



Е. А. Березовская

# Имитационное моделирование



# Елена Александровна Березовская

# Имитационное моделирование

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=39836219](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=39836219)*

*Имитационное моделирование:*

*ISBN 978-5-9275-2426-6*

## **Аннотация**

Учебное пособие содержит изложение основ и механизмов применения современных имитационных моделей для решения разнообразных задач в области экономики, бизнеса и управления. Теоретической основой курса являются знания, полученные обучающимися при изучении математики, информатики, теории систем и системного анализа. Раскрываются понятие и сущность имитационного моделирования, его роль и место в исследовании социально-экономических систем. Теоретический материал иллюстрируется многочисленными примерами, способствует развитию навыков самостоятельной исследовательской работы.

Учебное пособие разработано на основе нормативных документов Министерства образования и науки Российской Федерации, теории образовательной квалитметрии и современных технологий дидактического обеспечения учебного процесса.

Адресовано студентам, магистрантам, аспирантам, работникам высшей школы, специализирующимся в области бизнес-информатики, экономики и менеджмента.

# Содержание

Введение	4
Тема 1. Введение в имитационное моделирование	6
Тема 2. Языки имитационного моделирования	24
Конец ознакомительного фрагмента.	32

# **Е. А. Березовская**

# **Имитационное**

# **моделирование**

## **Введение**

Компьютерное моделирование используется для снижения риска, связанного с созданием новых систем или с внесением изменений в уже существующие. Более чем когда-либо, современные организации хотят убедиться, что инвестиции в создание или совершенствование производственных систем приведут к ожидаемым результатам. Например, сборочная линия может потребоваться для производства определенного количества автомобилей в течение восьмичасовой смены. Сложные, взаимодействующие факторы влияют на работу такой линии, поэтому для проведения точного анализа необходимы достаточно мощные инструменты.

За последние несколько десятилетий программное обеспечение компьютерного моделирования вместе со статистическими методами анализа эволюционировало. По мере того, как мир становится все более технологичным, потребность в точности становится более важной. Бизнес, промышленность и правительственные организации уже не могут

позволить себе делать необоснованные предположения при разработке систем. По этой причине компьютерное моделирование становится более важным, чем когда-либо.

Обычное моделирование использует модель для выработки заключений, обеспечивающих понимание поведения изучаемых элементов реального мира. Компьютерное моделирование использует ту же концепцию, но предполагает создание модели с помощью компьютерного программирования.

Использование компьютерного моделирования увеличилось из-за роста вычислительной мощности компьютеров и развития соответствующего программного обеспечения. Но к этому добавляются трудности или даже невозможность точного описания сложных систем реального мира с использованием аналитических или чисто математических моделей. По этим причинам возникла необходимость в инструменте, который позволяет преодолеть эти сложности. Таким инструментом и является имитационное моделирование.

Данное учебное пособие адресовано студентам, магистрантам, аспирантам, работникам высшей школы, специализирующимся в области бизнес-информатики, экономики и менеджмента.

# Тема 1. Введение в имитационное моделирование

Люди пытались предсказывать будущее с древних времен. Короли прибегали к услугам волшебников и предсказателей. Различные религии использовали пророков. Провидцы, такие как французский аптекарь Мишель де Ностредаме (более известный как Нострадамус), прославились своими предсказаниями будущего. Другие пытались делать прогнозы, основываясь на датах рождения людей и расположении звезд в этот момент. Хрустальные шары, кости и карты таро использовались как инструменты для исследования будущего.

Безусловно, методы, практикуемые современными аналитиками, несравнимы с методами прогнозирования, используемыми в давние времена. Однако есть и общие моменты. Например, каждый предсказатель стремился устранить риск, связанный с будущим событием и уменьшить связанную с этим неопределенность. Пророк пытался сделать это с помощью магии, доступной в то время. Сегодня аналитик использует современную «магию», основанную на математических принципах, информатике и статистике.

Имитационное моделирование можно в широком смысле определить следующим образом: «Использование компью-

тера для имитации поведения объектов в реальном мире, согласно предположениям, принятым в форме математических, логических или статистических отношений, которые разрабатываются и формируются в виде модели».

