

# ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

## APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING IN FORECASTING OF MILITARY OPERATIONS

**A. Servetskiy  
V. Tolstykh**

*Summary.* Questions of application of mathematical modeling in support of a decision support of officials of organs of military control are considered, the analysis and classification of existing methods of forecasting of military operations is presented.

*Keywords:* forecasting, administrative processes, algorithm, a mathematical model, operation planning, operatively-strategic calculations.

**Сервецкий Андрей Игоревич**

*К.т.н., Военная академия Генерального штаба  
Вооруженных Сил Российской Федерации  
antey197@mail.ru*

**Толстых Владимир Владимирович**

*Соискатель ученой степени кандидата военных наук  
Военная академия Генерального штаба Вооруженных Сил  
Российской Федерации  
oficer.1978@mail.ru*

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы применения математического моделирования в обеспечении поддержки принятия решений должностных лиц органов военного управления, представлен анализ и классификация существующих методов прогнозирования военных действий.

*Ключевые слова:* прогнозирование, процессы управления, алгоритм, математическая модель, планирование операции, оперативно-стратегические расчеты.

**В** современных условиях прогнозирование результатов военных действий различного масштаба в работе командиров (командующих) и штабов немислимо без использования методов математического моделирования. При этом назначение используемых моделей, их возможности, допущения и границы их применения, оперативные и технические требования к моделям и задачам различного назначения, применяемым для разных уровней управления, требуют дальнейшего углубленного изучения.

В связи с различным толкованием терминов, связанных с математическим моделированием, классификацией математических моделей и методов прогнозирования необходимо определить наиболее правильные и точные определения, что позволит уточнить методику и границы их применения.

В первую очередь следует определиться, что считать математической моделью, а что информационно-расчетной задачей, а также, чем отличается математическое моделирование от проведения оперативно-тактических расчетов. В справочной литературе существует достаточно большое количество определений рассматриваемых понятий. Так, в «Военной Энциклопедии» математическая модель трактуется как описание какого-либо явления (объекта) с помощью математической символики [1]. В «Военном энциклопедическом словаре» математическое моделирование в военном деле сформулировано как метод военно-теоретического или военно-технического исследования объекта (явления, системы, про-

цесса) путем создания и изучения его аналога (модели) с целью получения информации о реальной системе [2].

Оперативно-тактические расчеты в этом же словаре изложены как вычисления, проводимые личным составом управлений, объединений, соединений, частей и подразделений, цель которых определить количественные, качественные, временные и другие показатели для принятия решений на операцию (бой) или обоснования планирования применения войск и обеспечения управления.

Интернет дает свои формулировки понятий, относящихся к математическому моделированию. Так, задача в самой общей «канонической» форме — логическое высказывание типа: «даны заданные условия, требуется обеспечить достижение некоторой цели», а модель — логическое или математическое описание компонентов и функций, отображающих существенные свойства моделируемого объекта или процесса.

На основании приведенных в этом же источнике определений можно четко увидеть существенное различие между отдельной математической моделью, комплексом и системой моделей. Комплекс моделей — совокупность моделей, предназначенных для решения одной сложной задачи, каждая из которых описывает ту или иную сторону моделируемого объекта или процесса. Если же модели связаны так, что результаты одних оказываются исходными данными для других до получения общего результата, то комплекс обращается в систему моделей.



Рисунок 1. Классификация методов прогнозирования

Система моделей — совокупность взаимно связанных математических моделей для описания сложных систем, которые невозможно воспроизвести в одной модели.

Для планирования и прогнозирования поведения крупных объектов разрабатываются системы моделей, построенные обычно по иерархическому принципу, в несколько уровней. Они называются многоуровневыми системами. И, наконец, в действующем ГОСТе серии «РВ» приведены следующие определения математической модели и расчетной задачи. Математическая модель операции (боевых действий) — система математических зависимостей и логических правил, позволяющая с достаточной полнотой и точностью воспроизводить во времени наиболее существенные составляющие моделируемых боевых действий и рассчитывать на основе этого численные значения показателей прогнозируемого хода и исхода боевых действий.

Расчетная задача — совокупность математических зависимостей, алгоритмов и данных для выполнения оперативно-стратегических (оперативно-тактических) или специальных расчетов, позволяющая оценить обстановку, которая сложится в результате предполагаемых действий или рассчитать параметры управления, обеспечивающие достижение требуемого результата с вероятностью не ниже заданной.

