

ЯЗЫК МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

С. А. Власов (Москва), В. В. Девятков, Т. В. Девятков (Казань)

Неоспоримым фактом является то, что язык GPSS является одним из наиболее популярных и используемых средств имитационного моделирования в России и во всем мире. Гениальная разработка Дж. Гордона [1] уже почти пятьдесят лет все увеличивает количество своих почитателей. С историей возникновения и развития семейства языков GPSS можно ознакомиться во многих публикациях, например, [2], [3]. Долголетие и мощь GPSS восхищают и поражают все новыми и новыми применениями.

Конечно, язык GPSS имеет и целый ряд недостатков – простейший интерфейс пользователя, недостаточно функциональный редактор моделей, слабо автоматизированная технология проведения исследований, устаревший способ представления и анализа результатов и т.д. Эти недостатки все более явно проявляются в настоящее время на фоне современных средств информационных технологий. И все это, в основном, из-за того, что язык был разработан на самой заре информатизации. Сейчас созданы гораздо более современные, с точки зрения информационных технологий и пользовательского интерфейса, программные продукты имитационного моделирования. Но уникальные концепции моделирования и алгоритмическая мощь, наряду с исключительной простотой освоения и использования, позволяют GPSS успешно конкурировать с современными системами.

Как показано в работе [4], в России и СНГ для моделирования используется много и других языков и систем. Данные системы действительно обладают рядом уникальных возможностей и используют новейшие алгоритмические разработки. Но большинство из известных авторам крупных проектов использования имитационного моделирования на практике успешно реализуется именно на языке GPSS. Например, нам неизвестно ни одного случая в области дискретно-событийного моделирования, когда можно было бы сказать, что данная модель не может быть реализована на языке GPSS. А перечисленные выше недостатки языка GPSS сейчас успешно преодолеваются возможностями гибкого использования в создаваемых имитационных моделях программ, написанных на других языках. Еще большая возможность использовать преимущества GPSS появляется при реализации концепции комплексной автоматизации имитационных исследований, объединении в рамках единой интегрированной программной системы как можно большего числа этапов классического имитационного исследования [5], [6]. В этом случае с использованием GPSS создается модель и реализуются заданные пользователем эксперименты, а все остальные действия в процессе имитационных исследований выполняются с помощью других программ, существующих или специально разработанных.

Современная версия языка GPSS–GPSS World [7] практически идеально вписывается в концепцию интегрированной (комплексной) системы имитационных исследований и является моделирующим ядром этой системы. Такое использование GPSS World неоднократно апробировано авторами в процессе реализации целого ряда проектов различной сложности и направленности.

Системы автоматизации имитационных исследований

Будем далее называть интегрированную программную систему имитационных исследований сокращенно **САИИ** – **система автоматизации имитационных исследований**. В рамках САИИ необходима разработка множества программных компонент,

сервисов и технологий, обеспечивающих проведение полномасштабных имитационных исследований в различных областях экономики в рамках единой программной, а часто и алгоритмической среды.

При этом нельзя рассматривать САИИ в отрыве от процессов автоматизации всей исследуемой системы в целом. Другими словами, САИИ должны стать неотъемлемой составной частью ИТ структуры любого предприятия, технологии, системы и т.д. Использование САИИ возможно на различных стадиях жизненного цикла исследуемой системы – при проектировании, функционировании (эксплуатации), планировании развития, коренной ее модернизации и т.д. На стадии проектирования САИИ должна обеспечивать верхний – системный уровень проектирования или анализа. Результаты моделирования на системном уровне должны учитываться в других, следующих за данным уровнем системах автоматизированного проектирования, решающих задачи синтеза. На стадиях эксплуатации или модернизации САИИ должна обеспечивать и стратегический, и оперативный уровни анализа и прогнозирования. При этом результаты моделирования должны использоваться при принятии управленческих решений и планировании развития.

САИИ – это, естественно, не одна, не две, а целое множество предметно ориентированных систем. Последовательно, шаг за шагом, должен быть создан целый ряд таких систем для различных областей реальной экономики с учетом уровня детализации объектов системы, квалификации пользователей и т.д. (рис. 1).