Использование имитационного моделирования для анализа социально-экономических систем имеет много **преимуществ** по сравнению с другими методами принятия решений.

Среди этих преимуществ:

1. С имитационной моделью можно экспериментировать, не опасаясь сбоев в деятельности реально существующих систем. В системах, которые уже существуют, тестирование новых идей может быть трудным, дорогостоящим или вообще невозможным. Имитационное моделирование позволяет разрабатывать модель и сравнивать ее с реальной системой, чтобы обеспечить точное отражение всех процессов. В процессе моделирования могут быть проверены любые модификации системы и любые режимы работы, а затем может быть принято решение о внедрении изменений в рамках реальной системы.

2. Концепция или идея изменений могут быть протестированы до этапа реального внедрения. Это тестирование может выявить непредвиденные недостатки проекта изменений, а имитационная модель может послужить инструментом для его улучшения. Без такого тестирования изменения в реальной системе могут оказаться очень дорогостоящими

или даже невозможными для реализации.

3. Обнаружение непредвиденных проблем или ошибок. Детальное моделирование реальной системы может помочь выявить непредвиденные проблемы или ошибки, которые могут быть заложены в структуре предлагаемой системы. Обнаружив эти проблемы до внедрения проекта изменения реальной системы, можно избежать дополнительных затрат времени и средств на отладку и доработку проекта системы. Кроме того, в процессе экспериментов с имитационной моделью могут быть обнаружены возможности улучшения функционирования реальной системы.

4. Рост знаний о системе – одно из основных преимуществ процесса имитационного моделирования. В начале реализации нового проекта, особенно при моделировании сложных систем, знания часто неравномерно распределены среди множества разных людей. Каждый человек является экспертом в своей области. Чтобы разработать адекватную и полезную модель, всю эту информацию необходимо собрать вместе, а затем структурировать. Этот процесс объединения всех частей знания о системе представляет большую ценность. В ситуации, когда моделирование проводится на регулярной основе, необходимо установить каналы для процесса сбора информации. Это значительно ускорит процесс моделирования.

5. Скорость анализа. После того, как модель была разработана, можно запускать моделируемую систему со скоро-



стями, намного превышающими те, которых можно было бы достичь в реальном мире. Процесс моделирования может занять от нескольких секунд до нескольких часов для получения итоговых результатов. Но эти результаты могут представлять минуты, часы, дни или даже годы системного времени.

6. **Определение параметров системы.** Чтобы создать действующую модель, важно знать все аспекты моделируемой системы. Если существуют неправильные или неполные представления о системе, модель будет неточной, и ее нельзя будет использовать в качестве инструмента анализа и прогнозирования. Поэтому разработка имитационной модели заканчивается тем, что аналитик полностью определяет все параметры, относящиеся к работе системы. Если отдельные параметры не могут быть определены с достаточной точностью, следует предусмотреть возможные последствия их изменения, что и позволяет сделать работа с имитационной моделью.

7. **Рост креативности.** Наличие имитационной модели может повысить уровень креативности при проектировании системы. Например, инженер может представить два возможных решения конкретной проблемы на заводе. Одно из решений гарантированно работает, но стоит дороже. Второе решение включает в себя новую технологию, которая является менее дорогостоящей, но несколько более рискованной. Без применения каких-либо средств анализа двух возмож-

ных направлений действий скорее всего будет выбрано более консервативное решение. Если же существует модель системы, можно попробовать реализовать и сравнить оба потенциальных решения. В этом случае творческий потенциал инженера может быть реализован без риска неудачи и финансовых потерь.

Все эти преимущества имитационного моделирования имеют в основе общую идею: снижение риска. Моделирование – это один из основных методов снижения риска. В результате применения имитационного моделирования неопределенность относительно ожидаемых результатов работы новой системы или влияния вносимых изменений в существующую систему значительно снижается.

## **Общие ограничения имитационного моделирования**

Моделирование – не идеальное лекарство, которое работает в каждом случае, помогая устранить любой риск от принятия решений в условиях неопределенности.

Можно отметить следующие слабые стороны имитационного моделирования:

1. Относительно большие финансовые затраты. Создание компьютерной модели часто может быть достаточно дорогостоящим методом анализа систем. Хотя сейчас доступны относительно недорогие программные пакеты для имитацион-

ного моделирования, большинство проектов моделирования сложных систем связаны с большими инвестициями в обучение персонала, приобретение программного обеспечения, совершенствование аппаратного обеспечения и т.п.

