

УДК 004.942

ББК 30в6

**ВОРОБЬЕВ Альберт Анатольевич<sup>1</sup>,**

доктор технических наук,  
старший научный сотрудник,  
e-mail: [maestro265@yandex.ru](mailto:maestro265@yandex.ru)

**ЗАГОДАРЧУК Инна Владимировна<sup>1</sup>,**

кандидат экономических наук,  
e-mail: [annianimir@mail.ru](mailto:annianimir@mail.ru)

**ФИЛЯЕВ Михаил Петрович<sup>1</sup>**

доктор технических наук,  
e-mail: [mastkon@yandex.ru](mailto:mastkon@yandex.ru)

---

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,  
191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 6

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ**

В статье рассмотрены различные аспекты практического применения технологий математического и, в частности, имитационного моделирования в работе должностных лиц органов военного управления.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, органы военного управления, принятие решений.

**Vorobiev A.A., Zagodarchuk I.V., Filyaev M.P.**

## **SIMULATION MODELING IN MILITARY AFFAIRS**

The article considers various aspects of the practical application of mathematical technologies and, in particular, simulation techniques in the work of military authorities.

**Keywords:** simulation modeling, military authorities, decision making.

В современных условиях не только эффективность, но и сама возможность управления войсками (силами) зависит от способности командующих, командиров, специалистов органов управления применять на всех этапах выполнения поставленной задачи методы и средства моделирования (как математического,

так и, в частности, имитационного). Методы и средства моделирования необходимы для разрешения, возникающего на практике противоречия. С одной стороны, постоянное увеличение объема информации, необходимой для выработки обоснованных решений и планов применения сил и средств, приводит к существенному увеличению времени принятия решения. С другой стороны, – требуется многократное повышение оперативности управления, обусловленное новыми способами и возросшими темпами ведения боевых действий. Влияние противоречия усиливается возросшей мощностью применяемого оружия, позволяющего в отдельных операциях добиваться результатов, которые ранее достигались после проведения длительных кампаний. По этой причине резко усилились отрицательные последствия недостатков и промахов управления [1].

Таким образом, в XXI веке использование методов и средств моделирования становится необходимым условием организации эффективного управления войсками (силами). Вместе с тем, деятельность должностных лиц органов военного управления (ОВУ), как правило, должна строиться с учетом результатов применения целого комплекса взаимосвязанных моделей. Разработка и практическое применение каждой такой модели связаны с множеством трудоемких и ответственных мероприятий, включающих, в частности, следующие:

- разработка для каждой модели постановки задачи (или Сценария разработки и применения), в которых определяются назначение модели, расчетные соотношения (алгоритмы), входные и выходные данные, особенности интерпретации и использования результатов моделирования;

- непосредственно разработка модели, с учетом необходимых ограничений (например: среда разработки – из перечня защищенных информационных технологий; выходные формы – определяемые соответствующими нормативными документами, и т. д.);

- апробация модели, как на тестовых, так и на реальных исходных данных;

- проверка адекватности модели и оценка достоверности полученных результатов;

- доработка модели (при необходимости);
- согласование модели с другими моделями по входным и выходным данным.

Постоянное усложнение и расширение номенклатуры современных средств вооружения и, следовательно, развитие способов их применения приводят к тому, что должностные лица ОВУ должны учитывать в процессе принятия решений большое множество разнообразных факторов, нередко слабоструктурированных и независимых, явные связи между которыми отсутствуют. В этих условиях для обеспечения деятельности должностных лиц ОВУ необходимо, наряду с традиционными аналитическими моделями, использовать и имитационные, позволяющие описывать процессы, не допускающие явного формализованного описания.

Имитационные модели образуют основу системы поддержки принятия решений должностных лиц ОВУ.

Аналитические модели служат для решения достаточно простых расчетных и оптимизационных задач. При этом результаты применения аналитических моделей, как правило, являются исходными данными для имитационных моделей, предназначенных для формирования прогнозных оценок различных вариантов действий должностных лиц ОВУ.

На сегодняшний день известны и успешно апробированы в интересах ОВУ сотни различных аналитических моделей. Несмотря на это, сформулировать общие закономерности построения таких моделей для ОВУ различной внутриведомственной принадлежности по-прежнему не удается.

Применение имитационного моделирования для обеспечения деятельности должностных лиц ОВУ является достаточно новым или, как сейчас модно говорить – инновационным. Это традиционно привело к большой путанице в терминологических аспектах. Например, нередко под имитационным моделированием понимают программную реализацию аналитической модели (рисунок 1). Здесь подмена понятий основана на условном тождестве в ряде известных определений имитационного и компьютерного моделирования.

