УДК: 004.942

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧСКОГО ПОДХОДА И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.Г. Пантелеев, М.П. Филяев, Р.Н. Кузьмин, Д.А. Филиппов (Санкт-Петербург)

В последние годы в деятельность должностных лиц органов военного управления материально-технического обеспечения (МТО) широкое внедрение получили комплексы средств автоматизации. Их применение, безусловно, повышает оперативность управления силами и средствами МТО, но, в условиях возрастания информационных нагрузок и высокой динамики изменения ситуации в ходе подготовки и проведения операций, не в полной мере обеспечивает эффективную поддержку принятия решений. Это обстоятельство обуславливает необходимость применения в составе автоматизированных систем управления (АСУ) военного назначения современных систем поддержки принятия решений (СППР), разработка которых традиционно основывается на имитации различных вариантов решений должностных лиц с целью получения прогнозных оценок ожидаемых последствий [1]. В связи с этим перспективным направлением сегодня является разработка и применение в составе АСУ МТО комплексов математического моделирования [2].

Тем не менее, порядок практического применения имитационных моделей в составе АСУ военного назначения в настоящее время окончательно не определен и при этом существует ряд актуальных вопросов, без разрешения которых провести интеграцию комплексов математического моделирования и АСУ весьма проблематично. Основные проблемные вопросы связаны как непосредственно с информационной совместимостью, так и со временем подготовки решения на основе имитационного моделирования (рисунок 1).

Рис. 1 – Применение имитационных моделей в составе СППР

Результаты проведенного анализа состава информации, обрабатываемой в АСУ МТО, свидетельствуют о том, что, с одной стороны, он является избыточным с точки зрения исходных данных имитационных моделей, а с другой стороны, явно недостаточен для проведения имитационного моделирования действий сил и средств материально-технического обеспечения (рисунок 2).

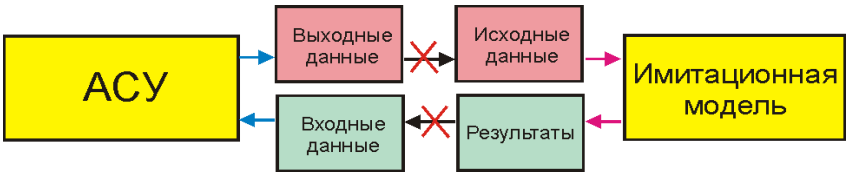

Рис. 2 – Несовместимость информации АСУ и исходных данных имитационных моделей

Другим проблемным вопросом, как общеизвестно, является поиск рационального варианта решения на основе применения имитационных моделей, который связан с проведением многочисленных экспериментов и, соответственно, сопровождается значительными временными затратами, что в условиях функционирования АСУ практически не приемлемо.

В связи с этим решение данных проблемных вопросов имеет не только актуальное значение, но и фактически является обязательным условием, обеспечивающим перспективы применения современных методов и средств имитационного моделирования в рамках АСУ военного назначения.

Для решения этих актуальных вопросов предлагается использовать следующий подход, представленный на рисунке 3.