Только при создании множества разнообразных систем САИИ имитационные исследования перестанут быть уделом небольшого количества специалистов и действительно станут полноценным массовым инструментом системных аналитиков различных уровней (руководителей, менеджеров, диспетчеров и т.д.).



Рис. 1. Множество систем САИИ

Классификация САИИ

Последние тенденции развития систем имитационного моделирования (как и любой системы автоматизации) и практический опыт внедрения их в реальную экономику показывают, что **в основе** создания новой системы должен стоять **конечный пользователь** – формулирующий задачи, которые он собирается решить с использованием системы; его уровень квалификации и познания в имитационном моделировании и т.д.

Поэтому классифицировать возможные пути дальнейшего развития средств автоматизации имитационных исследований будем в первую очередь по конечному пользователю этих средств. Можно разделить всех пользователей имитационных исследований на три группы (рис. 2).

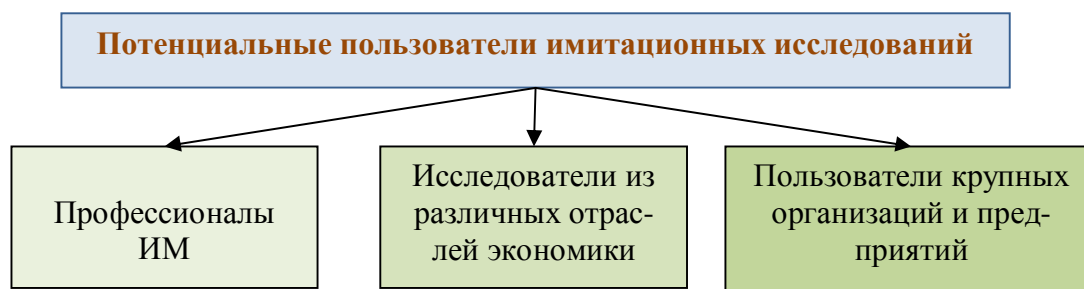


Рис. 2. Пользователи имитационных исследований

Каждой из этих групп требуется средство автоматизации имитационных исследований с существенно отличающимися функциями, уровнем интерфейса, информационным наполнением и т.д., так как в своей профессиональной деятельности они решают абсолютно разные задачи и обладают различной квалификацией.

Профессионалы ИМ. Это специалисты, профессионально владеющие методами имитационного моделирования. Их основная функция – обучение ИМ, создание моделей и проведение на них исследований в учебных и научных целях или на заказ. Они в любом случае занимались и будут заниматься имитационными исследованиями. Цель разработки новых программных средств автоматизации – увеличить эффективность их работы, повысить скорость создания моделей и проведения исследований, повысить адекватность моделей и наглядность в представлении результатов исследований и упростить способы передачи результатов Заказчикам.

Исследователи из различных отраслей экономики. Это аналитики, руководители, преподаватели и другие пользователи, в функции которых входит применение ИМ в обучении, системный анализ и консалтинг, создание и использование моделей для оперативного и стратегического управления предприятиями, проектами, системами и т.д. Они знакомы с методами ИМ, понимают их суть и значимость и хотели бы их активнее использовать, но требуется создание более понятных (простых) инструментов исследования, ориентированных на их профессиональную деятельность.

Пользователи крупных организаций и предприятий. Это группа пользователей, которая, с одной стороны, особо нуждается в системном анализе (в силу сложности и размерности систем), а с другой стороны, не может самостоятельно его провести (дефицит времени, отсутствие требуемых специалистов и специализированных программных средств анализа). Программные средства имитационных исследований для этой группы должны в наибольшей степени быть автоматизированы, нацелены на решение конкретных исследовательских задач, интеграцию в корпоративную сеть предприятия, на использование данных систем мониторинга и согласованную передачу результатов моделирования в другие системы автоматизации предприятия.

