организации с целью документирования бизнес-процессов, их изучения, анализа и получения ответов на интересующие вопросы .**



# Цифровые технологии

## моделирования бизнес-процессов

**Это, как правило, необходимо при проектировании автоматизированных систем и систем менеджмента качества, критической оценке бизнес-процессов и поиске путей повышения их эффективности, а также при разработке новых процессов и систем.**



## Методологии

**К наиболее распространенным, простым в использовании и поддерживаемым программными средствами методологиям относятся:**

**- SADT — основополагающая методология, заложившая принципы современного моделирования и послужившая основой для разработки стандарта IDEF0;**



## Методологии

— IDEF0 - методология и стандарт функционального моделирования. С помощью графического языка IDEF0 изучаемая система предстает в виде набора взаимосвязанных функциональных блоков. Моделирование средствами IDEF0, как правило, является первым этапом изучения системы;



**IDEF3 — с помощью IDEF3 описывается логика выполнения действий. IDEF3 может использоваться самостоятельно и совместно с методологией IDEF0: любой функциональный блок IDEF0 может быть представлен в виде последовательности процессов или операций средствами IDEF3. Если IDEF0 описывает что делается в системе, то IDEF3 описывает как это делается.**

**BPMN (англ. Business Process Model and Notation, нотация и модель бизнес-**





# SADT

**Методология SADT, разработанная Дугласом Россом, является одной из самых известных и широко используемых систем моделирования. SADT (Structured Analysis and Design Technique — технология структурного анализа и проектирования) — это графические обозначения и метод описания процессов.**



С точки зрения SADT модель может быть сосредоточена либо на функциях системы, либо на ее объектах. SADT-модели, ориентированные на функции, принято называть функциональными моделями, а ориентированные на объекты системы — моделями данных. Функциональная модель представляет с требуемой степенью детализации систему функций, которые отражают свои взаимоотношения через объекты системы.



# IDEFO

**IDEFO-модели состоят из трех типов документов: графических диаграмм, текста и глоссария. Эти документы имеют перекрестные ссылки друг на друга. Графическая диаграмма — главный компонент IDEFO-модели, содержащий блоки, стрелки, соединения блоков и стрелок и ассоциированные с ними отношения. Блоки представляют собой основные функции моделируемого объекта.**



## IDEFO

**Основные объекты нотации IDEF0: работы (Activity), отображают функции; стрелки (Arrows). Стрелка входа (Input) отображает входящие документы, материальные и информационные ресурсы, необходимые для выполнения работы. Работа может не иметь ни одной стрелки входа. Стрелка выхода (Output) отображает исходящие документы, материальные и информационные ресурсы, являющиеся результатом выполнения работы.**



## IDEFO

**Стрелка управления (Control)**  
отображает правила, ограничения и другие управляющие воздействия. В нотации каждая работа должна иметь не менее одной стрелки управления.

**Стрелка механизма (Mechanism)**  
отображает те ресурсы, которые необходимы для выполнения работы, но которые не подвергаются изменению.

