

Девятков В.В. (Казань),  
Угрозов В.В. (Москва)

## ИМИТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

### Введение

Отличительной чертой имитационного моделирования (ИМ) конца прошлого и начала этого века, как одного из основных методов системного анализа, была некоторая «элитарность» и, как следствие этого, ограниченность практического использования. Это связано, прежде всего, с высокими профессиональными (квалификационными) требованиями к пользователям этого метода. Создать адекватную имитационную модель и качественно провести, с ее использованием, исследование системы мог только специалист, владеющий серьезными навыками в области программирования, системного анализа, статистики, планирования экспериментов, оптимизации и многих других дисциплин. Не зря Р.Шенон [1] называл ИМ искусством и наукой. Такое положение дел конечно «льстило» самолюбию профессионалов в этой области, но не как не способствовало широкому внедрению метода на практике. А потенциал использования ИМ необычайно велик. По сути, практически все экспериментальные исследования, любой крупный инфраструктурный проект, большинство строящихся или модернизируемых предприятий нуждаются в имитационной экспертизе. Проведение такой экспертизы может существенно уменьшить количество ошибок при проектировании, оптимизировать издержки и сэкономить многие миллионы рублей. Поэтому, превращение ИМ в общедоступный метод для многих тысяч системных аналитиков, инженеров и руководителей – является первоочередной задачей разработчиков языков и систем моделирования.

Конечно, разработчики средств ИМ не стояли на месте, в настоящее время создано достаточно много удобных для использования систем имитации [3], [4], [5], [6] и т.д. Они охватывают большую часть имитационного исследования. Но, делалось это не на основе какого-то общеметодологического подхода, а по наитию авторов этих систем, исходя из их научного и практического опыта, экономических возможностей и коммерческих потребностей. Начиная с формулирования традиционного подхода к ИМ в 70-е годы, особенно полно и точно сформулированные в [1] и [2], никаких существенных изменений в этом подходе не произошло. А ведь шло время, появлялись новые теоретические методы и алгоритмы, семимильными шагами прогрессировали информационные технологии, изменялись отношение и требования пользователей к программным средствам. Все это никак не могло не отразиться на содержании и сути классического подхода, его программной реализации.

### Понятие имитационного исследования

Для однозначности трактовки процессов, происходящих при осуществлении полного цикла всех действий исследователя при разработке и использовании имитационной модели, введем ряд обозначений, а также сформулируем необходимые для этого определения.

**Определение 1.** *Процесс имитационного исследования это сложная система взаимодействия пользователя и имитационной модели –  $S$ , состоящая из конечного числа подсистем - этапов  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , которые должны обеспечить выполнение целей и задач, поставленных перед пользователем. В зависимости, от результатов исполнения или управляющих воздействий пользователя в процессе исследования, этапы могут многократно повторяться.*

На рис. 1 показан один из наиболее часто используемых вариантов упрощенной схемы проведения имитационного исследования (далее ИИ) при традиционном подходе [1]. Как видим ИИ - это многоэтапный, итеративный процесс. Он включает достаточно длительный цикл исследования, от формулирования проблемы, разработки модели и т.д. до реализации результатов моделирования.

**Определение 2.** Этап ИИ ( $S_i$ ) – это множество действий и операций, логически объединенных для достижения локальной цели исследования. Например, исполнение соответствующих программ, ручные операции выполняемые пользователем.

