

ПІДГОТОВКА ВІЙСЬКОВИХ ФАХІВЦІВ

УДК 355.422:519.87

А.Н. Куприненко¹, В.А. Голуб¹, Р.В. Гуминский²

¹ *Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Киев*

² *Академия сухопутных войск имени гетмана Петра Сагайдачного, Львов*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ JCATS В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Проведен анализ существующих научно-методических подходов к моделированию боевых действий. Установлена ограниченность их применения для моделирования процессов, характерных для современной вооруженной борьбы. Для этой цели предложено использовать распределённую имитационную систему JCATS.

Ключевые слова: *моделирование боевых действий, имитационная система JCATS, вооружение и военная техника.*

Введение

Постановка проблемы. Опыт военных конфликтов последних десятилетий, в том числе антитеррористическая операция на востоке Украины, свидетельствуют о существенных изменениях характера ведения современной вооруженной борьбы, которые обусловлены [1-3]:

– повышением эффективности современных систем вооружения в результате широкого применения в военной сфере достижений в области информационных технологий (расширение возможностей средств разведки, связи, систем наведения оружия, реализация сетецентрического способа управления войсками), которые привели к расширению пространственных и сокращению временных показателей решения боевых задач;

– переходом от линейного взаимодействия масштабных воинских формирований постоянного штатного состава, действующих на дальностях досягаемости оружия и продвигающихся по мере поражения противника к пространственному зонально-объектовому взаимодействию автономных боевых групп воинских формирований «наборного» боевого состава, которые одновременно ведут разведывательно-ударные, преимущественно не-контактные, действия на различных направлениях;

– неопределенностью, вызванной размытостью разделительной черты между миром и войной, отсутствием различия между «гражданским» и «военным»;

– направленностью действий на всю глубину противоборствующих сторон, на их политическую инфраструктуру и общество, психологическим влиянием и манипулированием средствами массовой

информации с целью изменения общественного мнения в стране и мире.

Учитывая существенное расширение пространственных показателей решения задач, наиболее важным для достижения успеха в современных условиях является не сосредоточение сил и средств на решающем направлении или одновременная реализация высоких значений показателей боевых свойств в одном образце вооружения, а распределение боевых задач между различными средствами (разведки, управления, поражения) с целью создания сети пространственно рассредоточенных информационно взаимодействующих средств, которые составляют целенаправленную боевую систему.

Указанные изменения приводят к необходимости поиска адекватных современным условиям способов боевого применения подразделений и рациональных путей повышения боевой эффективности вооружения и военной техники (ВВТ). В процессе этого поиска важное значение отводится оценке эффективности боевого применения подразделений и ВВТ, которая проводится на основе моделирования процессов их функционирования.

В то же время, изменения характера ведения вооруженной борьбы привели к возрастанию сложности формализации этих процессов, которая состоит в необходимости построения моделей функционирования не только отдельных объектов (например, солдата, танка, БПЛА и т.п.), а моделей информационно взаимодействующих, разнотипных объектов, которые действуют в составе различных подразделений (боевых групп), интеграции этих моделей в одну информационно-моделирующую среду с целью исследования взаимодействия сил и средств, определения результатов их совместных действий.

Анализ последних исследований и публикаций

По результатам проведенного анализа существующих на сегодня подходов к моделированию боевых действий установлено, что они, как правило, основаны на использовании аппарата марковских случайных процессов и метода динамики средних. Они позволяют исследовать динамику изменения численности противоборствующих сторон, формализовать процесс функционирования однотипных образцов ВВТ, оценивать отдельные показатели их боевых свойств, а также проводить комплексную оценку боевой эффективности отдельных однотипных образцов ВВТ.

Наряду с этим существующие подходы имеют существенные недостатки.

Во-первых, они предусматривают ряд допущений, снижающих их адекватность. К таким допущениям относятся: рассмотрение однородных сил и средств или их групп; использование коэффициентов соизмеримости для однотипных образцов ВВТ; оперирование усредненными по вероятностям различных условий применения показателями (боевыми потенциалами), не позволяющими учитывать влияние конкретных условий боевого применения (противодействие противника, дорожно-климатические условия, время года и суток) на скорость перемещения, вероятность обнаружения и поражения целей; ограничение количества состояний, в которых может находиться каждый объект, и др.

К тому же существующие аналитические модели требуют в качестве исходных данных величины, которые сложно определить в современных условиях. Эти сложности связаны с невозможностью (или ограниченной возможностью) проведения натурных испытаний и прямого измерения параметров, неполнотой и неточностью исходной информации, которую реально удается собрать за ограниченное время. Указанные сложности делают практически невозможным:

определение вероятности перехода системы с одного состояния в другое (плотности вероятностей перехода) в моделях случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, построенных с использованием аппарата марковских случайных процессов [4, С. 232];

определение интенсивности потоков событий, которые переводят элемент системы с одного состояния в другое и зависят от количества случайных состояний, что не позволяет составить дифференциальные уравнения динамики средних [4, С. 300];

оценку влияния отдельных факторов и характеристик на конечный результат моделируемой ситуации, а также оценку вариантов этих результатов [5, С. 266];

оценку степени выполнения поставленных задач [6, С. 48].

Во-вторых, подавляющее количество существующих моделей недостаточно реализованы в программных средствах. Реализованные модели, как правило, не имеют между собой функциональных и логических связей, информационно и технически несовместимы.