2. Большие временные затраты. Моделирование не всегда позволяет получить быстрые ответы на вопросы. В большинстве случаев этапы имитационного моделирования, такие как сбор данных, разработка модели, анализ результатов моделирования и создание отчетов, потребуют значительных затрат времени. Процесс моделирования можно ускорить двумя основными способами: уменьшение детализации модели и использование общей библиотеки кода (шаблонов). Снижая уровень детализации, ответы на общие вопросы можно получить гораздо быстрее. Однако при использовании этого подхода следует соблюдать осторожность. Устранение ключевых деталей может серьезно повлиять на качество модели. В ситуациях, когда будет выполняться много подобных проектов моделирования, может быть создана общая библиотека кода. Этот повторно используемый ресурс позволит не изобретать заново колесо для реализации каждого нового проекта моделирования.

3. Часто дает только приблизительные ответы. Моделирование дискретных событий основывается на использовании генераторов случайных чисел для обеспечения работы модели. Поскольку на входе имеем случайный элемент, некоторая неопределенность также будет связана с выходом модели.

Для получения значимых результатов нужно будет использовать методы статистики, как инструмент для интерпретации результатов. Все выходы имитационной модели являются только оценками истинного поведения системы. Важно признать этот факт и трактовать результаты моделирования как приближительные, и использовать статистическое тестирование для получения адекватных выводов.

4. Не всегда можно проверить модель на адекватность. Процесс проверки на адекватность позволяет сделать вывод, что компьютерная модель довольно точно представляет реальную систему. Когда система еще не существует, это может стать серьезной проблемой.

5. Излишнее доверие. Еще одна проблема, которая может возникнуть в ходе имитационного моделирования, – это стремление пользователей воспринимать результаты моделирования как истину в последней инстанции. Моделирование – это инструмент, используемый людьми, подверженный любым ошибкам, которые может совершить человек. Отчеты о результатах должны всегда подвергаться строгому контролю со стороны конечного пользователя. Следует использовать не только статистическое тестирование, но и здравый смысл в качестве механизма для принятия окончательного решения. Если выходные данные не соответствуют ожиданиям экспертов и здравому смыслу, их нужно проанализировать более внимательно.

## **Виды имитационного моделирования**

Обычно для изучения инженерной и бизнес-среды используются несколько видов имитационного моделирования (ИМ). К ним относятся: непрерывное ИМ, метод Монте-Карло, дискретно-событийное ИМ и агентное моделирование.

### **Непрерывное имитационное моделирование**

Непрерывное имитационное моделирование связано с использованием набора уравнений, представляющих реальную систему непрерывно с течением времени. Эта система может состоять из алгебраических уравнений, теоретико-игровых моделей, статистических или дифференциальных уравнений, настроенных таким образом, чтобы непрерывно меняться. Примером непрерывного моделирования является модель системы газопровода.

Другим примером непрерывного моделирования является модель конкуренции между двумя популяциями. Биологические модели этого типа известны как модель «хищник – жертва». Окружающая среда состоит из двух популяций, которые взаимодействуют друг с другом. Хищники зависят от добычи как источника питания. Если количество хищни-

ков растет слишком быстро, то добыча будет уменьшаться, хищники будут голодать – их количество станет уменьшаться. Если количество хищников уменьшится, число потенциальных жертв увеличится и т.д. Эта взаимосвязь может быть проанализирована с помощью непрерывного моделирования с использованием частных производных.

Рост населения страны, рост городов, предсказание возникновения ураганов, прогнозирование погоды, распространение инфекционных заболеваний – все это примеры систем, которые являются подходящими кандидатами для разработки непрерывных имитационных моделей. Термин «системная динамика», впервые использованный Джеймсом Форрестером в 1950-х годах, также используется для описания непрерывного имитационного моделирования. Системная динамика описывает поведение системы через анализ взаимосвязанных, взаимодействующих циклов обратной связи, каждый из которых может прямо или косвенно воздействовать на другие циклы.