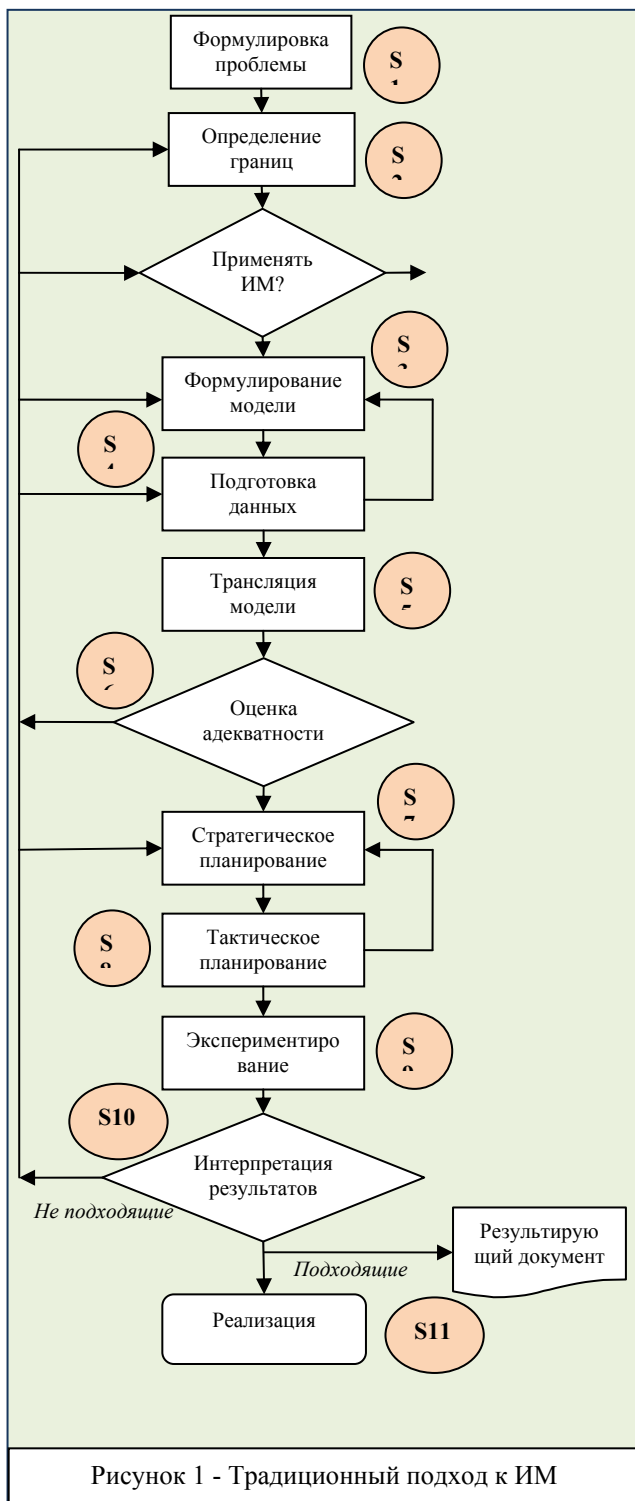


Рисунок 1 - Традиционный подход к ИИ

### Эволюция технологии проведения имитационных исследований

Все последующие годы с момента описания традиционного подхода непрерывно осуществлялось совершенствование приемов, методов и технологии проведения ИИ. Появлялись новые теоретические методы и вносились некоторые методические изменения при реализации тех или иных действий пользователя на отдельных этапах ИИ. Но, наибольшее развитие получили технологии проведения ИИ, в основном это связано с колоссальным прогрессом информационных технологий.

Параллельно с развитием вычислительной техники и появлением новых программных технологий активно шел процесс создания самых разнообразных программ, облегчающих и ускоряющих работу исследователя на всех этапах ИИ. Причем большинство из этих программ не предназначались для применения в моделировании. ИИ являлось лишь одной из возможных областей их использования. Особенно массово создание программ автоматизации работы исследователя при

выполнении этапов ИИ идет в последние годы.

Примеры основных направлений создаваемых программ в дополнение к используемой пользователем системе моделирования и пригодных для проведения ИИ, показано на рис. 2. На самом деле их гораздо больше.

В целом создание и использование этих программ шло в двух направлениях.

Во-первых, автономное применение программных средств (вне рамок систем моделирования), созданных независимыми разработчиками, в необходимых для проведения ИИ областях – прикладной статистике, планировании и управлении экспериментами, графике, оптимизации, и других.