В-третьих, они не позволяют достаточно учитывать особенности системного применения сил (средств) и могут быть использованы только для решения специфических, частных задач исследований [7].

Указанные обстоятельства свидетельствуют об ограниченных возможностях применения существующих подходов к моделированию боевых действий и необходимости перехода от автономного моделирования к так называемому сетевому, которое предоставляет более широкие возможности для реализации системного подхода, применения математических методов и современной вычислительной техники при исследовании сложных процессов.

Современные достижения в области информационных технологий, возрастание возможностей вычислительной техники, динамическое развитие технологий программирования и моделирования открыли широкие возможности для описания и исследования процессов функционирования различных сложных систем. Ведущую роль в этом занимает распределенное имитационное моделирование, которое в отличие от других методов практически не имеет ограничений и позволяет [5]:

1. «Воспроизводить» применение сил и средств противоборствующих сторон с возможностью: учета влияния многочисленных факторов, свойственных реальным процессам, и взаимодействия между силами и средствами; одновременного исследования процессов на различных уровнях детализации.

2. В сочетании с графическим интерфейсом обеспечить наглядность ведения виртуальной вооруженной борьбы. Внедрение креативного интерактивного графического интерфейса дает возможность пользователям вмешиваться в моделируемый процесс с целью изменения или корректировки действий как своих сил и средств, так и противника. Это позволяет определять наиболее эффективные средства для ведения вооруженной борьбы и способы их применения.

Указанные обстоятельства благоприятствовали созданию конструктивных систем моделирования – интерактивных систем, в которых объекты и процессы их функционирования представляются с помощью математического (алгоритмического) описания и соответствующего программного обеспечения. Одной из таких систем является единая моделирующая система тактической обстановки и вооруженных конфликтов различной интенсивности (JCATS – Joint Conflict and Tactical Simulation).

Несмотря на то, что в Вооруженных Силах Украины данная система находится с начала 2000-х годов, она не получила широкого применения при проведении научных исследований и используется, в основном, для проведения командно-штабных учений и тренировок личного состава. Опасения применения этой имитационной системы в научных целях связаны с восприятием ее как своего рода «черного ящика», а также с необоснованными сравнениями с простыми компьютерными играми, не имеющими в своей основе никакого математического аппарата.

Основной причиной сложившейся ситуации, на наш взгляд, является отсутствие доступной информации об этой системе.

Поэтому **целью статьи** является ознакомление с принципами построения, функционирования и возможностями имитационной системы JCATS в интересах проведения научных исследований.

Учитывая большой объем информации о JCATS, с одной стороны, и ограничения на объем публикации, с другой, детально раскрыть все вопросы, к сожалению, не представляется возможным. В статье будут раскрыты основные вопросы, формирующие общее представление о системе. Более подробную информацию можно найти в доступных источниках, приведенных в списке литературы.

Имитационная система JCATS разработана специалистами Ливерморской национальной лаборатории имени Э. Лоуренса (Калифорния, США) в 1997 году и является интерактивным, программно-моделирующим комплексом, позволяющим проводить имитацию решения различных боевых задач, которые могут выполняться подразделениям, как правило, тактического звена [8]. В JCATS реализованы принципы распределенного имитационного моделирования, которые основаны на использовании ресурсов многопроцессорной вычислительной техники и/или компьютеров, объединенных в сеть. Это позволяет увеличить скорость проведения имитационного эксперимента и решать более сложные задачи. Другим важным преимуществом использования распределенного моделирования в имитационной системе JCATS является возможность объединения нескольких изучаемых моделей подсистем в одну с целью анализа их взаимодействия. Следует также отметить такое преимущество использования распределенных имитационных систем, как надёжность, под которой понимается возможность выполнения имитационного эксперимента в случае выхода из строя какого-либо процессора (компьютера). В этом случае его работа распределяется на другие процессоры.

В имитационной системе JCATS реализована объектно-ориентированная архитектура моделей,

которая обеспечивает модульность и достаточную гибкость [9-11]. Это позволяет упростить процессы создания различных по сложности комплексов моделей типовых боевых ситуаций из моделей функционирования отдельных объектов (отдельного солдата, танка, БПЛА, самолета, корабля и т.п.).

Соответствие JCATS стандартам архитектуры высокого уровня (HLA – High Level Architecture) и распределенного моделирования (DIS – Distributed Simulation) позволяет обеспечить взаимосвязь на уровне отдельных моделей, существенно повысить эффективность взаимодействия разнотипных моделей (в том числе взаимодействия различных пространственно распределенных компьютеров на базе одной модели) на этапах разработки (усовершенствования) различных комплексов моделей и их функционирования.

С точки зрения использования математического аппарата для формализованного описания процессов ведения вооруженной борьбы имитационная система JCATS представляет иерархическую модель [9-10], которая состоит из двух уровней (рис. 1).

