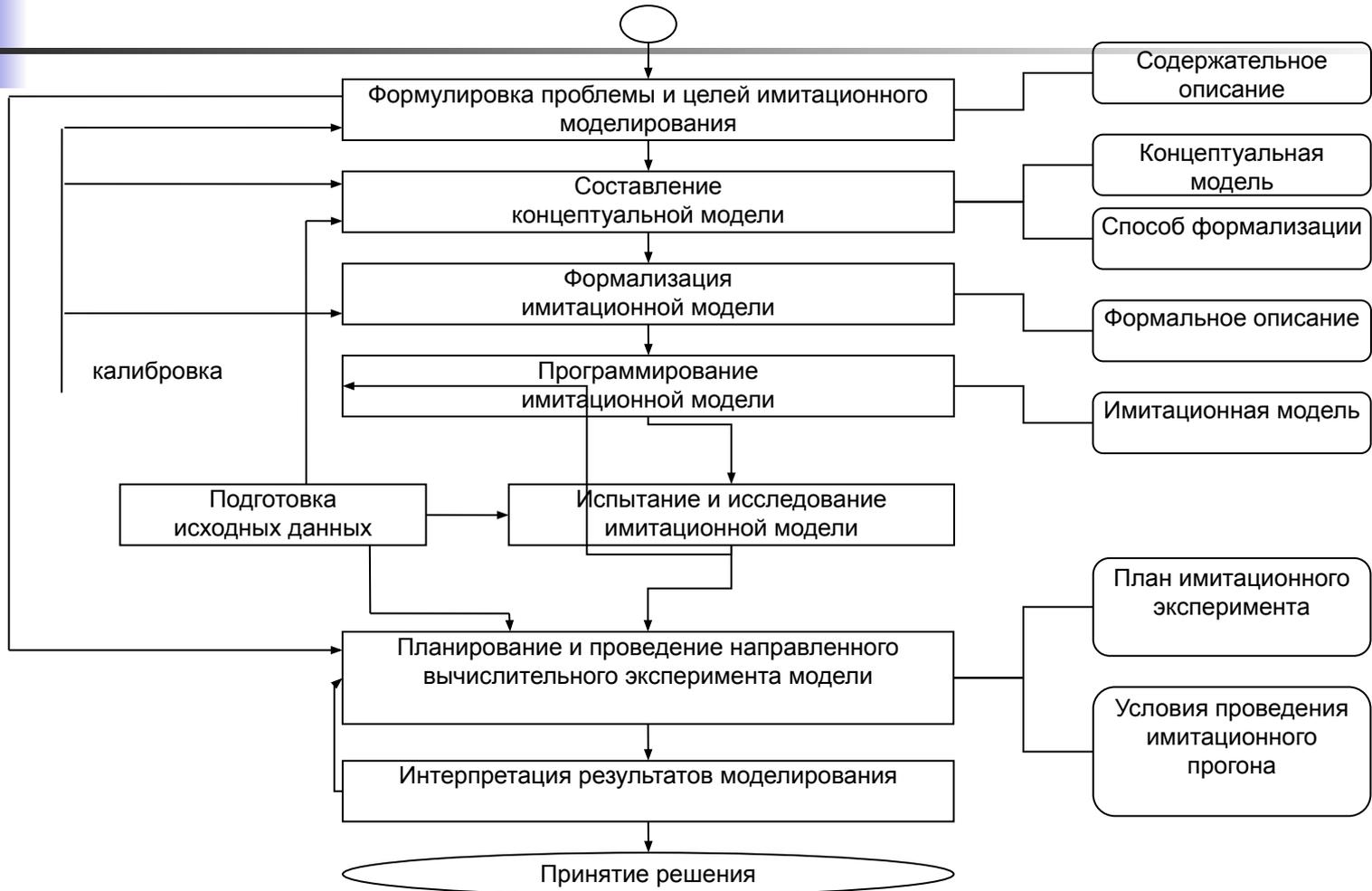




**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ И
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИМИТАЦИОННЫХ
МОДЕЛЕЙ.**

Общая технологическая схема.



