

# МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.7

П.Н. Волгин, Т.Н. Масленникова

## ОСОБЕННОСТИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Волгин Павел Николаевич, кандидат технических наук, доктор военных наук, профессор, окончил факультет вычислительной техники ВМИРЭ им. А.С. Попова. Ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. Имеет публикации в области проектирования КСА, автоматизированных систем специального назначения, информационного обеспечения автоматизированных систем специального назначения. [Тел.: (812) 328-01-79].*

*Масленникова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, окончила радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Начальник научно-исследовательской лаборатории ФНПЦ ОАО «НПО «Марс». Имеет труды и публикации в области информационного обеспечения автоматизированных систем специального назначения. [e-mail: mars@mv.ru].*

### Аннотация

В статье рассматриваются роль и место метода имитационного моделирования (ИМ) в интересах формализации процессов функционирования пространственно-распределенных динамических систем (ПРДС). Дается краткий анализ достоинств и недостатков этого метода, приводится перечень ситуаций, когда целесообразно его применение для различных сфер деятельности специалистов.

Ключевые слова: имитационная модель, геоинформационная система (ГИС), преимущества и недостатки имитационного моделирования.

### Abstract

The article deals with a role and position of simulation for formalization of operation processes of geographically-distributed dynamic systems. The authors give a brief of advantages and disadvantages of the method, a list of situations when it is reasonable to use it for specialists' different activities.

Key words: simulation model, GIS, advantages and disadvantages of simulation.

### ВВЕДЕНИЕ

Процессы, реализуемые сложными ПРДС, носят сложный, динамичный, как правило, случайный и масштабный характер.

При организации функционирования подобных систем, их проектировании и создании возникает проблема обоснованности и эффективности принимаемых решений. Данная проблема присуща процессу принятия решения и управления в различных сферах деятельности

человека: промышленность, транспорт, научная и проектно-конструкторская деятельность, социальная сфера, сфера вооруженной борьбы и т.д. При этом важнейшими особенностями, характерными для условий принятия решения, и, прежде всего, в сфере вооруженной борьбы, являются острый дефицит времени, наличие активной противоборствующей (конкурирующей) стороны.

Применение для обоснования решений, пла-

нов и для управления процессом их реализации существующих методов объективной оценки способно значительно повысить эффективность и качество функционирования организационно-технических систем [1]. При этом речь может идти как об оценке различных параметров, связанных с реализуемой системой процессом, так и об оценке влияния всего процесса и отдельных его составляющих на качество решения системой свойственных ей задач.

Таким образом, должна быть обеспечена возможность предвидения, которая становится реальной только при познании закономерностей управляемых процессов. Разработка и внедрение объективных методов исследования закономерностей управляемых процессов есть важный путь совершенствования творческого процесса подготовки, принятия решения и его реализации.

В современных условиях в качестве одного из основных методов исследования подобных закономерностей широкое распространение получило математическое моделирование. Реальные процессы и системы, как правило, исследуют с помощью двух типов математических моделей: аналитических и имитационных [2].

В аналитических моделях поведение реальных процессов и систем задается в виде явных функциональных зависимостей (уравнений линейных или нелинейных, дифференциальных или интегральных, систем этих уравнений). Однако получить эти зависимости удается только для сравнительно простых реальных процессов и систем. Когда явления сложны, многообразны, динамичны, исследователю приходится идти на упрощенные представления сложных реальных процессов и систем. В результате аналитическая модель становится слишком грубым приближением к действительности. Если все же для сложных реальных процессов и систем удастся получить аналитические модели, то зачастую они превращаются в трудно разрешимую проблему. Поэтому исследователь вынужден часто использовать имитационное моделирование.

Несмотря на значительное число работ, посвященных имитационному моделированию [2, 3], многие аспекты, связанные с целесообразностью его применения, в том числе для формализации пространственно-распределенных динамических систем, достаточно четко не обозначены.

Предлагается уточнить эти аспекты и сформулировать рекомендации по особенностям формализации ПРДС.

#### Структура имитационной модели

Имитационное моделирование представляет собой численный метод проведения на ЭВМ вычислительных экспериментов с математическими моделями, имитирующими поведение реальных объектов, процессов и систем во времени в

течение заданного периода. При этом функционирование реальных процессов и систем разбивается на элементарные явления, подсистемы и элементы. Функционирование этих элементарных явлений, подсистем и элементов описывается набором алгоритмов, которые имитируют их с сохранением логической структуры и последовательности во времени.

Указывая, что данная модель имитационная, обычно подчеркивают, что в отличие от других типов абстрактных моделей, в этой модели сохранены и легко узнаваемы такие черты моделируемого объекта, как структура, связи между компонентами, способ получения и передачи информации и т.д. С имитационными моделями также обычно связывают и требования иллюстрации их поведения с помощью принятых в данной прикладной области графических образов. Недаром имитационными обычно называют модели предприятий, экологические, социальные модели, модели в военной сфере деятельности.