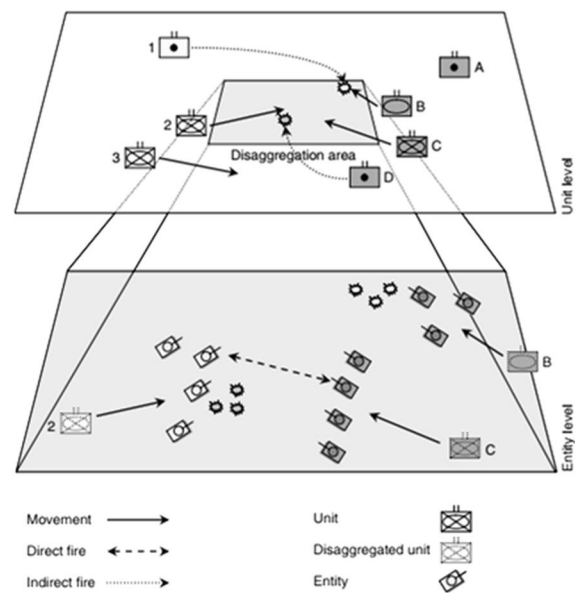


Рис. 1. Концептуальный вид иерархической модели JCATS

1 уровень – детализированное описание взаимодействия на уровне отдельных объектов (Entity Level) с использованием метода статистических испытаний (Монте-Карло).

При этом учитываются: состав и тактико-технические характеристики вооружения, средств прицеливания; тип боеприпасов и их поражающая способность; габаритные размеры объектов; диапазон возможных скоростей движения; влияние на процессы движения объектов, обнаружения и поражения целей, характеристик местности, дорожных и погодных условий, времени года, суток,

а также влияние других факторов (дым, шум, скорость течения рек, глубина водных преград и характер поверхности дна, пополнение запасов, восстановление сил и средств, утомленность личного состава, недостаточный уровень его подготовки, применение оружия массового поражения, а также несмертельного оружия, влияния последствий стрельб, разрушений, стихийных бедствий и т.п.).

2 уровень – описание взаимодействия на уровне организационных единиц (Unit Level), которые представляются как агрегативные системы, с использованием дифференциальных уравнений Ланчестера. Агрегативные системы создаются от уровня роты и выше.

Таким образом, имитационная система JCATS позволяет одновременно отображать цели и объекты, имеющие различные уровни детализации и агрегации. Переход с одного уровня детализации на другой осуществляется по желанию пользователя. В модели типовой боевой ситуации могут имитироваться до 10 сторон (участников) одновременно, а одно боевое средство может иметь до 8 видов вооружения. При этом каждое подразделение может быть разделено на неограниченное число элементов – единичных объектов, состав и функции которых могут меняться в ходе моделирования. Система позволяет моделировать одновременные действия до 60000 таких элементов [8]. Максимальная площадь моделирования – 660660 км.

Названия сторон и их элементов, а также их привязка по времени и месту действий самостоятельно конфигурируются пользователем через соответствующую базу данных системы и отображаются одним цветом на протяжении всего сценария моделирования. Пользователь JCATS также самостоятельно определяет необходимое отношение времени моделирования к режиму реального времени.

Для моделирования окружающей среды (рельефа, дорожной сети, населенных пунктов, элементов растительности, гидрографической сети, погодных условий (время года, ветер, осадки, облачность), времени суток), а также последующего определения ее влияния на процессы движения подразделений и ВВТ, обнаружения и поражения целей, в имитационной системе JCATS используется международно признанная технология SEDRIS (Synthetic Environment Data Representation and Interchange Specification). Эта технология позволяет детально представлять данные об окружающей среде, обмениваться этими данными, а также использовать их для моделирования различных процессов (рис.2) [12].

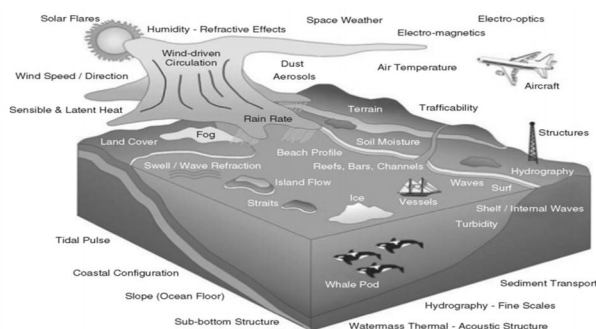


Рис. 2. Примеры компонентов окружающей среды (SEDRIS)

В качестве картографической основы в системе JCATS применяются цифровые карты и базы данных поверхности Земли и Мирового океана, разработанные Национальным управлением геопроостранственной разведки (National Geospatial-Intelligence Agency) МО США. Для воссоздания физических особенностей местности цифровые карты и базы данных подвергаются обработке и на экране мониторов отображается картинка топографической основы в виде сетки, состоящей из равносторонних шестиугольников. В дальнейшем на сетку местности накладываются все особенности обстановки как природного, так и антропогенного характера.

По сравнению с коммерческими компьютерными играми в JCATS реализован принцип гармонизации и согласования, суть которого состоит в стремлении максимального обеспечения адекватности моделируемых процессов реальной действительности [5].

Примерами, подтверждающими сказанное, является возможность учета в JCATS таких факторов, как [8-11]:

физические возможности человека (усталость личного состава (каждый солдат имеет определенное количество энергии (Energy Level), которое быстрее расходуется при выполнении тяжелой работы (бег на гору, оборудование окопов); солдат не может прыгнуть с десятиметровой высоты и остаться невредимым или пролезть в окно значительно меньшего размера и т.п.);

изменение характеристик местности, связанные с погодными условиями (плохая (ограниченная) видимость, обусловленная туманом, осадками, временем суток, наличием растительности в зависимости от времени года, изменение свойств опорных поверхностей и т.п.);

возможности техники (вертолет нельзя благополучно посадить в лесу; скорость боевой машины уменьшается при преодолении водных преград; возможности преодоления боевыми машинами водных преград вброд зависят как от характеристик машин, так и от глубины, ширины, скорости течения, характера поверхности дна; танк не может проехать по

мосту, если его ширина и/или боевая масса превышают ширину и/или грузоподъемность моста и т.п.).