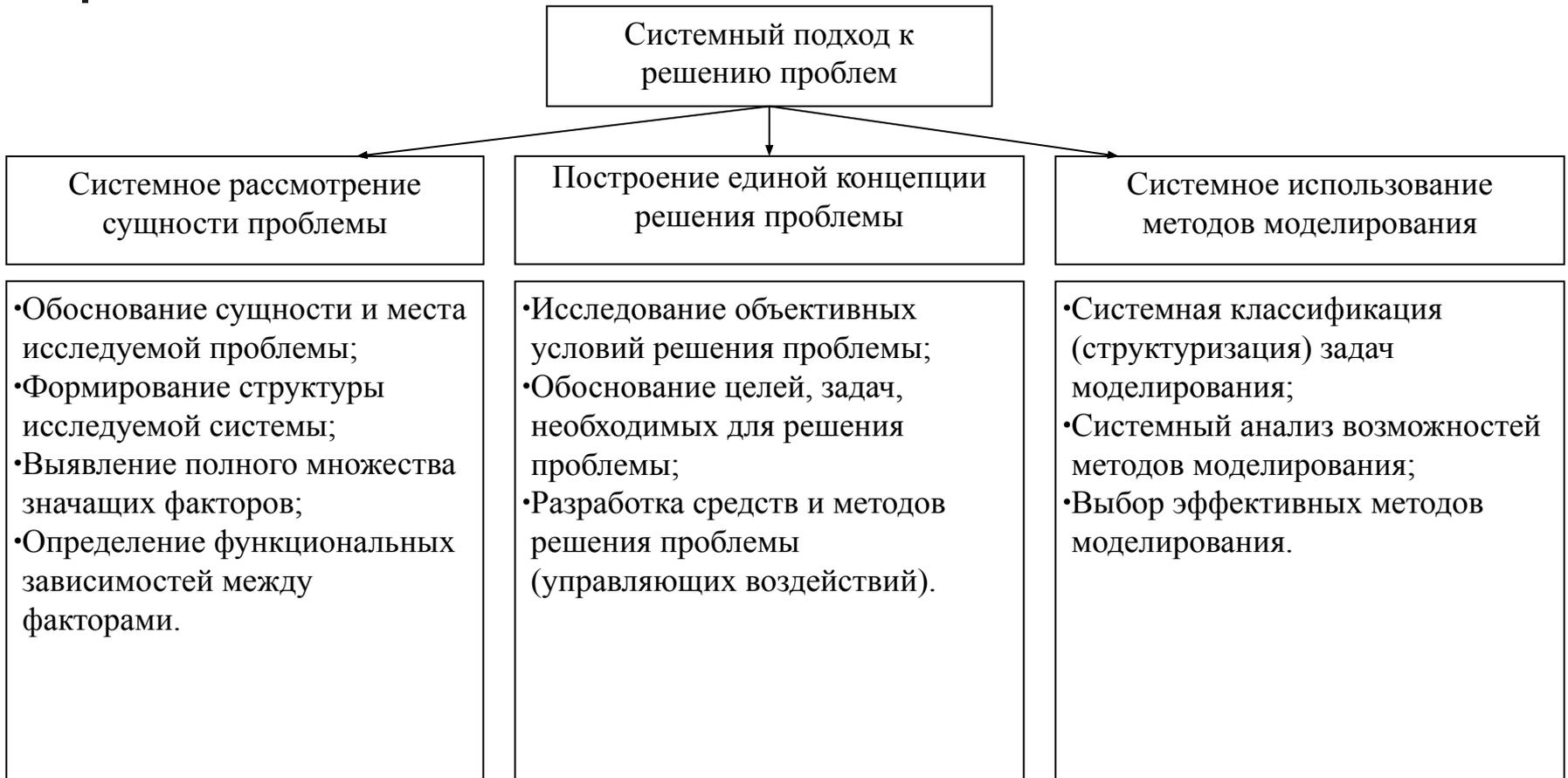


Основные этапы имитационного моделирования.