С учетом вышеизложенного, в качестве имитационной модели рассматривается специальная форма математической модели, в которой:

- декомпозиция системы на компоненты производится с учетом структуры проектируемого или изучаемого объекта;
- в качестве законов поведения могут использоваться экспериментальные данные, полученные в результате натуральных экспериментов;
- поведение системы во времени иллюстрируется заданными динамическими образами;
- для пространственно-временной интеграции данных и визуализации процесса моделирования применяются современные геоинформационные технологии.

Имитационное моделирование пространственно-распределенных динамических систем на основе современных информационных технологий (ГИС, объектно-ориентированного моделирования, системы онтологий и т.п.) является одним из наиболее важных направлений возможности обоснования принимаемых решений по созданию и исследованию сложных ПРДС. Как и любое компьютерное моделирование, оно дает возможность проводить вычислительные эксперименты с еще только проектируемыми системами и изучать другие системы, натурные эксперименты, работы с которыми из-за соображений безопасности или дороговизны не целесообразны. В то же время, благодаря своей близости по форме к физическому моделированию, этот метод исследования может быть более доступен широкому кругу пользователей.

Для имитационного моделирования структурно-функциональную модель необходимо дополнить параметрами, данными, описывающими детали функционирования системы (это дает возможность уже называть данную модель

логики-математической). Таким образом, полученную модель можно рассматривать как алгоритм функционирования системы, реализованный в виде программного комплекса для компьютера (т.е. на данном этапе уже можно говорить об имитационной модели) [4].

Условно имитационную модель ПРДС можно представить в виде определенной совокупности программно реализованных модулей. На рисунке 1 в обобщенном виде показана возможная структура имитационной модели пространственно-распределенной динамической системы в составе:

- модуля имитации пространственно-временной динамики поведения объектов, формирующего реализации случайных или детерминированных процессов, имитирующих поведение объектов в пространстве и во времени;
- модуля имитации работы средств, установленных на объектах, формирующего реализации случайных или детерминированных процессов, имитирующих работу средств;
- модуля имитации условий функционирования моделируемой системы, формирующего по случайной или детерминированной схеме внешние условия (среду), влияющие на процессы поведения объектов и на результаты функционирования установленных на объектах средств;
- модуля обработки результатов имитационного моделирования, предназначенного для получения результирующих (локальных и глобальных) информативных характеристик исследуемой системы, поведения входящих в нее объектов и результатов функционирования средств, установленных на объектах;
- модуля визуализации процесса имитационного моделирования, осуществляющего с использованием геоинформационных технологий необходимую степень детализации отображения результатов функционирования системы, составляющих ее объектов и установленных на объектах средств;
- ГИС, использующейся в качестве источника исходной информации о среде для реализации пространственно-временной интеграции данных, описывающих поведение объекта и функционирование установленных на объектах средств, для визуализации результатов имитационного моделирования;
- модуля управления процессом имитационного моделирования, реализующего способ исследования имитируемой системы и автома-

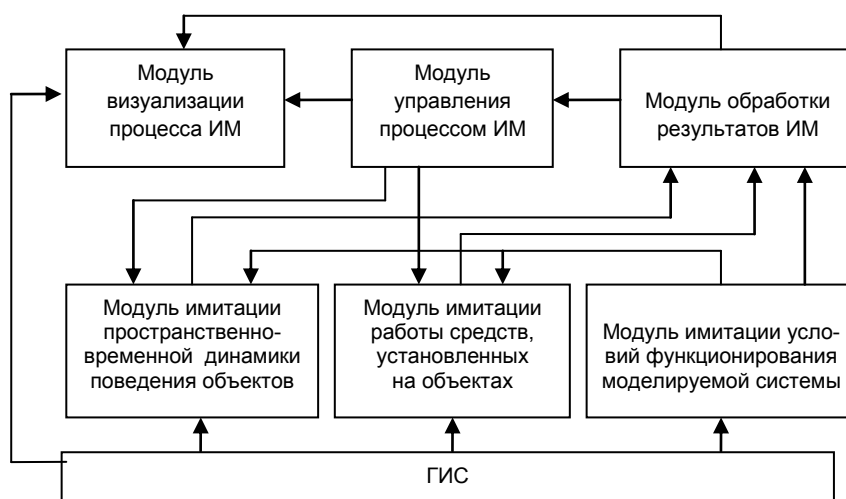


Рис. 1. Структура имитационной модели ПРДС

тизирующего процесс имитационного моделирования и проведения имитационного эксперимента.