При моделировании боевых действий в населенных пунктах JCATS обеспечивает возможность перемещений сил и средств между строениями в зависимости от размеров, внутри строений с учетом ограниченной видимости, плохого освещения, возможных разрушений, а также риска ранения мирного населения. Предусмотрена также возможность создания различных строений и населенных пунктов, которых нет в базе данных.

Как уже отмечалось, моделирование движения сил и средств в JCATS непосредственно связано с окружающей средой [5, 9-10]. Скорость перемещения определяется как характеристиками объекта, так и характеристиками среды. Например, при определении скорости перемещения боевой колесной машины учитываются такие характеристики: боевая масса и ее распределение по осям, габаритные размеры и площади контакта с опорной поверхностью, удельная мощность двигателя, конструкция

трансмиссии, двигателя (число и схема размещения колес, размеры и форма шин, конструкция протектора), высота центра тяжести, распределение вертикальных реакций, показатели опорно-сцепной проходимости. К характеристикам внешней среды относятся: тип опорной поверхности, ее прочность, угол наклона, время года, форма и количество осадков, геометрия препятствий и расстояние между ними. На движение отдельных объектов и организационных единиц оказывают также влияние ранения и потери личного состава, повреждения и потери ВВТ, связанные с противодействием противника.

Имитационная система JCATS совместима с информационной системой С4И – Command, Control, Communications, Computers and Intelligence [11].

Все процессы, связанные с организацией и ведением боевых и других действий, воспроизводятся на основе алгоритмов [9-10, 13-14], перечень которых приведен в таблице.

Таблица

Алгоритмы JCATS

1 ACQUISITION	ОБНАРУЖЕНИЕ
1.1 General	Основной
1.2 Optical Sensor	Оптический датчик (сенсор)
1.3 Thermal sensor	Тепловизор
1.4 Active Radar	Активная РЛС
1.5 Active Sonar	Активный сонар (гидролокатор)
1.6 Passive Radar	Пассивная РЛС
1.7 Passive Sonar	Пассивный сонар (гидролокатор)
1.8 Line of sight (LOS)	Линия прямой видимости
1.9 Horizon Check	Выверка указателя угла вертикального наведения по горизонту
1.10 Enhanced lighting	Улучшение освещения
2 ADJUDICATION OF WEAPON EFFECTS	ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОРУЖИЯ
2.1 Point Effect (PHPK) Munitions	Точечное воздействие боеприпасов
2.2 Area Effect Munitions	Воздействие боеприпасов по площадям
2.3 Environmental Effects	Влияние окружающей среды
2.4 HE effect	Оскольно-фугасное воздействие
2.5 ICM effect	Воздействие кассетного боеприпаса
2.6 Family of Scatterable Mines (FASCAM)	Семейство дистанционных мин
2.7 Target by direct fire	Огонь по цели прямой наводкой
2.8 Engage by direct Fire	Поражение цели прямой наводкой
2.9 Beam weapon	Лучевое (пучковое) оружие
3 AGGREGATION	АГРЕГИРОВАНИЕ
3.1 Aggregate	Агрегативная система
3.2 De-Aggregate an Aggregate	Деагрегирование (разукрупнение) – агрегативная система
3.3 Join a System or Aggregate with an Aggregate	Объединение в систему или агрегативная система с агрегативной системой
3.4 Depart a System or Aggregate from an Aggregate	Выход из системы или агрегативная система из агрегативной системы
3.5 Formations	Воинское формирование
4 CAPTURE AND SURRENDER	ЗАХВАТ В ПЛЕН И ПЕРЕДАЧА ПЛЕННЫХ
5 CASUALTY AND REPAIR	ПОТЕРИ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
6 DEFILADE	ЕСТЕСТВЕННОЕ УКРЫТИЕ НА МЕСТНОСТИ
7 ENVIRONMENT	ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

7.1 Barriers and Minefields	Заграждения и минные поля
7.2 Light	Освещенность
7.3 Weather	Погода
8 FATIGUE	УСТАЛОСТЬ
9 FRATRICIDE	ОГОНЬ ПО СВОИМ (ДРУЖЕСТВЕННЫЙ ОГОНЬ)
10 MOUNT	УСТАНОВКА (ФОРМИРОВАНИЕ)
10.1 Mount passenger	Размещение пассажира (на машине)
10.2 Mount crew	Размещение экипажа (личного состава)
10.3 Dismount passenger or crew	Спешивание пассажира или экипажа (личного состава)
10.4 Aggregate as a passenger	Агрегирование пассажира
10.5 Aggregate as a crew	Агрегирование экипажа (личного состава)
11 MOVEMENT	ДВИЖЕНИЕ
11.1 Movement During Planning	Движение во время планирования
11.2 Movement During the Game	Движение во время игры
11.3 Movement in the Air	Движение в воздухе
11.4 Movement on the Ground	Движение на земле
11.5 Movement on Water	Движение по воде
11.6 Movement Under Water	Движение под водой
11.7 Movement in Buildings	Движение в строениях
11.8 Length of hop	Длина маршрута
11.9 Calculation of speed	Определение скорости
11.10 Trafficability factor	Фактор проходимости
11.11 Calculation of slope	Определение крутизны преодолеваемого подъема
11.12 Stationary Systems	Стационарные системы
11.13 Activity Nodes	Активные узлы
12 POPUP	БЫСТРЫЙ НАБОР ВЫСОТЫ (для самолета)
13 SOUND	ЗВУК (ШУМ)
14 SUPPLY	МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
14.1 Transfer Supplies	Перенесение (перемещение) обеспечения
14.2 Re-Supply	Пополнение запасов
14.3 Level Supply	Уровень (звено) обеспечения
14.4 Level Load	Уровень возимых запасов
14.5 Recover Ammo	Восстановление боеприпасов
14.6 Recover Weapon	Восстановление вооружения
14.7 Load Bomb	Возимые запасы бомб (мин)
15 TARGETING	ВЫБОР ЦЕЛИ
15.1 Automated Targeting	Автоматический выбор цели
15.2 Manual Targeting	Ручной выбор цели
15.3 Planned Direct Fire	Планирование огня прямой наводкой
15.4 Planned Indirect Fire	Планирование огня непрямой наводкой