- **Формулировка проблемы и определение целей имитационного исследования** Документированным результатом на этом этапе является составленное *содержательное описание объекта моделирования*;
- **Разработка концептуального описания.** Результатом деятельности системного аналитика является *концептуальная модель* (или вербальное описание) и *выбор способа формализации* для заданного объекта моделирования.
- **Формализация имитационной модели.** Составляется *формальное описание* объекта моделирования.
- **Программирование имитационной модели (разработка программы-имитатора).** На этапе осуществляется выбор средств автоматизации моделирования, алгоритмизация, программирование и отладка имитационной модели.
- **Испытание и исследование модели, проверка модели.** Проводится верификация модели, оценка адекватности, исследование свойств имитационной модели и другие *процедуры комплексного тестирования* разработанной модели.
- **Планирование и проведение имитационного эксперимента.** На данном технологическом этапе осуществляется стратегическое и тактическое планирование имитационного эксперимента. Результатом является составленный и реализованный *план эксперимента*, заданные *условия имитационного прогона* для выбранного плана.
- **Анализ результатов моделирования.** Исследователь проводит интерпретацию результатов моделирования и их использование – собственно принятие решений.



Системный подход к решению проблем



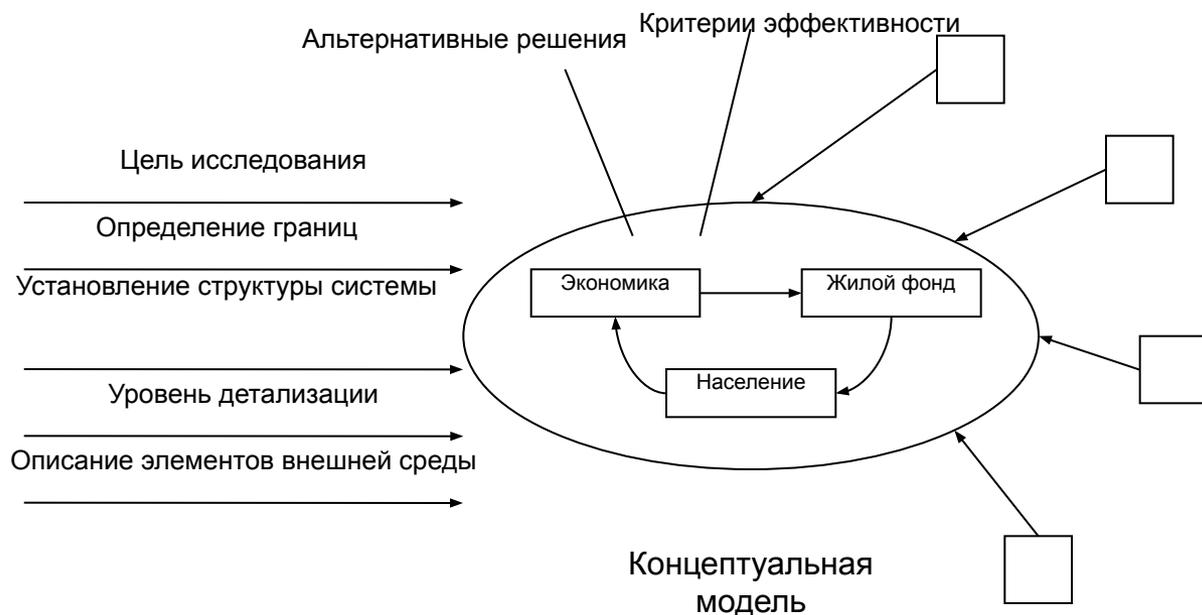
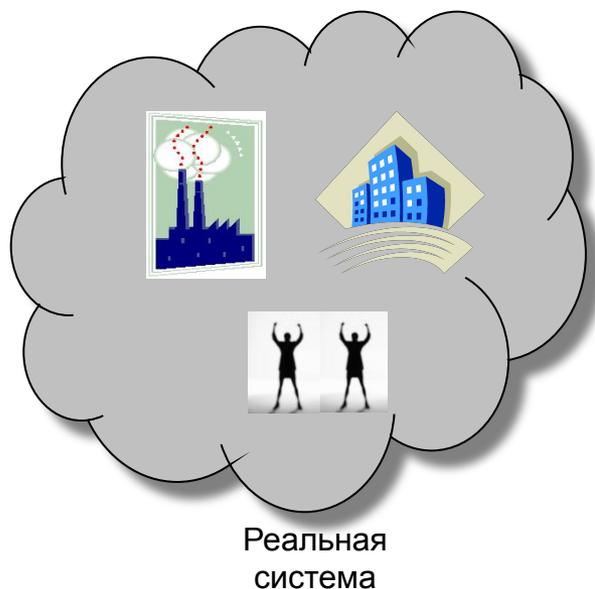