Учитывая все это, будем далее рассматривать три типа возможных программных средств автоматизации имитационных исследований:

1. Создание *интегрированных моделирующих сред для профессионалов ИМ.*
2. Разработка *универсальных моделирующих сред для широкого круга исследователей из различных отраслей экономики.*
3. Разработка *имитационных приложений*, полностью автоматизированных и «заточенных» на конкретные задачи *для крупных корпораций и предприятий.*

Рассмотрим каждое из этих направлений более подробно.

Интегрированные моделирующие среды для профессионалов ИМ

Под интегрированной моделирующей средой *для профессионалов ИМ* будем понимать программную систему автоматизации имитационных исследований, которая позволяет оснастить профессионалов ИМ более удобными в применении, автоматизированными средствами разработки моделей и проведения исследований.

Конечно, невозможно создать единый программный продукт профессионала ИМ на все случаи жизни, да этого и не нужно. Необходимо только максимально автоматизировать действия разработчика имитационных моделей и исследователя. Это должен быть стандартизованный набор программных компонент, информационно совместимых друг с другом, методик и технологий их применения. Система должна быть построена так, что этот набор компонент, методик и технологий мог пополняться без переработки всей системы при автоматизации новой функции или этапа. Каждая компонента должна иметь возможность гибких настроек параметров, обмена данными с другими компонентами, последовательной реализации при этом одного этапа имитационного исследования за другим. В самом общем и условном виде концепция построения и использования такой программной среды (базируясь на терминологии классической методики имитационных исследований [8], [9]) изображена на рис. 3.

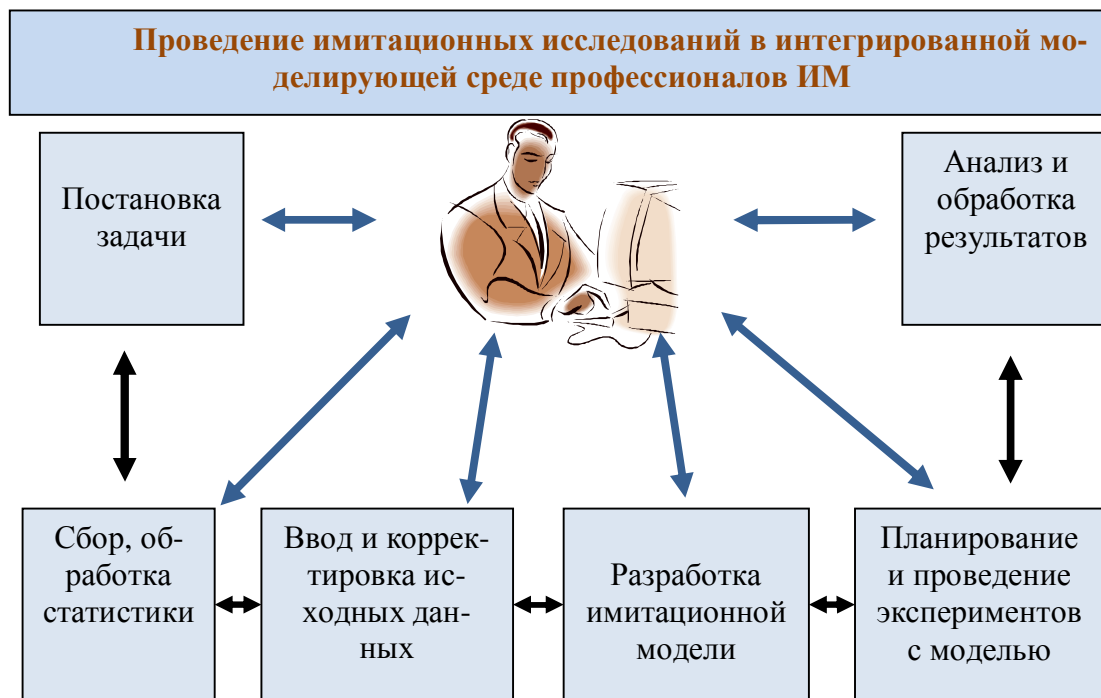


Рис. 3. Концепция построения и использования интегрированной программной среды для профессионалов ИМ

Используя такую среду, профессионал ИМ сможет, по сравнению с классическим подходом, получить множество преимуществ при проведении имитационных исследований, сохраняя при этом исключительную вариативность и гибкость:

- охватить весь цикл имитационных исследований;
- проводить их более оперативно. Не тратя время на изучение различных программ, рутинные операции согласования форматов данных и их ввода;
- уделить больше внимания достижению адекватности модели;
- увеличить круг возможных областей внедрения метода имитации;
- расширить круг его потенциальных пользователей.