Для примера рассмотрим алгоритм обнаружения цели.

Процессу обнаружения цели в системе JCATS предшествует процесс формирования зоны обнаружения на основе исходных данных, который зависит от характеристик сенсора, процесса моделирования и факторов окружающей среды (рельефа, растительности, погодных условий, времени суток и т.п.).

Структурная схема формирования зоны обнаружения цели представлена на рис. 3.

Во время предварительного формирования зон обнаружения используются характеристики сенсора с базы данных

$$Sensor = \langle TTC, Signature \rangle,$$

где TTC – тактико-технические характеристики сенсора, которые не зависят от характеристик цели;

$$TTC = \left\langle \begin{array}{l} Range_{max}, Range_{min}, Horizontal_{Field}, \\ Acquisition_{scan}, Concurrent_{Acquisition}, \\ Reliability, State_{Targets} \end{array} \right\rangle,$$

где $Range_{max}$ та $Range_{min}$ – соответственно максимальная и минимальная дальности, на которых сенсор может обнаружить цель, м;

$Horizontal_{Field}$ – трехмерный угол, в котором сенсор обнаруживает цели, градус;

$Acquisition_{scan}$ – время, необходимое для обнаружения цели, с;

$Concurrent_{Acquisition}$ – максимальное количество целей, которое может наблюдать сенсор;

$Reliability$ – надежность сенсора, %;

$State_{Targets}$ – данный тип сенсора обнаруживает движущуюся цель;

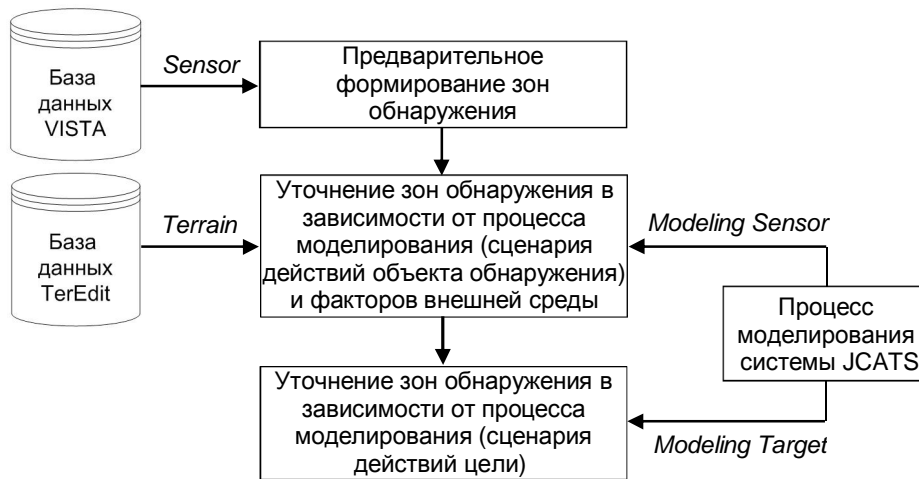


Рис. 3. Структурная схема формирования зоны обнаружения цели

Signature – характеристики сенсора, которые зависят от типа цели.

$$Signature = \langle Type_{Target}, Probability\ Table \rangle,$$

где $Type_{Target}$ – перечень типовых целей, которые обнаруживает сенсор;

$Probability\ Table$ – таблицы вероятности обнаружения типовых целей $Type_{Target}$ в

зависимости от дальности на всех уровнях обнаружения целей;

$$Probability\ Table_{Type_{Target}} = \langle Range, P_{L_i} \rangle,$$

где $Range$ – дальность обнаружения, м;

P_{L_i} – вероятность обнаружения на i -м уровне (рис. 4).