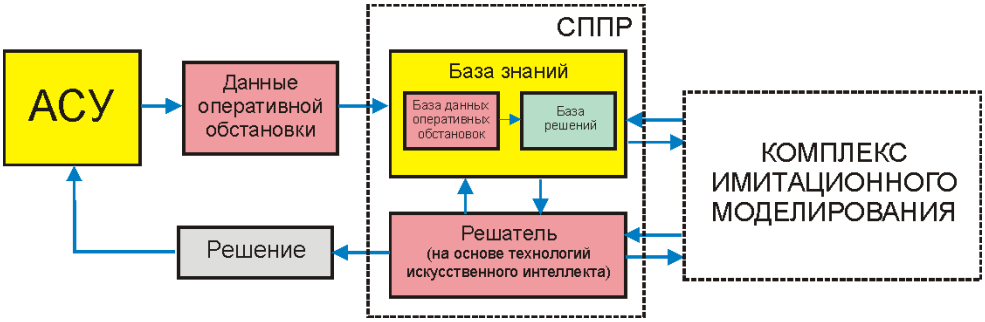

Рис. 3 – Концептуальный подход к применению имитационных моделей в АСУ

Его суть заключается в исключении имитационных моделей непосредственно из состава СППР, как это рассматривалось до настоящего времени. Вместо этого в составе СППР предлагается использовать базу знаний (БЗ), и, так называемый Решатель. Поддержка принятия решения при этом осуществляется на основе анализа состава и структуры данных оперативной обстановки, поступающей из АСУ без применения имитационных моделей в реальном масштабе времени. Имитационные модели же используются для формирования базы знаний типовых решений. Реализация Решателя, очевидно, должна основываться на применении технологий искусственного интеллекта.

Перспективным подходом к построению СППР различного назначения в настоящее время является использование онтологий [3]. Онтологические базы знаний содержат формальные концептуальные модели проблемной области, эффективно поддерживающие различные методы логического вывода, с помощью которого должна строиться СППР.

Рассмотрим это на примере одной из основных и важнейших задач МТО войск (сил) – подвозе материальных средств (МС) [4]. При этом исходными данными оперативной обстановки, в том числе, являются количество N обеспечиваемых соединений и частей и их районы предназначения, лимит расхода МС на день операции

и неснижаемые (минимальные) уровни запасов МС для каждого потребителя по каждому виду МС, продолжительность операции.

С целью своевременного восполнения расхода МС и недопущения снижения их запасов ниже установленного уровня в обеспечиваемых соединениях и частях группировки силами и средствами МТО организуется ежедневный подвоз МС с учѐтом возможностей по хранению МС в обеспечиваемых войсковых частях. При этом запасы МС могут поставляться железнодорожным транспортом на специально назначаемые станции, а далее автотранспортом доставляются потребителям.

Первоочередные задачи, решаемые при организации подвоза МС – определение объемов подвоза МС, определение состава сил и средств подвоза, их размещения по отношению к потребителям, а также назначение выгрузочных железнодорожных станций. Рациональное решение может быть найдено на основе заранее разработанной имитационной модели [5], но требует при этом существенных временных затрат. Интерес представляет получение рационального решения на основе только анализа исходных данных оперативной обстановки.

При решении задач подвоза МС база знаний СППР должна, в частности, содержать общие онтологические описания:

- обеспечиваемых войсковых частей;
- видов МС, подлежащих доставке;
- параметров сил и средств подвоза МС, включая виды автотранспорта и их технические характеристики;
- складов хранения МС;
- выгрузочных железнодорожных станций;
- транспортной сети;
- маршрутов подвоза МС;
- нормативов временных и материальных затрат на доставку единицы МС.

Кроме того, СППР должна (в рамках компонента «Решатель») содержать пополняемую программную библиотеку реализации методов решения транспортных задач и связанную с ней онтологию этих методов. Методы решения задач целесообразно реализовать с использованием алгоритмов произвольного времени (АПВ), поддерживающих возможность размена времени решения задачи на качество получаемых результатов. Онтология этих методов должна содержать профили АПВ, специфицирующие зависимость качества результата от времени реализации алгоритма.

Такое построение СППР обеспечит открытость системы, как в информационном, так и в функциональном аспекте на уровне пополнения онтологической БЗ.

Методы решения различных задач подвоза МС строятся на сочетании как аналитических (расчетных), так и логических формальных моделей. Предлагаемая концепция построения решателя СППР на основе онтологических моделей представления знаний обеспечивает эффективную реализацию такого гибридного подхода.

При этом правила логического вывода могут быть записаны на языке SWRL (Semantic Web Rule Language), совместимом с базовым языком представления онтологий OWL и поддерживающим механизм встроенных математических расчетов.

Например, логическое правило выбора войсковой части (ВЧ), являющейся потребителем некоторого типа МС, для первоочередного подвоза МС запишется на языке SWRL следующим образом:

Если *ВЧ (x) & МСi(z) & ПОТ (x, z) & ОБП(x, z, u) &*
ВЧ (y) & ПОТ (y, z) & ОБП(x, z, v) & (u < v),
то *ВЧПП(x, z).*

Здесь *ВЧ (x)* и *МСi (z)* – одноместные предикаты соответственно «являться воинской частью» и «являться материальным средством i-го типа»;

ПОТ (x, z) – двуместный предикат «x является потребителем МС z»;

ОБП(x, z, u) – трехместный предикат «обеспеченность объекта x средством z, составляет u»;

ВЧПП(x, z) – двуместный предикат «x является объектом первоочередного подвоза материального средства z».