Непрерывное моделирование обычно разрабатывается с использованием специального математического программного обеспечения, такого как MATLAB или Mathematica, специализированного программного обеспечения для моделирования, такого как Simulink, или разрабатывается с использованием традиционных языков программирования, таких как Visual Basic или C++.

## **Имитационное моделирование методом Монте-Карло**

Название города Монте-Карло вызывает мысли об азартных играх, шансах на выигрыш. Джон фон Нейман использовал кодовое название «Монте-Карло» для своих экспериментов, основанных на использовании случайных чисел и проведенных в г. Лос-Аламос (США) во время первых исследований по созданию атомной бомбы. Название стало популярным и теперь используется для представления имитаций, которые являются схемой, использующей случайные числа, которая используется для решения определенных стохастических или детерминированных проблем, когда течение времени не играет никакой роли.

Последняя часть этого определения (течение времени не играет никакой роли) отличает метод Монте-Карло от дискретного моделирования событий. Метод Монте-Карло обычно удаляет время из модели, в то время как моделирование дискретных событий основано на учете фактора времени.

## **Дискретно-событийное имитационное моделирование**

Моделирование дискретных событий характеризуется наличием в модели блоков времени, в течение которых ничего не происходит, а затем каждый блок времени заканчивается событием, которое изменяет состояние системы. Примером, иллюстрирующим дискретное моделирование, является простая очередь у банкомата, состоящая из клиентов банка. Клиенты прибывают, ждут обслуживания, если банкомат занят, получают обслуживание и затем уходят.

## **Агентное моделирование**

Агентно-ориентированное моделирование рассматривает одновременное взаимодействие нескольких агентов для имитации, воссоздания, изучения и прогнозирования сложных явлений. Концепция агентно-ориентированного моделирования заключается в том, что общее поведение системы возникает при взаимодействии отдельных агентов на микроуровне. Индивидуальные агенты моделируются в соответствии со своими индивидуальными характеристиками и обычно считаются рациональными, действующими в своих собственных интересах, которые могут быть экономически-



ми или социальными. Модель использует локальную эвристику и простые правила принятия решений, которые вместе создают общую большую среду.

Большинство агентных моделей имеют следующие элементы:

- 1) множественные агенты, смоделированные и масштабированные с различными уровнями детализации;
- 2) эвристика и правила принятия решений;
- 3) адаптивное поведение или обучение;
- 4) правила взаимодействия или топология;
- 5) среда для взаимодействия.

## **Краткая история имитационного моделирования**

В целом, моделирование эволюционировало в силу естественного стремления человека к устранению риска из процесса принятия решений. В древние времена правители часто полагались на пророков, чтобы предсказать исход военных действий. В наше время одно и то же желание проявляется в сложных военных моделях, используемых для тщательного изучения и статистического прогнозирования результатов конкретных действий и маневров. Методология изменилась, но общие цели остаются прежними: сокращение рисков и принятие более эффективных решений.

Ранние попытки применения моделирования можно об-

наружить еще до начала Второй мировой войны, когда Джон фон Нейман и Станислав Улам разработали метод моделирования Монте-Карло, чтобы помочь в создании атомного оружия. Современная эра имитационного моделирования началась в 1950-х годах, когда новые концепции и методы для создания имитационных моделей были реализованы с помощью программ на доступных компьютерных языках, таких как машинный код, язык ассемблера или FORTRAN. Компьютерная техника в то время была дорогой, медленной и не всегда надежной. Имеющиеся языки программирования в полной мере не подходили для создания имитационных моделей.

В начале 1960-х годов Джеффри Гордон из IBM представил компьютерный язык под названием GPSS (General Purpose Simulation System). Этот новый язык впервые был использован в компании IBM для анализа сложных систем, но быстро получил широкое признание среди различных организаций, в том числе военных. В 1962 году Герберт Карр разработал язык моделирования SIMSCRIPT. Это программное обеспечение было создано в качестве инструмента моделирования запасов для военно-воздушных сил США. Примерно в это же время норвежские ученые Даль и Ньюгард разработали язык SIMULA, который, помимо того что был языком имитационного моделирования, был первым объектно-ориентированным языком программирования.