Анализ данных определений показывает различие между математической моделью и информационно-расчетной задачей, заключающееся в том, что первые предназначены для прогноза развития ситуации при разных вариантах исходных данных, а вторые — преимущественно для проведения прямых расчетов в интересах

получения конкретного результата. Раньше информационно-расчетные задачи решались в основном вручную, а математические модели — на «больших» ЭВМ. С развитием средств автоматизации многие задачи были переложены в виде программ на ЭВМ, что позволило усложнить применяемый математический аппарат, количество учитываемых факторов, и привело к некоторому «стиранию» грани между математической моделью и информационно-расчетной задачей. Это является одной из причин недопонимания к применению математического моделирования в ходе проведения оперативно-тактических расчетов [3].

Далее внесем ясность в понимание методов прогнозирования, классификации и основных требований к применяемым математическим моделям в зависимости от уровня и места их применения.

В соответствии с руководящими документами основными функциями штабов является сбор информации и ее оценка, планирование операции (боя) и прогнозирование изменений обстановки. Планирование подразумевает преимущественно решение прямых и обратных информационно-расчетных задач. В то же время, для оценки обстановки, прогнозирования ее изменений, а также для сравнительной оценки спланированных вариантов применения войск (сил) требуется применение разнообразных математических методов прогнозирования (Рисунок 1).

Каждый из данных методов апробирован в различных областях управленческой деятельности и доказал свое право на существование. Но не все из них могут быть использованы в практической деятельности ко-

мандиров (командующих) и штабов при организации военных действий. Это обусловлено особенностями ведения вооруженной борьбы, заключающимися в существенной неопределенности исходных данных, необходимости учитывать огромное количество факторов и высокой «цены» ошибочных решений. Исходя из этого методы экстраполяции тенденций и некоторые виды моделей практически никогда не используются при организации военных действий. Иное дело — экспертные методы и математическое моделирование, но и на их применение оказывают существенное влияние вышеперечисленные особенности.

Формально любой из отображенных на рисунке подходов к прогнозированию можно отнести к моделированию процессов и определению тенденций: логическому, мысленному, математическому. Но исходя из специфики моделирования вооруженного противоборства, определения математической модели, применяемого в ГОСТ серии «РВ», целесообразно, говоря о моделировании, рассматривать именно математические модели, описывающие процессы вооруженного противоборства, его составных частей и отдельных форм. Далее речь пойдет преимущественно о таких моделях.

Классификация математических моделей влияет на требования к ним, на формирование перечней математических моделей и информационно-расчетных задач, обеспечивающих поддержку принятия решений должностных лиц органов военного управления. По своему назначению математические модели принято разделять на исследовательские и штабные.

Исследовательские модели предназначены как для обеспечения проведения исследований, связанных с развитием вооружения, разработкой новых способов ведения операций и боевых действий, так и для анализа результатов расчетов при заблаговременном планировании. Основное требование к ним — обеспечение необходимой точности математического описания исследуемых процессов. Менее жесткие требования предъявляются к оперативности моделирования.

Штабные модели — это математические модели операций (боевых действий), предназначенные для обеспечения практической деятельности штабов. К ним предъявляются два основных требования: первое — возможность применения в реальном режиме времени, вписывающемся в алгоритм работы штаба; второе — обеспечение существенного повышения объективности и обоснованности решений, принимаемых по управлению войсками.

По форме описания процесса вооруженного противоборства математические модели подразделяются

на аналитические и стохастические. И те, и другие могут быть как штабными, так и исследовательскими.

По получаемому результату моделирования модели наиболее значимо разделяются на прямые (описывающие) и прескриптивные (оптимизирующие или предписывающие). Первые позволяют ответить на вопрос: «что будет если...», вторые: «как сделать, чтобы получилось так». Наиболее часто в военном деле применяются описывающие модели. Применению прескриптивных моделей, более перспективных с точки зрения поддержки принятия решений, препятствует ряд объективных и субъективных факторов [4].