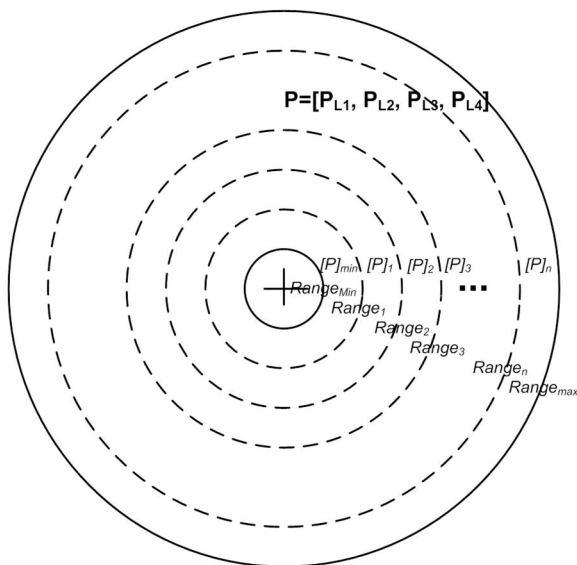


Рис. 4. Вероятности обнаружения цели на различных уровнях

Уточнение зон обнаружения проводится в зависимости от сценария действий объекта обнаружения и факторов внешней среды (рис. 5)

$$Modeling\ Sensor = \langle Coordinates, Angle_{LOS}, Azimuth_{LOS} \rangle,$$

где $Coordinates$ – координаты объекта обнаружения;

$Angle_{LOS}$ – величина угла зоны наблюдения;

$Azimuth_{LOS}$ – направление зоны наблюдения.

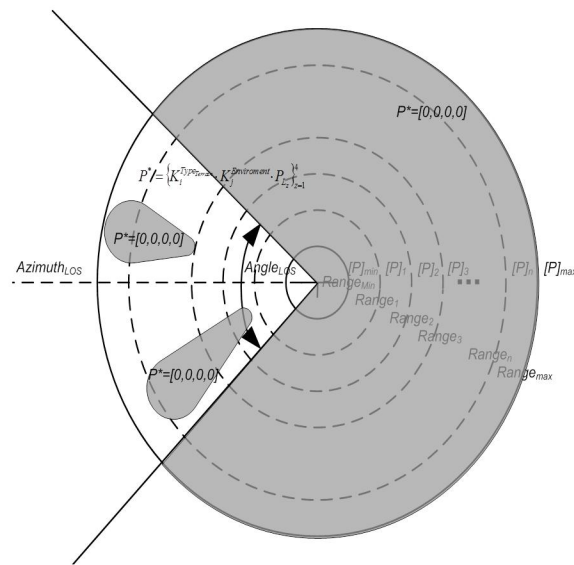


Рис. 5. Уточнение зон обнаружения в зависимости от сценария действий объекта обнаружения и факторов внешней среды

$$Terrain = \langle Elevation, Type_{Terrain}, Environment \rangle,$$

где $Elevation$ – влияние рельефа местности на зону обнаружения (определение мертвых зон для обнаружения целей);

$Type_{Terrain}$ – влияние местности на вероятность обнаружения целей;

$Environment$ – влияние погодных условий на вероятность обнаружения целей.

Влияние местности на вероятность обнаружения целей – это множество коэффициентов уменьшения вероятности обнаружения от типа местности (открытая, закрытая местность, населенный пункт и т.п.)

$$Type_{Terrain} = \left\langle K_i^{Type_{Terrain}} \right\rangle_{i=1}^{N_{Type_{Terrain}}},$$

где $K_i^{Type_{Terrain}}$ – коэффициенты уменьшения вероятности обнаружения целей i -го типа местности;

$N_{Type_{Terrain}}$ – количество типов местности.

Влияние погодных условий на вероятность обнаружения целей – это множество коэффициентов уменьшения вероятности обнаружения от различных погодных условий (ясная, пасмурная погода, различные осадки и т.п.)

$$Environment = \left\langle K_i^{Environment} \right\rangle_{i=1}^{N_{Environment}}$$

где $K_i^{Environment}$ – коэффициенты уменьшения вероятности обнаружения целей i -х погодных условий;

$N_{Environment}$ – количество погодных условий.

Вероятность обнаружения цели изменяется по формуле

$$P = \left(K_i^{(Type_{Terrain})} \cdot K_j^{(Environment)} \cdot P_{Lz} \right)_{z=1}^4.$$

На следующем этапе проводится уточнение зоны обнаружения цели в зависимости от сценария ее действий и уровня защищенности (рис. 6).

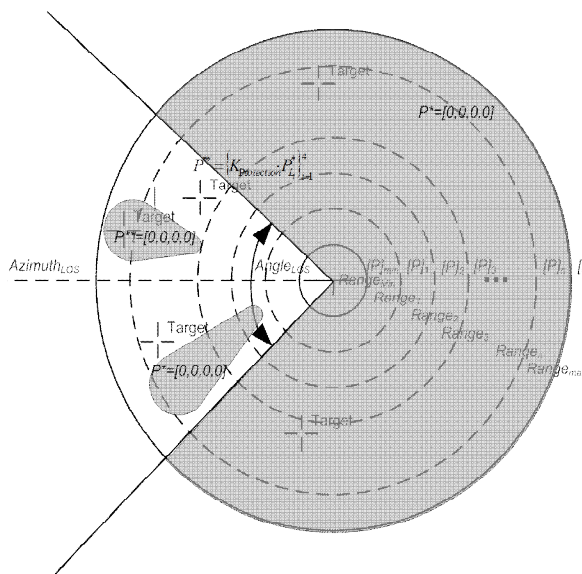


Рис. 6. Уточнение зоны обнаружения цели в зависимости от сценария ее действий и уровня защищенности

$$Modeling\ Target = \left\langle \begin{matrix} Type_{Target}, Coordinates_{Target} \\ K_{Protection} \end{matrix} \right\rangle,$$

где $Type_{Target}$ – тип цели, которую обнаруживает сенсор;

$Coordinates$ – координаты цели;

$K_{Protection}$ – коэффициент защищенности цели, уменьшающий вероятность ее обнаружения.