В марте 1964 года в Стэнфордском университете состо-

ялся семинар по языкам имитационного моделирования, который стал первым официальным местом для разработчиков и пользователей имитационного моделирования для обмена идеями. Необходимость проведения ежегодной конференции была очевидной, и в 1967 году состоялась первая Зимняя конференция по имитационному моделированию. К 1968 году «Общество имитационного моделирования» стало официальным спонсором регулярных конференций и получило широкую известность как ведущая организация для практиков имитационного моделирования.

В начале 1980-х годов появление персонального компьютера привело к дальнейшим изменениям в сфере имитационного моделирования. Два новых языка имитационного моделирования были разработаны в это время: язык SLAM, разработанный в корпорации Pritsker в 1980 году, и язык SIMAN, разработанный компанией Systems Modeling Corporation в 1983 году. В 1980-е годы также появились многочисленные инструменты для имитационного моделирования. В то же время производители программного обеспечения продолжили расширять свои линейки продуктов с помощью пакетов анимации, инструментальных средств разработки моделирования и усовершенствования существующих языков.

К 1990-м годам рынок имитационного моделирования стал более коммерческим и сегментированным. Программное обеспечение (ПО) для имитационного моделирования

было разбито на восемь основных категорий с многочисленными предложениями в каждой области (табл. 1.1).

*Таблица 1.1*

**Виды ПО для ИМ**

Виды ПО для ИМ	Описание	Примеры
ПО общего назначения	Языки моделирования и общее программное обеспечение, используемое для создания имитационных моделей	GPSS/H, GPSS/PC, SIMAN, Simula, SLAM, SLX
ПО промышленного назначения	Продукты, специально предназначенные для использования в анализе производственных систем	ProModel, AutoMod, WITNESS, ShowFlow 2.5
ПО для целей планирования	Для планирования часто используются инструменты общего назначения и специальные производственные программные средства, но появились и отдельные программные продукты, поддерживающие эту область	Simul8 Planner, AutoSched
ПО для особых целей	Пакеты моделирования для специализированных областей, таких как связь, здравоохранение, производство, сфера услуг, образование и т.д.	MedModel, симулятор системы медицинского обслуживания; ServiceModel – пакет моделирования сферы услуг для использования в банках, школах, офисах и других организациях
Имитационные среды	Имитационные среды содержат множество утилит для проведения имитационного исследования. Эти возможности включают: анализ входных данных, поддержку разработки модели, управление сценариями, анимацию и анализ выходных данных	Arena, GPSS/World
Анимация	Программное обеспечение для анимации позволяет динамически отображать симуляцию на экране компьютера в графическом формате	Wolverine Software Corporation's PROOF

Виды ПО для ИМ	Описание	Примеры
Инструменты быстрого моделирования	Инструменты быстрого моделирования используются для быстрой разработки имитационных моделей или для выполнения технико-экономических обоснований до начала полномасштабного моделирования	Программное обеспечение электронных таблиц. Manuplan и SimStarter являются примерами программных пакетов, которые были разработаны для реализации этой функции, но больше не продаются
ПО поддержки ИМ	Программное обеспечение поддержки включает в себя инструменты, помогающие в процессе моделирования. Среди них инструменты, используемые для анализа данных, определения вида распределения исходных данных, и инструменты создания отчетности	ExpertFit SIMSTAT 2.0

В течение 1990-х годов производители пакетов имитационного моделирования фокусировались на предоставлении инструментов конечным пользователям. Программное обеспечение, такое как AutoMod и Micro Saint, приобрело популярность благодаря функциям автоматического сбора входных данных, бесплатному развертыванию программ и графическому интерфейсу.

Кроме того, появилось сетевое моделирование. Такой подход к разработке средств моделирования реализуется че-

рез сеть Интернет, в частности, с помощью веб-браузера. Интернет все больше становится средой для разработки приложений в сфере имитационного моделирования. Еще одна развивающаяся область моделирования, агентное моделирование, начала набирать популярность в 1990-х годах и нашла применение в различных сферах бизнеса, социальной и технической областях. Агентные модели были разработаны для решения проблем: формирования цепочки поставок, оценки поведения потребителей, социального взаимодействия, управления трудовыми ресурсами, анализа фондового рынка, структуры транспортных потоков и т.д. Модели, основанные на агентах, позволяли проверить, как изменения в локальном поведении влияют на поведение, возникающее в больших масштабах.