Во-вторых, комплексный

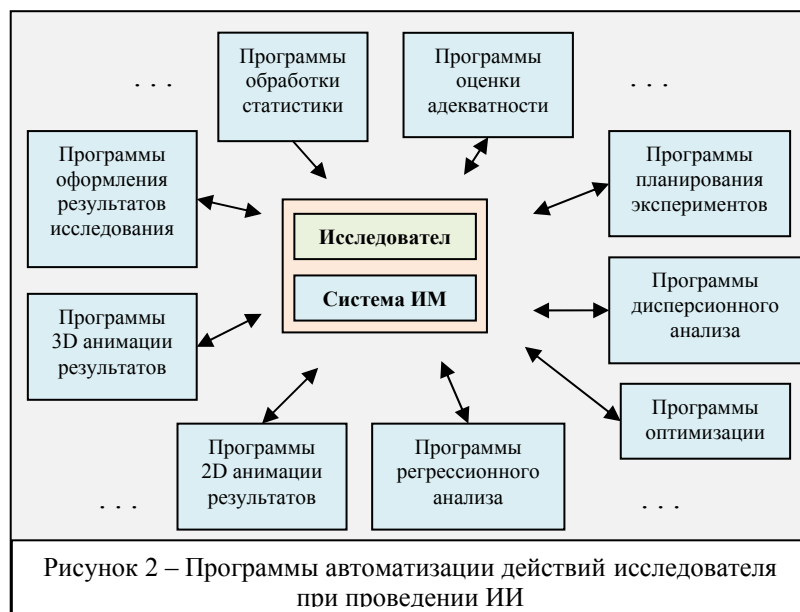
подход к разработке и использованию программных средств. Программы создаются разработчиками языков ИМ или их партнерами и интегрируются для последующего использования в программную среду развиваемых ими языков ИМ.

Очевидно, что в обоих случаях проводилось лишь совершенствование реализации этапов  $S_i$  традиционного подхода, без изменения его методологии.

#### Системы автоматизации имитационных исследований

Нами проведен анализ процесса ИИ в несколько иной плоскости – с точки зрения автоматизации действий исследователя посредством создания единого программного комплекса. При этом мы не вдавались в методические и теоретические особенности этапов ИИ. Нашей целью было - посмотреть, как реализация всего процесса в виде совокупности программных компонент, взаимодействующих друг с другом, с единой информационной структурой и едином стандарте языка взаимодействия с моделью – повлияет на структуру, связи и последовательность исследования. Естественно, что это будет уже несколько иной процесс ИИ:

- Изменится количество этапов  $S_i$ . Часть из них могут быть объединены в рамках одной программы (например, стратегического и тактического планирования,  $S_7$  и  $S_8$ ). Появится ряд новых этапов. Например, этап разработки библиотеки типовых элементов предметной области. А некоторые этапы необходимо разбить на несколько. В частности, этап  $S_{10}$  – реализация, может быть разбит на несколько этапов: оперативного анализа хода эксперимента, анализа серий экспериментов, комплексный анализ результатов, документирование.
- Изменится, и в некоторых случаях существенно, содержание этапов исследования. Например, этап подготовки данных ( $S_4$ ) в части сбора данных дополнится работами по подключению и обработке данных систем мониторинга, доступных пользователю;
- Большинство своих действий при исследовании пользователь будет осуществлять со своего рабочего компьютера. Будет меньше пауз, появляется активное оперативное управляющее воздействие на процесс, станет меньше зависимость от влияния внешних факторов и т.д.
- Изменяются и характеристики процесса – значительно, в разы, уменьшится время проведения имитационного исследования, за счет новых возможностей и дополнительного времени, безусловно, улучшится качество исследования, понизятся квалификационные требования к пользователю.



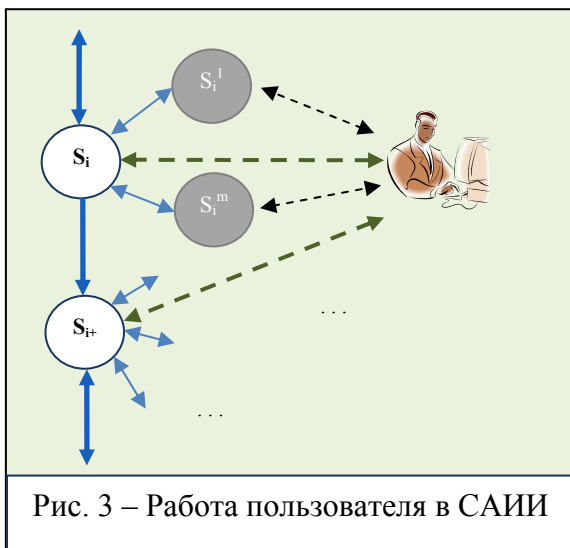


Рис. 3 – Работа пользователя в САИИ

Все это связано с новыми возможностями, предоставляемыми информационными технологиями, преимуществами универсализации в комплексе программных компонент, стандартизацией взаимодействия пользователя с моделью и т.д.