Кроме того, имитационным моделированием также называют визуализацию (например, на карте, или в 3D-формате)

результатов расчетов с использованием аналитической модели (рис. 2).



Рисунок 1. Аналитическое моделирование с последующей программной реализацией

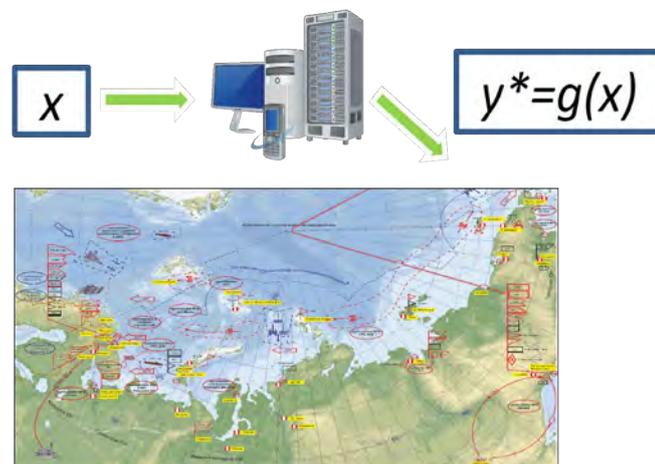


Рисунок 2. Аналитическое моделирование с последующей визуализацией результатов моделирования

В то же время основным отличием имитационной модели является одновременное применение как детерминированных (используемых в аналитических моделях), так и переменных параметров – рис. 3.



Рисунок 3. Имитационное моделирование с визуализацией результатов

В соответствии с этим, под имитационной моделью следует понимать отдельную программу (совокупность программ,

программный комплекс), позволяющую с помощью последовательности вычислений по определенным операционным правилам воспроизводить (имитировать) процессы функционирования отдельного объекта или системы в целом при условии воздействия различных, как правило, случайных факторов.

Несмотря на активное развитие теории, и соответствующих программных средств, имитационное моделирование в последние четверть века на практике по-прежнему применяется весьма ограниченно. Во многом это обусловлено известными пробелами в самой методологии моделирования, например, сложностями обеспечения адекватности модели, достоверности исходных данных, оперативной подготовки больших объемов исходных данных и поиска оптимального (условно) решения. Имеют место и другие, общие для любых математических моделей проблемы их практического применения, подробно рассмотренные, например, в [2].

Применение имитационных моделей ограничивается также их спецификой в плане интерпретации результатов моделирования. Если для аналитических моделей выходным результатом является привычная зависимость значения целевого показателя эффективности от частных показателей (временных, стоимостных, ресурсных и т. п.), то при использовании имитационной модели мероприятия по поиску рационального решения остаются «за бортом». Это объясняет актуальность поиска оптимального решения при имитационном моделировании процессов [3-6] и появление достаточно уникальных средств поиска квазиоптимальных решений (OptQuest, IOSO), с неявными алгоритмами работы и чрезвычайно высокой стоимостью.

Действительно, как найти оптимальное решение при использовании имитационной модели?!

В общем случае при использовании, например, пяти переменных параметров (задаваемых так называемыми «движками» – рис. 3) оптимальное решение следует искать в шестимерном пространстве. Шестое пространство задается оптимизируемым функционалом, в качестве которого в большинстве случаев выступает временной параметр. По этому,

целевому параметру происходит синхронизация всех переменных параметров.

Очевидно, что универсальных численных методов решения подобных задач, для достаточно большого количества переменных параметров различных процессов (находящихся в сфере интересов ОВУ), не существует. Практически применимой альтернативой является «ручной» поиск решения на основе прямого перебора. При этом необходимо задать дискретность (шаг) изменения каждого переменного параметра. И для каждого набора значений переменных данных осуществлять «прогон» модели. Например, если 5 переменных параметров могут принимать по 10 значений, то для поиска оптимального решения понадобится  $10^5=100\ 000$  прогонов модели.

Возможности современных вычислительных средств допускают самостоятельное создание специалистами-исследователями сопрягаемых с известными средами имитационного моделирования «оптимизаторов» на основе прямого перебора возможных вариантов, при задании диапазонов изменения переменных параметров. Такие решения, вероятно, будут достаточно эффективными при использовании имитационных моделей в исследовательских или учебных целях. Однако, в деятельности ОВУ подобный подход неприменим, так как накладывает слишком жесткие ограничения на объем переменных исходных данных, учитываемых должностными лицами, принимающими решения.