По мере развития имитационного моделирования в 2000-х годах данная сфера продолжала расти как по объему продаж, так и по количеству и ассортименту программных продуктов. Сегодня сотни программных продуктов для имитационного моделирования доступны для решения задач в самых разных областях бизнеса, экономики и управления.

# **Тема 2. Языки имитационного моделирования**

Языки имитационного моделирования предназначены для разработки соответствующего программного обеспечения, которое может быть использовано для создания множества приложений имитационного моделирования. В некотором смысле эти языки сопоставимы с FORTRAN, C++, Visual Basic или Java, но они также включают определенные функции, облегчающие процесс имитационного моделирования. Некоторые примеры современных языков моделирования: GPSS / H, GPSS / PC, SLX и SIMSCRIPT III. Языки моделирования существуют для дискретной, непрерывной и агентной парадигм имитационного моделирования.

## **Функции языка ИМ**

Специализированные функции обычно отличают языки моделирования от общих языков программирования. Эти функции призваны освободить аналитика от повторного создания программных инструментов и процедур, используемых практически во всех приложениях моделирования. Мало того, что разработка этих функций была бы трудоемкой и трудной, но без них согласованность модели могла бы ва-



рыироваться, и потребовались бы дополнительные отладка, валидация и верификация. Большинство языков моделирования предоставляют следующие функции:

- 1) симулятор часов или механизм для продвижения моделируемого времени;
- 2) методы планирования событий;
- 3) инструменты сбора и анализа статистики использования различных ресурсов и объектов;
- 4) методы представления ограниченных ресурсов;
- 5) инструменты для представления результатов;
- 6) средства отладки и обнаружения ошибок;
- 7) генераторы случайных чисел и связанные с ними наборы инструментов;
- 8) общие рамки для создания модели.

## **Сравнение языков ИМ с традиционными языками программирования**

Хотя уже многие имитационные модели разработаны с использованием специальных языков моделирования, некоторые аналитики по-прежнему предпочитают полагаться на традиционные языки программирования для разработки подобных моделей. В других случаях разрабатывают специальные расширения для добавления возможностей традиционному языку программирования. Например, Repast Symphony является бесплатным и открытым источником, агентно-ори-

ентированным инструментарием моделирования, который добавляет функции к языку Java, чтобы упростить создание и использование имитационной модели.

Мотивы использования языка программирования общего назначения следующие:

- знания и навыки программиста: разработчики уже знают язык программирования общего назначения. У них может не быть времени или желания изучать специальный язык имитационного моделирования;

- гибкость: языки программирования по своей сути являются более гибкими, предоставляя аналитику свободу создавать модель с использованием предпочтительной методологии;

- стоимость: программное обеспечение, разработанное с помощью языка программирования общего назначения, как правило, более доступно и гораздо дешевле, чем специальное программное обеспечение для имитационного моделирования. Сейчас это уже не всегда верно, так как несколько ведущих языков имитационного моделирования могут быть загружены бесплатно;

- совместимость с «железом»: программное обеспечение общего назначения может быть доступно на любой аппаратной платформе, в то время как для некоторых языков имитационного моделирования могут потребоваться специальные компьютеры и конфигурации памяти;

- недостаток знаний аналитиков. Аналитик может не

знать и не понимать язык имитационного моделирования, и может не иметь знаний о его преимуществах;

– обучение. Курсы по использованию традиционных языков программирования, как правило, более доступны, чем обучение специальным языкам имитационного моделирования.

Хотя традиционные языки программирования обладают некоторыми преимуществами, даже в типичном приложении для имитационного моделирования программист или аналитик обнаружит, что начальные инвестиции в язык имитационного моделирования более чем окупаются. Язык имитационного моделирования обеспечивает экономию в кодировании, отладке, анализе результатов и внесении изменений в модель и компьютерную программу.

## **Языки имитационного моделирования**

В настоящее время существует уже достаточно много языков имитационного моделирования, которые используются компаниями-производителями, исследователями, сервисными компаниями, а также консультантами.