Базовые варианты решения задач планирования подвоза МС для типовых сценариев при этом могут (и должны) нарабатываться с использованием средств имитационного моделирования вне режима реального времени. Если они соответствуют текущей оперативной обстановке, то могут использоваться непосредственно в контуре принятия решений или, при необходимости, корректироваться (уточняться) Решателем с использованием методов, хранящихся в БЗ и учитывающих актуальную информацию.

Возможным перспективным решением по системе имитационного моделирования может стать платформа, определяющая высокоуровневую архитектуру и открытый стандарт распределѐнного моделирования IEEE 1516-2010 – High Level Architecture (HLA), обеспечивающая взаимодействие моделей всех уровней. HLA определяет общее техническое решение, которое следует использовать при создании системы имитационного моделирования. Целью введения HLA является обеспечение переносимости отдельных элементов моделей и возможность их совместного использования. HLA построен на основании структурированного языка XML (Extensible Markup Language).

HLA обеспечивает отделение специфических функциональных возможностей моделирования от общих. Для поддержки последних разработана универсальная инфраструктура RTI (Real-Time Infrastructure). RTI, подобно распределенной операционной системе, обеспечивает функциональность, необходимую для взаимодействия объектов внутри распределенной системы.

При описании HLA введены следующие понятия:

− федерат – отдельно взятый модуль модельного эксперимента, обычно реализующий уникальную модель, аналитическую или имитационную, который реализуется в рамках объектной модели федерата SOM (Simulation Object Model);

− федерация – совокупность федератов в едином информационном пространстве, которая реализуется в рамках объектной модели федерации FOM (Federation Object Model).

В качестве федератов могут рассматриваться:

− имитационные модели и системы имитации – конструктивные системы;

− тренажеры и модели, интерактивно управляемые людьми – виртуальные системы;

− реальные образцы техники или системы связи и управления – натурные системы;

− специальное программное обеспечение для визуализации или для сбора и обработки информации.

Федерация обеспечивает взаимодействие всех федератов в едином модельном времени и едином информационном пространстве, снабжая федераты текущими значениями актуальных данных.

Таким образом, реализация предлагаемого концептуального подхода к созданию и применению СППР в составе АСУ МТО позволит не только решить ряд рассмотренных выше проблемных вопросов, но и обуславливает актуальность дальнейшего развития методов и средств имитационного моделирования систем и

процессов военного назначения. Это, в свою очередь, обеспечивает не только их выход на принципиально новый уровень, но и определяет возможность, в том числе, развития и применения технологий искусственного интеллекта в деятельности органов военного управления.

Литература

1. **Бычков А.В., Батов В.Ю., Филяев М.П.** Имитационное моделирование процессов материально-технического обеспечения войск (сил): теория и практика // В сборнике: Первая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в военной сфере «Имитационное моделирование систем военного назначения, действий войск и процессов их обеспечения» («ИМСВН-2020»). Труды конференции. Санкт-Петербург, 2020. С.77-86.
2. **Воробьев А.А., Филяев М.П., Якшин А.С.** Перспективы развития автоматизированной системы управления материально-техническим обеспечением // Наука и военная безопасность. 2019. № 3 (18). С. 67-74.
3. **Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б.** Искусственный интеллект. Инженерия знаний. Москва: Юрайт, 2022. 93 стр.
4. Автотехническое обеспечение войск и воинские автомобильные перевозки. Часть 2 Воинские автомобильные перевозки [Текст]: учебник / Ю.В. Тимофеев [и др.]. Рязань: РВВДКУ (ВИ), 2010. 350 с.
5. **Воробьев А.А., Седоченков А.В.** Планирование подвоза материальных средств на основе применения комплекса математического моделирования // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружѐнных Сил Российской Федерации. 2020. № 2 (16). С. 58-66.