Объективным является то, что при большом количестве учитываемых факторов очень сложно сформулировать формальную задачу поиска оптимального решения. Не менее сложно интерпретировать полученные результаты. Субъективные факторы: нежелание должностных лиц доверять поиск решения программе, принципы работы которой им неизвестны. Встречается также мнение, что алгоритм работы прескриптивной модели можно вычислить, и, зная его, просчитать результат решения. Это мнение, несомненно, ошибочно, так как даже при известном алгоритме работы модели невозможно вычислить результат моделирования, не имея точных сведений о вводимых в модель исходных данных.

При аналитическом моделировании все случайные величины заменяются их числовыми характеристиками, и устанавливается однозначная связь между исходными данными и результатами (с использованием алгебраических уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений с частными производными и т.д.). С помощью аналитических моделей удается с удовлетворительной точностью описать только сравнительно простые системы, т.е. те для которых приняты значительные упрощения и допущения, а число взаимодействующих элементов не велико. Достоинствами аналитических моделей является их универсальность, высокая степень общности и значимости результатов.

Недостатками аналитических моделей является их чувствительность к степени сложности системы (высокая точность результатов несовместима с большой сложностью систем и находится в обратной пропорциональной зависимости от нее) и неадекватность реальной системе, действующей в условиях случайных внешних возмущений.

В имитационной модели законы функционирования всей системы в целом могут быть неизвестны (достаточно знания алгоритмов, описывающих поведение отдельных элементов системы и связей между ними), связи между параметрами и характери-

ками системы выявляются, а значения исследуемых характеристик определяются в ходе имитационного эксперимента на ЭВМ, действие случайного фактора имитируется при помощи датчика случайных чисел, и поэтому на выходе получаются различные результаты даже при одних и тех же исходных данных, которые затем анализируются. Такие модели точнее описывают реальный процесс, но при этом значительно возрастают требования к информационным и вычислительным ресурсам.

Достоинством данной системы является возможность представить и исследовать сложную систему на различных уровнях её детализации, определяемых целью исследования; исследования динамики взаимодействия элементов системы во времени и в пространстве параметров системы и оценивать характеристики системы в заданные моменты времени. К недостаткам можно отнести то, что результаты имитационного моделирования обладают меньшей степенью общности по сравнению с аналитическим моделированием и не позволяют выявить общие закономерности функционирования классов систем. Сущность имитационного моделирования вооруженного противоборства состоит в розыгрыше действий и взаимного влияния (воздействия) расположенных в пространстве и времени объектов согласно заданным (прогнозируемым) планам их действий [5].

Исходное расположение объектов для моделирования в виртуальном пространстве и времени задается как вручную, так и автоматизированным способом — по данным, поступающим от разведывательных органов (за объекты противника), и по докладом о положении и состоянии своих войск (объектов).

В процессе моделирования имитационные модели объектов вооруженного противоборства имитируют выполнение боевых задач (планов), взаимодействуют между собой и со средой, в результате чего достигаются определенные результаты в соответствии со сложившимися условиями обстановки.

К сожалению, дать общих рекомендаций по выбору конкретного типа математической модели не представляется возможным, так как одни и те же задачи могут быть решены на основе различных математических моделей. С другой стороны каждая математическая модель позволяет решать довольно широкий круг задач, поэтому к выбору типа математической модели следует подходить исходя из конкретных условий.

Разработка математической модели при ведении военных действий должна включать в себя следующие основные этапы:

- ◆ постановку задачи и формулировку целей исследования;
- ◆ разработку формализованного описания исследуемого процесса управления войсками (силами);
- ◆ разработку алгоритма модели;
- ◆ выбор критериев оценки результатов моделирования;
- ◆ составление программы модели;
- ◆ отладку программы на ЭВМ и ее уточнение;
- ◆ оценку точности получаемых результатов;
- ◆ реализацию модели.

В методическом отношении помимо разработки алгоритма модели наиболее трудным этапом является выбор критериев оценки результатов моделирования. На наш взгляд, на сегодняшний день, наиболее достоверный источник для количественной оценки качественных факторов — статистические материалы, получаемые на учениях.