Универсальные моделирующие среды для широкого круга исследователей из различных отраслей экономики

Для данной группы пользователей требуется иной подход и автоматизация ряда этапов и элементов процесса имитационных исследований. Ориентиром для разработчиков может служить тот факт, что данная группа пользователей хоть и знает ИМ, но не является профессионалом как в области ИМ, так и программирования. Также будем учитывать наш постулат, использованный при классификации, о массовом применении данной среды в различных отраслях экономики.

Все это говорит, что должен быть создан программный продукт, позволяющий:

- во-первых, быть очень простым в применении и доступным в понимании;
- во-вторых, обеспечить его применение как можно большим числом пользователей.

Концепция построения и использования универсальной моделирующей среды приведена на рис. 4.



Рис. 4. Концепция построения и использования универсальной моделирующей среды

Отличие данной структуры от среды для профессионалов заключается в упрощении некоторых этапов имитационного исследования (например, постановка задачи), более жестком сценарии исследования (ограничение возвратов между этапами), замене некоторых автоматизированных процедур на автоматические (в частности, автоматическая генерация текста модели).

Имитационные приложения для крупных корпораций и предприятий

В отличие от двух предыдущих типов САИИ имитационные приложения обладают еще большей жесткостью структуры и сценариев, в силу нацеленности на четко сформулированные задачи исследования.

Обязательными становятся процедуры использования исходных данных из других автоматизированных систем отрасли. Отличительной особенностью имитационных приложений является тщательная проработка пользовательских интерфейсов и их максималь-

ное приближение к языку общения специалистов в конкретной предметной области. Постановки задачи исследования сводятся к выбору показателей функционирования и факторов, на них влияющих, в процессе планирования экспериментов. Более подробно архитектура и концепции построения имитационных приложений описаны в [6].



Рис. 5. Концепция построения и использования имитационного приложения

Место и роль подсистемы моделирования в САИИ

Как видим, в каждом типе САИИ имеется множество функциональных и структурных отличий. Но определяющей и центральной подсистемой любой САИИ является подсистема моделирования. Данная подсистема является ядром всей системы. Конечно, можно каждый раз при создании САИИ разрабатывать свой симулятор. И в некоторых исключительных случаях это оправдано. Но очевидно, что существует множество мощных и проверенных на практике общецелевых языков имитационного моделирования [4]. Именно на них и нужно в первую очередь ориентироваться при создании САИИ.

В качестве подсистемы моделирования будет понимать не только создание исходного кода на некотором общецелевом языке имитационного моделирования, а также и автоматизированное или полностью автоматическое средство создания исходных текстов моделей на выбранном языке на основе введенных пользователем данных.

Как уже говорилось, в качестве «моделирующего ядра» (подсистемы моделирования) авторами, в своих разработках, выбран язык GPSS World.

Современная версия GPSS World имеет большое количество возможностей интерфейса с другими языками и системами программирования. Например, процедуры динамического вызова программ из любого языка программирования и собственные операторы обработки входных и выходных файловых потоков данных, возможности встроенного в GPSS языка PLUS. Также модель на языке GPSS World может быть вызвана на выполнение в любой внешней программной среде. Кроме этого, в настоящее время разработано достаточно много стандартных программ, расширяющих возможности GPSS World.