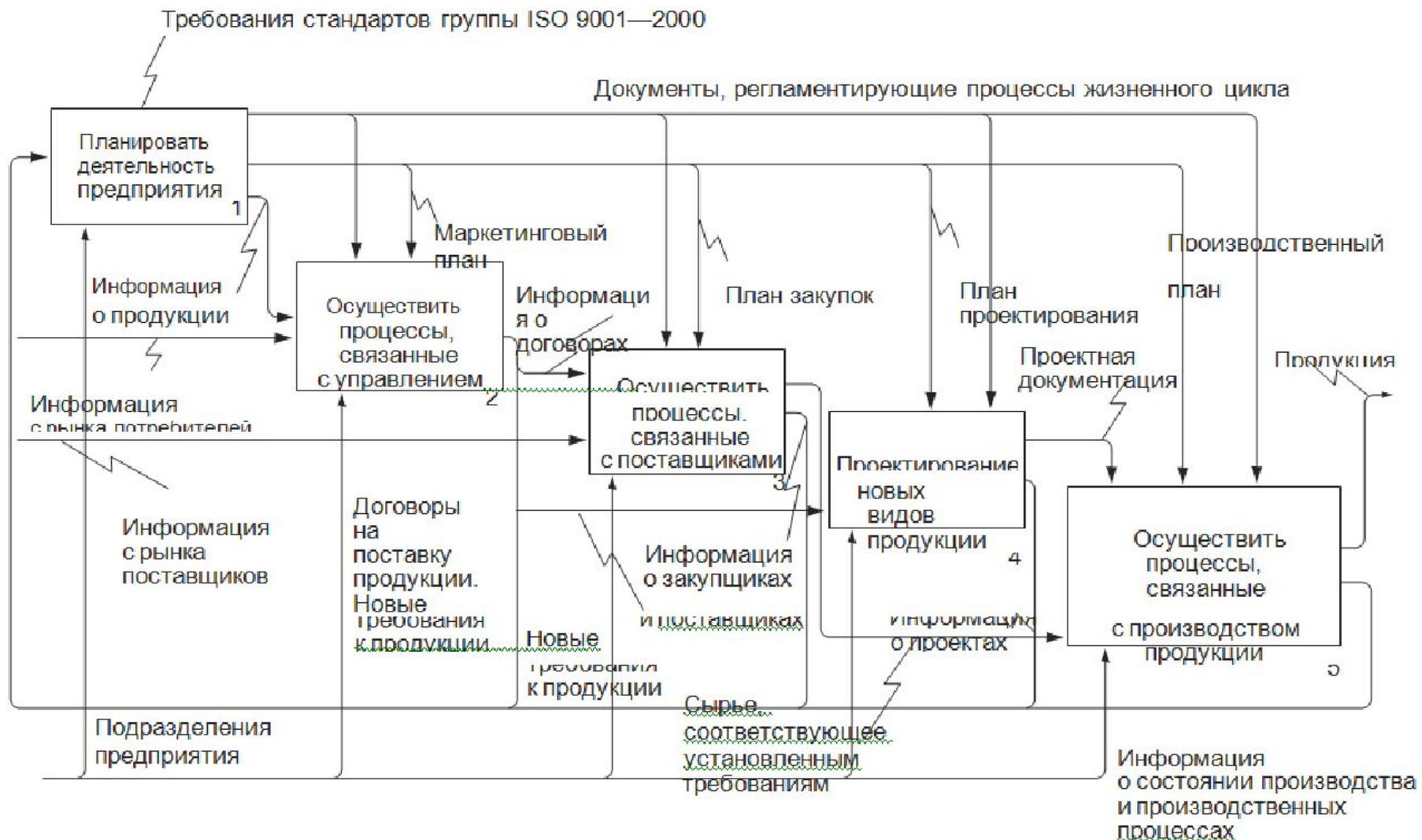


## IDEFO

**Стрелка вызова (Call) — специальная стрелка, отображающая обращение из работы данной модели к работе вне моделируемой системы, которая обеспечивает связь между моделями.**



# Пример





## Нотации

**Нотации названных методологий используются в инструментальных case-средствах — BPWin, AIO WIN, ProCap, ProSim, SmartER, а также ARIS, дополнительно обеспечивающего поддержку стандарта ERM, UML и предоставляющего существенно большие возможности по работе с отдельными объектами модели.**





## **BRPMN 2.0**

**(англ. Business Process Model and Notation, нотация и модель бизнес-процессов) — система условных обозначений (нотация) и их описания в XML для моделирования бизнес-процессов. Нотация BRPMN 2.0 – самая гибкая и простая.**



## Элементы нотации

**Операции. Каждый тип конкретизирует действие, с которым связана операция. Типы операций определяются условным обозначением внутри прямоугольника «операция».**



**Сервисная операция - операция, которая выполняется сервисом или механизмом. Иными словами, это операции, выполняемые автоматически.**



## Элементы нотации

**Пример – рассчитать цену с учетом скидки. Операция выполняется программой автоматически (работа программы или инструмента). Пул, который означает сотрудника в модели, также может обозначать программу. Если задать один пул как программу, а другой как пользователя, то можно раскрыть процесс взаимодействия.**



## Отправка сообщения



- операция, результатом которой является отправленное сообщение. Пример гибкости нотации – операция «отправить электронное письмо» может быть как типом «пользовательская операция», так и «отправка сообщения». Тип зависит от целей моделирования конкретного процесса.



## Элементы нотации



**Получение сообщения**

**- операция, связанная с получением сообщения. Пример – получить письмо на почте.**



**Пользовательская операция**  
- операция, которая выполняется  
сотрудником с помощью сервиса,  
инструмента или других сотрудников  
(программа, веб-приложение,  
оборудование и т.д.). Сервисом может  
быть выступать почтовое  
приложение. Пример 2: просверлить  
отверстие в стене. Инструмент –  
перфоратор.