#### Особенности моделирования

Важной особенностью современных имитационных моделей является использование в их составе в качестве пространственной информационной основы, обеспечивающей реализацию пространственно-временной интеграции данных, геоинформационных систем. ГИС может встраиваться в состав имитационной модели либо использоваться имитационной моделью (наряду с другими математическими моделями) в качестве одной из основных подсистем, входящих в состав программного комплекса. ГИС обеспечивает сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распределение пространственных данных [5]. При этом в интересах имитационного моделирования сложных ПРДС геоинформационная система, прежде всего, может использоваться:

- как источник исходной информации о среде, хранящейся в географически привязанных базах данных (БД);
- для пространственной ориентации имитируемых элементов исследуемой системы;
- для наглядной пространственно-временной интерпретации и визуализации в динамике наступления событий для имитируемого процесса (рис. 2);
- для отображения результатов имитационного моделирования.

Целесообразность применения ГИС может быть вызвана следующими обстоятельствами:

**1. Наличием «географического каркаса» информационной системы.** Параллельно с обработкой информации по имитируемым элементам (подсистемам) сложной пространственно-распределенной системы осуществляется учет и использование в модели географических, ме-

теорологических, гидрофизических факторов региона; формирование структуры и взаимосвязанного представления совокупности объектов (маневренных, стационарных, позиционных, морских, прибрежных, береговых и других).

**2. Высокой степенью согласованности ГИС и баз данных.** База данных строится с учетом принципов ГИС и дает возможность оперативно увязывать данные с основными элементами геоинформационной системы. ГИС опирается на БД при проведении любого синтеза и анализа географических данных, тем самым обеспечивая высокий уровень актуальности и корректности информации, используемой в ходе имитационного моделирования.

**3. Высокой степенью формализации пространственной информации.** Представление координатной и другой пространственной информации в БД дает возможность решать многие задачи эффективными средствами, оставляя для ГИС сложные случаи. Такой подход совпадает с современными передовыми тенденциями моделирования и информатизации.

**4. Открытостью методов.** Алгоритмы обработки информации, соответствующие принятым методическим руководствам, формализуются в открытой форме и могут становиться частью информационного оборота других математических моделей и пользователей.

**5. Оперативностью обработки информации.** Все составные части ГИС (терминологическая и справочная часть БД, банк гидрометеорологических и гидрофизических данных, картографическая основа и др.) формируются из готовых блоков с началом работы над любым проектом. Они детализируются и совершенствуются, сохраняя при этом свою работоспособность. Таким образом, в любой момент времени в процессе имитационного моделирования можно проводить оперативные запросы к системе, в том числе пространственные и временные.

**6. Многопрофильностью.** Квалификация специалистов, применяемые методы позволяют использовать все известные форматы данных, быстро подключая к ГИС и БД. Нарботана практика освоения новых, в том числе недокументированных видов данных.

#### ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Применение методов имитационного моделирования с использованием в имитационных моделях геоинформационных технологий позволяет реализовать следующие основные возможности, необходимые для описания сложных пространственно-распределенных динамических систем, являющиеся характерными для данных математических методов:

- возможность описания поведения компо-

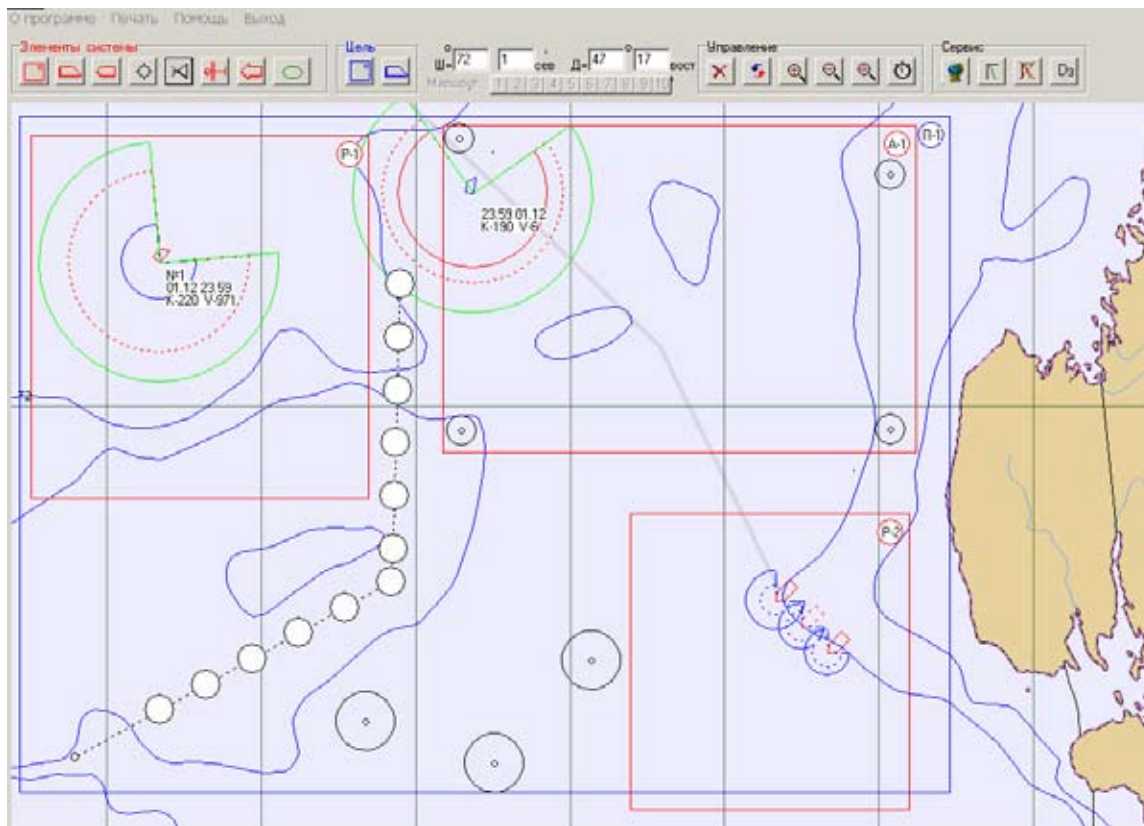


Рис. 2. Использование ГИС для визуализации имитируемых элементов системы освещения обстановки

нент (элементов), процессов, реализуемых системой, или функционирования системы в целом на высоком уровне детализации;

- отсутствие ограничений между параметрами имитационного моделирования, состоянием внешней среды реального процесса и моделируемой системы;

- возможность исследования динамики взаимодействия компонент, отдельных составляющих системы и процесса ее функционирования в целом во времени и пространстве;

- возможность учета влияния моделируемой системы как обеспечивающей информационной подсистемы на эффективность функционирования системы высшего порядка.

Эти достоинства обеспечивают имитационному методу широкое распространение. Использование имитационного моделирования может быть рекомендовано в следующих случаях:

- если не существует законченной постановки задачи исследования и идет процесс познания объекта моделирования. Имитационная модель служит средством изучения явления;

- если аналитические методы имеются, но математические процессы сложны и трудоемки. Имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи;

- когда кроме оценки влияния параметров (переменных) процесса или системы желательное осуществить наблюдение за поведением компонент (элементов) процесса или системы в течение определенного периода;

- когда имитационное моделирование оказывается единственным способом исследования сложной системы из-за невозможности наблюдения явлений в реальных условиях (реакции термоядерного синтеза, исследования космического пространства);

- когда необходимо контролировать протекание процессов или поведение систем путем замедления или ускорения явлений в ходе имитации;

- при подготовке специалистов для освоения новой техники, когда на имитационных моделях обеспечивается возможность приобретения навыков в эксплуатации новой техники;

- при изучении новых ситуаций в реальных процессах и системах. В этом случае имитация служит для проверки новых стратегий и правил

проведения натуральных экспериментов;

- когда особое значение имеет последовательность событий в проектируемых процессах или системах, и модель используется для предсказания узких мест в функционировании реальных процессов и систем.

Однако имитационное моделирование наряду с достоинствами имеет и некоторые недостатки. К основным из них можно отнести следующие:

- разработка хорошей имитационной модели часто обходится дороже создания аналитической модели и требует больших временных затрат;

- может оказаться, что имитационная модель неточна (что бывает часто), и исследователь не в состоянии измерить степень этой неточности;

- зачастую исследователи обращаются к имитационной модели, не представляя тех трудностей, с которыми они встретятся, и совершают при этом ряд ошибок методологического характера.

#### Выводы

Таким образом, особенностью имитационной модели ПРДС является наличие в ней специальных модулей имитации специфических свойств, обеспечивающих на основе геоинформационных технологий интеграцию пространственных и временных данных.

Главным достоинством имитационного моделирования являются расширенные возможности по формализации сложных пространственно-распределенных динамических систем, исследование которых аналитическими или иными методами затруднено или невозможно (дорого, опасно для здоровья, повторяются однократно и т.п.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин Н.С. Исследование операций. Часть 1. — СПб.: ВМА, 1999.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. — М.: Высшая школа, 1998.
3. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. — М., 1978.
4. Волгин П.Н., Ермолаев В.И. Анализ ситуаций с помощью интеллектуальных геоинформационных систем // Автоматизация процессов управления. — 2008. — № 2(12). — С. 86–90.