Например, в компании Элина-Компьютер разработан целый ряд таких программ:

- GPSS сервер – данная программа позволяет управлять множеством процессов вызова GPSS World из различных приложений в рамках локальной вычислительной сети;
- планирование экспериментов на GPSS World – позволяет организовывать и проводить серии экспериментов, выбирать различные методы планирования, сохранять результаты в базе данных, обеспечивает средства анализа результатов серии;
- подсистема динамического мониторинга GPSS моделей – обеспечивает накопление результатов моделирования в динамике по любому из объектов модели и с заданным пользователем шагом времени фиксации данных. Предоставляет средства анализа результатов мониторинга пользователем;
- редактор стандартных отчетов GPSS – GPSS RC.

С этими и другими программами можно будет ознакомиться в ряде других докладов на данной конференции.

Все это дает возможность гибко и эффективно реализовать основные функции управления моделью из внешней программы:

- ввод данных в модель;
- запуск на выполнение;
- останов моделирования для ввода управляющих команд и данных;
- продолжение моделирования;
- масштабирование и синхронизация модели;
- динамический мониторинг хода эксперимента;
- завершение эксперимента;
- формирование и обработка результирующего отчета;
- анализ результатов моделирования.

Все эти возможности практически апробированы и проверены при создании подсистем моделирования в процессе разработки различных типов САИИ.

В состав САИИ, для каждого из перечисленных типов с различным уровнем автоматизации, кроме моделирующего ядра, должен входить и генератор моделей. Суть его состоит в автоматическом создании исходного кода GPSS для конкретного эксперимента с моделью на основе данных, введенных пользователем. Генератор моделей – это программная реализация автоматического и корректного объединения типовых моделей, параметризованных шаблонов моделей, типовых элементарных блоков и т.д. в тексте модели или ее фрагменте, в соответствии с выбранной пользователем структурой и введенными параметрами.

В САИИ для профессионалов ИМ генератор исходных кодов на GPSS используется для автоматического создания лишь части исходного кода. Основную часть модели разрабатывает сам пользователь. И только при включении некоторых функций в модель, например, динамического мониторинга, пользователь обращается к стандартной программе, вводит требуемые данные, и она автоматически дополняет модель исходным кодом. Это специальный сегмент с набором PLUS процедур и организацией таймера мониторинга.

И, наоборот, в САИИ для широкого круга пользователей и имитационных приложениях пользователь обычно даже не имеет доступа к конечному исходному тексту модели для эксперимента, а может управлять только ее созданием и анализировать результаты эксперимента. В данных типах САИИ исходный код автоматически генерируется системой по результатам ввода данных пользователем по модели и экспериментам.

В ближайшем обозримом будущем роль и место GPSS как моделирующего ядра САИИ сохранится. Но следует отметить, что потребуются разработка еще целого ряда программ, расширяющих возможности GPSS как составных частей САИИ. Например, программы анимации результатов, стандартные утилиты, связывающие наиболее популярные системы мониторинга данных и модели в САИИ, и т.д.

Литература

1. **Gordon Geoffrey.** A General Purpose Simulation Systems Simulation Program, Proc. EJCC, Washington, D.C., Macmillan Publishing Co., Inc., New-York, 1961, 87–104.
2. **Девятков В. В., Кудашов К. В.** Предсказание погоды//Компьютер, № 21, 10 июня 2003. С. 32–34
3. **Шрайбер Т. Дж.** Моделирование на GPSS. Пер. с английского, М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
4. **Власов С. А., Девятков В. В.** Имитационное моделирование в России: прошлое, настоящее, будущее//Автоматизация в промышленности. 2005, № 5. С. 630–65.
5. **Нейлор Т.** Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. Пер. с английского, М.: Мир, 1975. 500 с.
6. **Власов С. А., Девятков В. В., Девятков Т. В.** Универсальная моделирующая среда для разработки имитационных приложений// Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 2. С. 5–12. Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 08-07-00205.
7. Руководство пользователя по GPSS World. Пер. с английского, Казань: Издательство «Мастер-Лайн», 2002.
8. **Шеннон Р.** Имитационное моделирование систем – искусство и наука. Пер. с английского. М.: Мир, 1978. 418 с.
9. **Девятков В. В.** Разработка приложений в среде GPSS World. СПб.: 2005// Вторая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование, теория и практика». Сб. докладов. Т. 1. С. 186–190.