Таким образом, существует очевидная потребность разработки и применения в составе среды имитационного моделирования дополнительного специализированного (оптимизирующего) модуля – рис. 4.

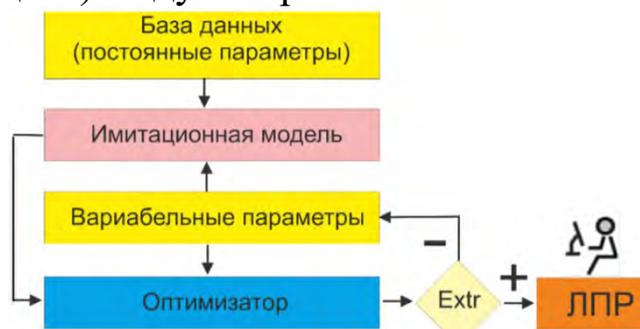


Рисунок 4. Общая схема поиска оптимального решения при применении имитационной модели

Без слов ясно, что реализация модуля оптимизации, использующего алгоритмы направленного поиска экстремума, в этом случае непосредственно определяется спецификой самой среды имитационного моделирования и, следовательно, может выполняться только разработчиком самой среды, или при его непосредственном участии.

Существующие средства имитационного моделирования ориентированы на формализацию совокупностей тех или иных разновидностей взаимосвязанных процессов, имеющих, например, социальную, технологическую, логистическую направленность. Вследствие этого функциональные возможности средств моделирования оказываются явно недостаточными для применения в интересах ОВУ. То есть необходима существенная доработка этих средств, или создание уникальных специализированных (отечественных) средств имитационного моделирования для разработки и последующего широкого применения моделирующих комплексов в интересах ОВУ.

В свою очередь, ОВУ на сегодняшний день, по различным причинам, не в состоянии определить в полной мере структурные и функциональные требования ни к необходимому им сложному комплексу взаимосвязанных аналитических и имитационных моделей, ни к самому инструментальному средству имитационного моделирования. Указанное обстоятельство определяет целесообразность проведения работ в этом направлении в два этапа:

- создание моделирующего комплекса ограниченной функциональности, с целью исследования возможностей применяемой (созданной) среды имитационного моделирования, и приоритетная доработка последней в плане реализации необходимых функциональных требований;

- доработка среды имитационного моделирования и разработка полнофункционального комплекса имитационного моделирования в интересах ОВУ.

Таким образом, перспективным направлением разработки комплекса моделей для обеспечения деятельности Штабов является создание предприятиями промышленности среды имитационного моделирования, например, отечественного аналога систем GPSS, AnyLogic. Среда моделирования должна

обеспечивать реализацию конкретных функциональных задач в интересах деятельности должностных лиц ОВУ видов, родов войск. В дальнейшем поставка отечественной среды имитационного моделирования в научно-исследовательские организации Минобороны России позволит разрабатывать постановки задач для взаимосвязанных цепочек имитационных и аналитических моделей, создавать (с использованием специализированной среды разработки) макетные образцы моделей, с последующей их апробацией в деятельности ОВУ ВС РФ, а также в ходе различных учений и тренировок. После всесторонней апробации моделей в практической деятельности ОВУ и уточнения соответствующих функциональных и технических требований организации оборонно-промышленного комплекса смогут выполнять опытно-конструкторские работы по созданию и серийному производству комплекса моделирования в сжатые сроки, за минимальную цену и с учетом текущих потребностей войск (сил).

### **Библиографические ссылки**

1. Волгин Н. С. Исследование операций. Ч. 1. – СПб.: ВМА им. Н. Н. Кузнецова, 1999. – 362 с.
2. Новиков Д. А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
3. Афонин П. В. Оптимизация моделей сложных систем на основе мета эвристических алгоритмов и нейронных сетей / Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал. № 11, 2016. – С. 508-516.
4. Бабина О. И. Имитационная модель склада промышленного предприятия по производству бетона / Бизнес-информатика. № 1 (31). 2015. – С. 41–50.
5. Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. Пособие. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. — 283 с.
6. Емельянов А.А., Шильникова О.В., Емельянова Н. З. Оптимизация производственных программ на основе результатов имитационного моделирования / Прикладная информатика / Journal of Applied Informatics. Том 10. № 3 (57). 2015. – С. 109-121.