Эксперименты по моделированию проводятся с весьма разнообразными целями:

- *Оценка* – определение, насколько хорошо система предлагаемой структуры будет соответствовать некоторым конкретным критериям,
- *Сравнение альтернатив* – сопоставление конкурирующих систем, рассчитанных на выполнение определенной функции, или же на сопоставление нескольких предлагаемых рабочих принципов или методик,
- *Прогноз* – оценка поведения системы при некотором предполагаемом сочетании рабочих условий,
- *Анализ чувствительности* – выявление из большого числа действующих факторов тех, которые в наибольшей степени влияют на общее поведение системы,
- *Выявление функциональных соотношений* – определение природы зависимости между двумя или несколькими действующими факторами, с одной стороны, и откликом системы с другой,
- *Оптимизация* – точное определение такого сочетания действующих факторов и их величин, при котором обеспечивается наилучший отклик всей системы в целом.

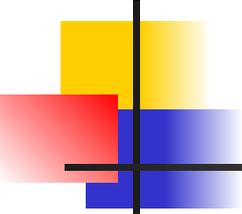
Разработка концептуальной модели объекта моделирования.

*Переход от реальной системы к логической схеме её
функционирования*



Компоненты, переменные, параметры, функциональные зависимости, ограничения, целевые функции (критерии)

- Под *компонентами* понимают составные части, которые при соответствующем объединении образуют систему. Иногда компонентами считают также *элементы* системы или ее *подсистемы*. Система определяется как группа или совокупность объектов, объединенных некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной функции. Изучаемая система состоит из компонент.
- Параметрами являются величины, которые исследователь может выбирать произвольно, в отличие от *переменных* модели, которые могут принимать только значения, определяемые видом данной функции. В модели будем различать переменные двух видов: *экзогенные* и *эндогенные*. Экзогенные переменные называются также *входными*. Это означает, что они порождаются вне системы или являются результатом взаимодействия внешних причин. Эндогенными переменными называются переменные, возникающие в системе в результате воздействия внутренних причин. В тех случаях, когда эндогенные переменные характеризуют состояние или условия, имеющие место в системе, назовем их *переменными состояниями*. Когда же необходимо описать входы и выходы системы, мы имеем дело с *входными* и *выходными переменными*.
- *Функциональные зависимости* описывают поведение переменных и параметров в пределах компоненты или же выражают соотношения между компонентами системы. Эти соотношения по природе являются либо детерминистскими, либо стохастическими.
- *Ограничения* представляют собой устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия их изменений. Они могут вводиться либо разработчиком, либо устанавливаться самой системой вследствие присущих ей свойств.
- *Целевая функция (функция критерия)* представляет собой точное отображение целей или задач системы и необходимых правил оценки их выполнения. Выражение для целевой функции должно быть однозначным определением целей и задач, с которыми должны соизмеряться принимаемые решения.