Также как нет одного языка имитационного моделирования (их насчитывается в мире сотни), нельзя создать и единую программу для проведения имитационного исследования, охватывающую все возможные случаи и требования исследователя. Таких программ создано и еще может быть создано множество. Будем называть это множество – системы автоматизации имитационных исследований

(далее, САИИ).

**Определение 3.** Система автоматизации имитационных исследований (далее, САИИ) – это интегрированный программный комплекс, обеспечивающий выполнение большинства этапов ИИ, с рабочего места пользователя, имеющий единые базы данных исходных данных, моделей и результатов и предоставляющий при этом пользователю достаточный набор профессиональных и адекватных методов и средств для исследования.

В идеале САИИ должна полностью автоматизировать ИИ. Но, на практике, существующие и разрабатываемые САИИ далеки от этого идеала (рис. 3).

Можно разделить все множество САИИ, основываясь на характеристиках их потенциальных пользователей, на три крупные группы (рис. 3).

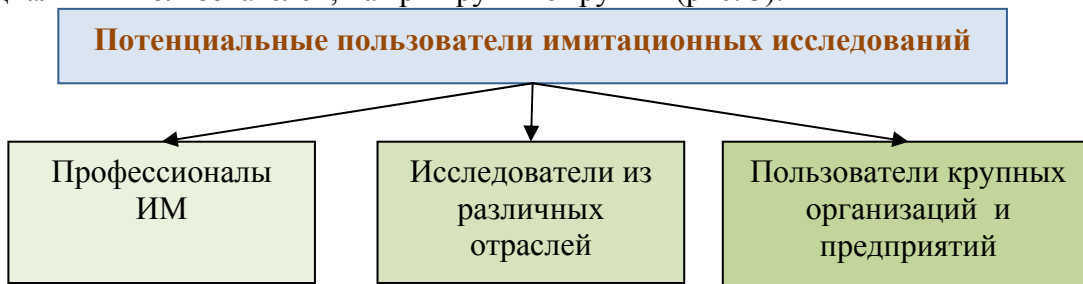


Рисунок 3 – Пользователи имитационных исследований

Каждой из этих групп требуется САИИ 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.

САИИ для профессионалов. Это системы для специалистов, 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 системы - 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.

САИИ для массового использования. Это системы для аналитиков, руководителей, преподавателей и другие пользователей, 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. Цель создания системы – появление инструментов ИИ, ориентированных и на конкретную профессиональную деятельность, более понятных (простых) и доступных в использовании без дополнительного программирования.

САИИ для корпоративных клиентов. Это системы для групп пользователей, которые, 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). САИИ для этой группы должны в наибольшей степени быть автоматизированы, нацелены на решение конкретных исследовательских задач, интегрированы в корпоративную сеть предприятия и по исходным данным и по результатам моделирования.

За последние годы нами разработаны концепции, информационная и функциональная архитектура для всех трех групп САИИ. Также осуществлены примеры реализации САИИ для каждой из трех групп:

- САИИ для профессионалов – расширенный редактор GPSS World (Элина–Компьютер);
- САИИ для массового использования – система УИМ (ВЗФЭИ и Элина–Компьютер);
- САИИ для корпоративных клиентов – более десятка систем в различных областях экономики: авиация, транспорт, банковское дело, технологические процессы и т.д. (Элина–Компьютер).

### **Заключение**

Наш многолетний опыт работы и опыт наших коллег по созданию и использованию имитационных моделей позволяет сделать основной вывод – потребность в имитационных исследованиях неуклонно растет. Поэтому, разработка различных типов САИИ, а особенно САИИ для массового использования, является актуальной задачей. Это позволит существенно расширить границы применения ИМ, значительно увеличить количество пользователей и сделать весомый вклад в создание действительно инновационной экономики.

### **Список используемой литературы:**

1. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
2. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. – М.: Дело, 2003. 235 с.
3. Руководство пользователя по GPSS World. /Перевод с английского под редакцией Девяткова В.В./ – Казань: Изд. “Мастер Лайн”, 2002. – 384 с.
4. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
5. Компьютерная имитация экономических процессов: учебник/ под ред. А.А.Емельянова. – М: Маркет ДС, 2010. – 464 с.
6. Сайт компании разработчика системы ИМ SIMIO - [www.simio.com](http://www.simio.com)