## Элементы нотации

**Ручная операция – операция, которая выполняется сотрудником самостоятельно, без применения каких-то сервисов или инструментов. Пример – отнести платежный документ на подпись директору.**





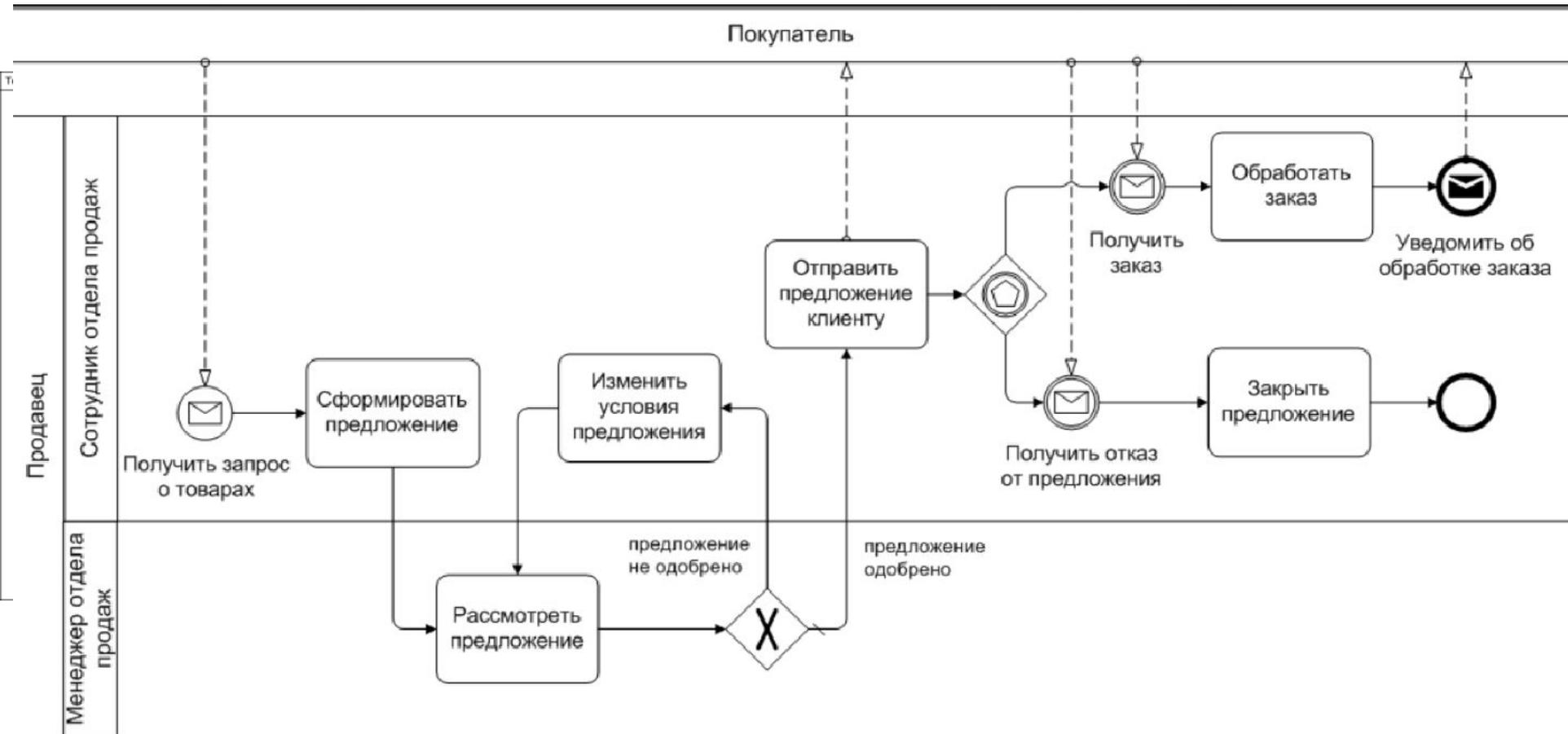
## VRMN 2.0

Другие элементы нотации **VRMN 2.0**  
и их использование иллюстрируются  
примерами моделей бизнес  
процессов, представленных ниже.



# Пример 1

## модели бизнес-процесса





## Пример 2

# модели бизнес-процесса