Формализация (алгоритмизация) имитационной модели

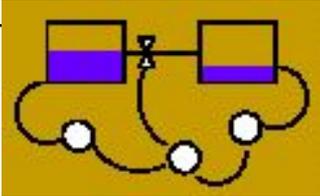
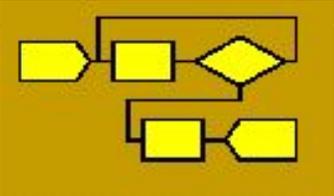
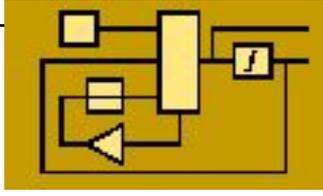
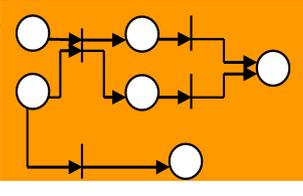
В процессе построения модели можно выделить 3 уровня ее представления:

- неформализованный (этап 2) – *концептуальная модель;*
- формализованный (этап 3) – *формальная модель;*
- программный (этап 4) – *имитационная модель.*

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

- **для дискретного моделирования** – системы, основанные на описании процессов (process description): **процессно-транзактно-ориентированные системы моделирования блочного типа** - (Extend, Arena, ProModel, Witness, Taylor, Gpss/H-Proof , и др.);
- Системы, основанные на **сетевых концептах** (network paradigms). Сетевые парадигмы (сети Петри и их расширения), применяются при структуризации причинных связей и моделировании систем с параллельными процессами, служащие для стратификации и алгоритмизации динамики дискретных и дискретно-непрерывных систем (**ARIS**);
- сети кусочно-линейных агрегатов, **автоматные схемы**, моделирующие дискретные и непрерывно-дискретные системы;
- **для систем, ориентированных на непрерывное моделирование** – **модели и методы системной динамики**, - (Powersim, Vensim, Dynamo, Stella, Ithink и др.).
- Динамические системы (**MATLAB**),
- **Агентное моделирование** (AnyLogic)
- и другие.

Основные виды и инструменты имитационного моделирования

<p>Системная динамика</p> 	<p>Дискретные системы</p> 	<p>Агентное моделирование</p> 	<p>Динамические системы</p> 	<p>Сети</p> 
<p>Vensim, iThink, Powersim</p>	<p>GPSS, Simula, Arena, AutoMod, Extend, ProModel, QUEST, SIMFACTORY II.5, SIMPLE++, eM-Plant, Taylor ED, WITNESS</p>	<p>AnyLogic</p>	<p>MATLAB</p>	<p>ARIS</p>

Тема 7. Обзор систем

ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сравнительная характеристика современных систем имитационного моделирования

Система моделирования	Производитель	Область применения	Моделирующая среда и поддержка			
			Графическая нотация модели	Средства расширения моделей	Анимация	Поддержка анализа результатов
ARENA	Rockwell Software	Производство, анализ бизнес-процессов, дискретное моделирование	Блок-схемы	+ язык SIMAN	+	+
EXTEND	Imagine That, Inc.	Стратегическое планирование, бизнес-моделирование	Компоновочные блоки, непрерывные и дискретные модели	+ язык Modl	+	Анализ чувствительности
GPSS/H-PROOF	Wolverine Software Corporation	Общего назначения, производство, транспорт и др.	Блок-схемы	+	+	ANOVA

Тема 7. Обзор систем

ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сравнительная характеристика современных систем имитационного моделирования

ITHINK ANALYST	High Performance System, Inc.	Управление финансовыми потоками, реинжиниринг предприятий, банков, инвестиционных компаний и др.	CASE-средства, потоковые диаграммы	+	+	Анализ чувствительности
PROCESS MODEL	PROMODEL Corporation	Общее производство, реинжиниринг	Блок-схемы, дискретное моделирование	--	--	+
SIMUL8	Visual Thinking International	Универсальное средство имитации дискретных процессов	--	Объектно-ориентированное программирование	+	+

Тема 7. Обзор систем

ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сравнительная характеристика современных систем имитационного моделирования