### **GPSS и SIMSCRIPT**

GPSS (система общего назначения для моделирования)

была первоначально разработана Джеффри Гордоном из IBM и выпущена в октябре 1961 года. После выпуска GPSS стал довольно распространенным языком имитационного моделирования и с тех пор регулярно используется. В целом, GPSS пользуется широкой популярностью благодаря своему разумному построению и общей мощности.

Основные функции языка GPSS могут быть легко изучены, а дополнительные мощные функции делают его идеальным для моделирования сложных систем. В общем случае GPSS используется для имитации систем очередей, которые состоят из взаимодействующих объектов и клиентов в условиях ограниченных ресурсов. В настоящее время несколько поставщиков предлагают версии GPSS, включая: Wolverine Software, которая производит GPSS/H, мощную, современную версию GPSS, разработанную для создания больших и сложных моделей. Minuteman Software создает дружелюбную среду моделирования GPSS под названием GPSS World, которая содержит специальные инструменты для разработки имитационных моделей.

**SIMSCRIPT III:** Этот язык является прямым потомком исходного языка SIMSCRIPT, созданного в Rand Corporation в 1960-х годах. SIMSCRIPT III имеет конструкции, которые позволяют разработчику подходить к проблеме либо на основе процессного подхода, либо на основе объектно-ориентированного мировоззрения. SIMSCRIPT III предлагает уникальные функции, которые добавляют ему привлекатель-

ности. Среди них:

- объектно-ориентированное программирование;
- модульность;
- студия развития SIMSCRIPT III (SimStudio);
- объектно-ориентированная графика Simscript III;
- связь с базой данных SDBC.

В общем, SIMSCRIPT III – это язык свободной формы с синтаксисом, похожим на английский язык. Этот синтаксис позволяет коду в системе становиться самодокументированным. Компоненты модели могут быть запрограммированы достаточно четко, чтобы обеспечить представление структуры и логики моделируемой системы. SIMSCRIPT III поддерживается и распространяется компанией CAI Products Company.

В последнее время появились симуляторы и интегрированные среды имитационного моделирования, предоставляющие аналитику дополнительные возможности, которые позволяют автоматизировать многие процессы и устранить тяжелую работу из процесса моделирования. Модели, разработка которых раньше занимала дни или недели, теперь можно разработать за несколько минут с использованием заготовленных шаблонов реальных объектов, требующих не более чем настройку определенных параметров. Новое программное обеспечение, специализирующееся на области применения, позволяет аналитику моделировать, выполнять, анализировать и анимировать системы в своей области

(производство, здравоохранение, логистика, связь и т.д.).

## Симуляторы

Симулятором называют программный пакет, который предназначен для разработки имитационных моделей для специфической области. С симулятором обычно работает человек, который не является аналитиком или программистом, но все же хочет проанализировать систему.

Примерами программных пакетов симуляторов являются MedModel (симулятор медицинской помощи), PRISM (симулятор полиции) и PX-Sim (фармацевтический симулятор).

Симуляторы обладают рядом преимуществ перед языками имитационного моделирования. К ним относятся:

– простота использования. Симуляторы разработаны специально для пользователя-непрограммиста. Они, как правило, имеют удобные функции, такие как выпадающие меню команд и специальные инструменты для упрощения построения модели. Многие симуляторы продаются с большим упором на их удобство для пользователя, чем на их возможности моделирования;

– быстрая разработка моделей. Многие симуляторы настроены на быстрый метод построения модели. Эта скорость разработки достигается благодаря тому, что базовая модель системы уже создана, и пользователь симулятора толь-

ко изменяет конкретные параметры модели через пользовательский интерфейс. Этот интерфейс может быть настроен для создания модели путем «перетаскивания» графических значков, с серией вопросов или с рядом подсказок и пользовательских экранов;

– базовая модель системы уже завершена. В центре всех симуляторов есть уже построенная модель. Пользователь симулятора теоретически не нуждается в полном понимании моделируемой системы, ему нужно идентифицировать несколько ключевых атрибутов системы, и симулятор выполнит свою работу.

При использовании в надлежащем контексте симуляторы могут быть полезным инструментом. Но когда они применяются неправильно, они могут дать неверные результаты. Некоторые из подводных камней использования симуляторов приведены в следующем списке:

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.