Тогда вероятность обнаружения данной цели определяется

$$P^* = \left\{ K_{Protection} \cdot P_{Lz} \right\}_{i=1}^4.$$

Таким образом, в результате формирования зон обнаружения целей определяются таблицы вероятностей для зон обнаружения сенсора и таблицы вероятностей обнаружения целей, которые в процессе моделирования входят в зону обнаружения сенсора.

Алгоритм обнаружения цели приведен на рис. 7. Результатом работы этого алгоритма является формирование перечня обнаруженных целей $List_{Acquisition}(Sensor)$, которые находятся в зоне обнаружения сенсора. При этом объем списка зависит от максимального количества целей, которые может наблюдать сенсор $Concurrent_{Acquisition}(TTC)$.

В JCATS реализовано четыре уровня обнаружения цели: 1 – обнаружение (цель обнаружено); 2 – классификация (определено, что, например, обнаруженная цель – танк); 3 – распознавание (обнаруженный танк – Т-80); 4 – идентификация (данный танк принадлежит «синим» силам).

Эффективность каждого вида вооружения, от лазерного наведения ракеты до отдельной пули, определяется вероятностью попадания и вероятностью поражения по статистическим данным, полученным во время натурных испытаний этого вооружения на Абердинском испытательном полигоне [5, 9-10].

Повреждения цели в результате попадания оцениваются следующими классами: цель подавлено; цель утратила способность вести огонь; цель утратила способность двигаться; цель утратила способность вести огонь и двигаться; цель уничтожена; уничтожено единицу техники, внутри которой находился экипаж или десант; утрачено способность вести огонь у одной или больше единиц в агрегативной системе.

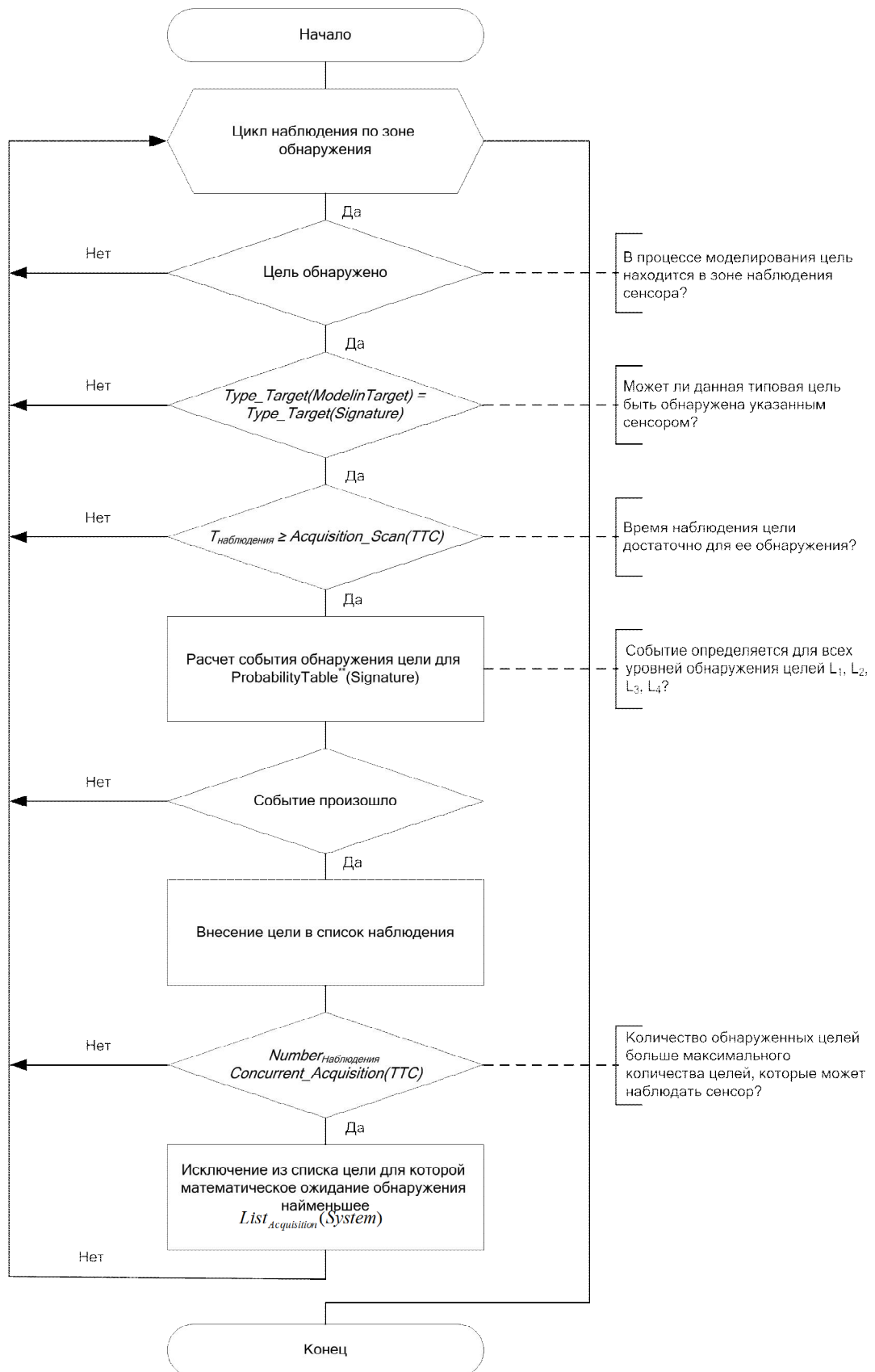


Рис. 7. Алгоритм обнаружения цели

Адекватность имитационной системы JCATS подтверждается успешным ее использованием во время боевых действий в Югославии, Сомали, Ираке [8] и положительными результатами

проведенных проверок, отчеты о которых приведено в [9-10]. Данная система широко используется для моделирования боевых действий в 23 странах, в том числе странах-членах НАТО [8, 14].