TAYLOR SIMULATION SOFTWARE	F&H SimulationInc.	Производство, стоимостный анализ	Блок-схемы, дискретное моделирование	--	+	+
WITNESS	Lanner Group Inc.	Бизнес- планирование, производство, финансы	+	+	+	+ Блок оптимизации
VENSIM	Ventana Systems	Модели системной динамики	Потоковые диаграммы	--	+	+

Тема 7. Обзор систем

ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

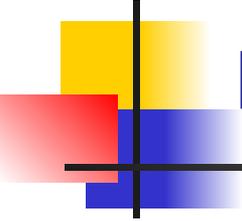
Сравнительная характеристика современных систем имитационного моделирования

POWERSIM	Powersim Co.	Непрерывное моделирование	Потоковые диаграммы	--	+	--
DYNAMO	Expectation Software	Модели системной динамики вычислительного типа	Блок-схемы	--	--	--

Технологические возможности современных систем моделирования

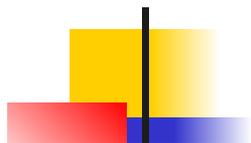
- универсальностью и гибкостью базовой и альтернативной к базовой концепций структуризации и формализации моделируемых динамических процессов, заложенных в систему моделирования. Сегодня популярны среди систем моделирования дискретного типа процессно-ориентированные концепции структуризации, основанные на сетевых парадигмах, автоматном подходе и некоторые другие; среди систем моделирования непрерывного типа – модели и методы системной динамики;
- наличием средств проблемной ориентации, когда система моделирования содержит наборы понятий, абстрактных элементов, языковые конструкции из предметной области соответствующего исследования;
- применением объектно-ориентированных специализированных языков программирования, поддерживающих авторское моделирование и процедуры управления процессом моделирования;
- наличием удобного и легко интерпретируемого графического интерфейса, когда блок-схемы дискретных моделей и системные потоковые диаграммы непрерывных реализуются на идеографическом уровне, параметры моделей определяются через подменю;
- использованием развитой двух- и трех-мерной анимации в реальном времени;
- возможностью для реализации нескольких уровней представления модели, средствами для создания стратифицированных описаний. Современные системы моделирования применяют структурно-функциональный подход, многоуровневые иерархические, вложенные структуры и другие способы представления моделей на разных уровнях описания;

Технологические возможности современных систем моделирования



- наличием линеек и инструментов для проведения и анализа результатов сценарных, вариантных расчетов на имитационной модели;
- математической и информационной поддержкой процедур анализа входных данных, анализа чувствительности и широкого класса вычислительных процедур, связанных с планированием, организацией и проведением направленного вычислительного эксперимента на имитационной модели.
- Экспериментальные исследования на имитационной модели информативны, поэтому необходима реализация подхода Simulation Data Base, основанного на доступе к базам данных моделирования. Технологически это решается при помощи собственных специализированных аналитических блоков системы моделирования или за счет интеграции с другими программными средами;
- Исполнительный модуль функционирует вне среды для разработки модели;
- применением многопользовательского режима работы, интерактивного распределенного моделирования, разработками в области взаимодействия имитационного моделирования со Всемирной паутиной и др.

Приложения имитационного моделирования



Высокий уровень абстракции
[меньше деталей
макро уровень
стратегический
уровень]

Средний уровень абстракции
[средняя
детальность
мезо-уровень
тактический
уровень]

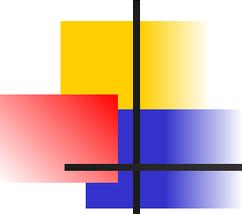
Низкий уровень абстракции
[больше деталей
микро уровень
оперативный
уровень]



Уровни абстракции и подходы ИМ



Испытание и исследование свойств имитационной модели



Тестирование модели (testing) – планируемый итеративный процесс, направленный главным образом на поддержку процедур верификации и валидации имитационных моделей и данных.

Основные категории оценки:

- Оценка адекватности или **валидация модели.**
- **Верификация модели.**
- **Валидация данных.** Исследование свойств имитационной модели: оценивается точность, устойчивость, чувствительность результатов моделирования.