В то же время, мы должны понимать, что возможность алгоритмизации тех или иных задач интеллектуальной поддержки решений определяется достигнутым уровнем познания закономерностей мыслительной деятельности человека. Однако сегодня не представляется возможным создать алгоритмы управления, способные полностью заменить командира, особенно при решении им творческих задач, например таких, как оценка замысла противника, прогнозирование его вариантов поведения и т.п. Поэтому единственно возможным является разумное распределение функций управления между командиром (штабом) и АСУ. Это распределение функций необходимо осуществить так, чтобы обеспечить минимум времени принятия решений при максимальной их эффективности с учетом имеющихся ограничений на производительность информационно — вычислительных систем. В этом огромное значение будет иметь математическое моделирование. При этом, следует понимать, что собственно модель не может обеспечить выработку единственно верного и всесторонне обоснованного решения в конкретно складывающихся условиях обстановки, а является всего лишь инструментом поддержки мыслительной и творческой деятельности командующих, командиров и должностных лиц штабов. И это вполне обоснованно.

Общеизвестно, что планирование любой операции или боя является воплощением военного искусства командующего или тактической подготовки командира наряду с их способностью единолично, на основе своего опыта и интуиции принять наиболее соответствующее условиям обстановки решение.

Методы математического моделирования же в данном случае является вспомогательным инструментом поддержки данного процесса и оценки возможных альтернатив. Реализуемый математический аппарат и алгоритмы охватывают собой множество сложных процессов, факторов и условий, непосредственно влияющих на результаты моделирования. Часть из них задается количественно, например боевой и численный состав противостоящих группировок войск, виды и характеристики вооружения и военной техники, выделяемые ресурсы, физико-географические и метеорологические условия и т.д. Вторую часть исходных данных по объективным причинам невозможно представить в количественном измерении и учесть в модели, ибо они затрагивают когнитивную сферу человека и его морально-боевой дух.

Создать модель для некоторого физического процесса (в данном случае для ведения военных действий) значит подобрать такой математический процесс, который обладает следующими свойствами:

- 1) Между элементами математического процесса и объектами физического процесса установлено некоторое соответствие;
- 2) Интервалы изменения времени у обоих процессов одинаковы;
- 3) Измерение состояния каждого элемента математического процесса определяются зависимостями, являю-

щимися математическими образами закономерностей изменения соответствующего объекта физического процесса.

Несмотря на объективную необходимость использования математических моделей при организации военных действий, на их применение существенное влияние оказывают субъективные факторы, связанные с отношением должностных лиц к результатам моделирования. В этом случае необходимо понимать, что модель не средство непосредственной выработки решений на применение войск (сил) или обоснования путей развития системы вооружений, а лишь инструмент, обеспечивающий осуществление одного из этапов этого процесса — проведение сравнительной оценки качества принимаемых решений. Этот инструмент разрабатывается под определенные задачи и условия с некоторыми допущениями и имеет соответствующую область применения. Не всегда возможно и необходимо разрабатывать некую универсальную модель, часто целесообразнее иметь набор инструментов, применяемых для решения конкретных задач на определенных рабочих местах (уровнях управления), приспособленных к конкретным условиям работы. Только такое понимание позволит сформировать правильный подход к применению модельных технологий в органах военного управления и вывести организацию операций, боевых действий ВС РФ на качественно новый, соответствующий требованиям ведения современной войны уровень.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Военная Энциклопедия. Т. 5. / Гл. ред. комиссии И. Д. Сергеев и др. М.: Воениздат, 2001. 575 с.
2. Военный энциклопедический словарь. Т. 2. / Авт.-сост. Ю. Т. Аверьянов, Т. А. Арсенюк, В. И. Бормотова. М.: РИПОЛ классик, 2001. 815 с.
3. Ткаченко П. Н. Математические модели боевых действий / П. Н. Ткаченко, Л. Н. Куцев, Г. А. Мещеряков и др. М.: Советское радио, 1969. 240 с.
4. Сухоруков Ю. С., Донсков Ю. Е., Меркулов С. Н., Фомин, В. В. Проблемы автоматизации интеллектуальной поддержки принятия решений общевойсковыми командирами в тактическом звене / Ю. С. Сухоруков, Ю. Е. Донсков, С. Н. Меркулов, В. В. Фомин // Военная мысль. 2009. № 9. С. 43–53.
5. Ахмеров Д. Е., Беломытцев А. В., Васкецов С. Л. О роли упрощенных оптимизационных моделей / Д. Е. Ахмеров, А. В. Беломытцев, С. Л. Васкецов // Военная мысль. 2008. № 1. С. 57–61.

© Сервецкий Андрей Игоревич ( antey197@mail.ru ), Толстых Владимир Владимирович ( oficer.1978@mail.ru ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»