Интересным примером применения рассматриваемой системы является ее использование с целью анализа и проверки исторических фактов прошлых войн. Так, в [15] рассматривается пример, в котором с помощью JCATS из двух известных на сегодняшний день версий исхода битвы при Литтл-Бигхорн (1876 год, США) определена наиболее достоверная.

Важно также отметить о постоянной работе, которая ведется по усовершенствованию имитационной системы JCATS [5, 8, 14]. Основными направлениями дальнейшего развития этой системы являются обеспечение возможности ведения информационной войны, повышение совместимости с военными системами связи, внесения изменений в цифровые карты местности на основе постоянно обновляемых данных спутниковых снимков с использованием методов автоматизированного проектирования и др.

Выводы

Имитационная система JCATS – это мощный программно-моделирующий комплекс, позволяющий проводить имитацию решения различных боевых задач, которые могут выполняться подразделениями тактического звена.

Широкие возможности и достаточный уровень адекватности данной системы позволяют сделать вывод о целесообразности ее использования в интересах проведения научных исследований.

Список литературы

1. *The Changing Face of War: Into the Fourth Generation.* / William S. Lind, Keith Nightengale, John F. Schmitt, Joseph W. Sutton, Gary I. Wilson. // *Marine Corps Gazette.* – October, 1989. – P. 22-26.
2. Arquilla J. *The new rules of war* / J. Arquilla // *Foreign Policy.* – 2010. – №2. – P.4–11.
3. Гончаров С. «Съезжившаяся мощь». «Посткрымские» размышления о Вооруженных Силах Украины / С. Гончаров // *Defense Express.* – 2014. – №5. – С.28-35.
4. Вентцель Е.С. *Исследование операций* / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

5. *Engineering principles of combat modeling and distributed simulation* / [Edited by Andreas Tolk]. – Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012. – 906 p.

6. К вопросу о методологии математического моделирования операций / М.В. Сергеев, Х.И. Лейбович, Р.М. Юсупов, В.П. Сорокин // *Военная мысль.* – 1988. – №12. – С. 47-52.

7. Буренок В.М. *Создание системы моделирования – необходимое условие развития Вооруженных Сил Российской Федерации* / В.М. Буренок, С.Р. Цырендоржиев // *Вооружение и экономика.* – 2013. – №4(25). – С. 4-11.

8. Shimamoto F. *Simulating warfare is no video game* / F. Shimamoto // *Science&Technology Review.* – 2000. – January/February. – P. 4-11.

9. Taylor James G. *Support of JCATS Limited Verification and Validation : report* / James G. Taylor, Beny Neta. – Monterey, California : Naval postgraduate school, September 2001. – 51 p.

10. Christenson W.M. *JCATS Verification and Validation Report* / W.M. Christenson, Mary Catherine, Terri J. Walsh, Robert A. Zirkle. – Alexandria, Virginia : Institute for Defense Analyses, October 2002. – 230 p.

11. *Joint Conflict and Tactical Simulation.* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.carson.army.mil/battle_sim/JLCCTC.htm.

12. Mamaghani Farid *SEDRIS - A Collaborative International Infrastructure Technology* / F. Mamaghani, P. Foley // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.sedris.org/presentation/04E-SIW-067.doc.

13. *JCATS: Algorithm manual – draft version 8.0.* – Lawrence Livermore National Laboratory, 2008. – 98 p.

14. *Can JCATS Constructive Simulation Move to the Cloud?* – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.defensenews.com/article/20120220/TSJ01/302200011/Can-JCATS-Constructive-Simulation-Move-Cloud>.

15. Charlebois M. A. *Historical analysis of the battle of Little Bighorn utilizing the joint conflict and tactical simulation (JCATS)* / Michael A. Charlebois, Keith E. Pecha. – Monterey, California: Naval postgraduate school, 2004. – 137 p. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA424983>.

Рецензент: д.т.н. Гурнович А.В. Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Киев.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ JCATS В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

О.М. Купріненко, В.А. Голуб, Р.В. Гумінський

Проведено аналіз існуючих науково-методичних підходів до моделювання бойових дій. Встановлено обмеженість їх застосування для моделювання процесів, характерних для сучасної збройної боротьби. Запропоновано використовувати розподілену імітаційну систему JCATS.

Ключові слова: моделювання бойових дій, імітаційна система JCATS, озброєння та військова техніка.

APPLICATION OF SIMULATION SYSTEMS JCATS IN RESEARCH

A. Kuprinenko, V. Golub, R. Guminsky

The existing scientific and methodological approaches to the modeling of warfare is considered. Established limitations of their use for modeling processes of modern warfare. To use a distributed simulation system JCATS is proposed.

Key words: modeling of warfare, simulation system JCATS, weapons and military equipment.