

**МОДЕЛЬ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ
УПРАВЛЕНИЮ ОБЩЕВОЙСКОВЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ**

Ю. Н. Золотухин¹, Г. М. Шидло²

¹*Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск
E-mail: zol@idisys.iae.nsk.su*

²*Новосибирское высшее военное командное училище, Новосибирск
E-mail: georg4@online.sinor.ru*

Представлены результаты исследований использования современных информационных технологий в области проектирования тренажерных средств обучения курсантов навыкам управления общевойсковыми подразделениями. Предложен вариант реализации интеллектуального агента-помощника курсанта в модели перспективной учебной организации для проведения практического занятия по тактике. Сформулированы подходы к определению требований к критериям оценки разрабатываемых компонентов модели архитектуры интеллектуальной системы интерактивного обучения. Предложены методы реализации мультиагентных систем и интеллектуальных агентов в перспективном тактическом тренажере.

Введение. Повышение требований к военным специалистам в области применения знаний на практике, к командирам в приобретении навыков в работе с подчиненными военнослужащими при выполнении боевых задач автоматически вызывает повышение требований к технологии и методике преподавания, порядку проведения итоговых экзаменов [1–3]. Система, поддерживающая реализацию процесса взаимодействия командира с подчиненным ему подразделением в виде модели отношений и связи агента-командира и виртуальной модели подразделения в среде разрабатываемой интеллектуальной системой интерактивного обучения (ИСИО), будет способна решить ряд проблем в существующей системе управления практическим занятием в тренажерном классе.

Во время обучения курсантов в военном вузе нет достаточных условий, чтобы предоставить в полной мере будущему командиру самостоятельно практически реализовать полученные теоретические знания в виде навыков управления подразделениями в бою на имеющихся тактических тренажерах. Оценка существующего положения дел и перспективы изложены в [4, 5]. В работах [4–6] очерчен ряд возможностей, которые будут предоставлены на основе ИСИО:

– курсанту обучать своих виртуальных военнослужащих в составе виртуального подразделения по основным дисциплинам боевой подготовки; самостоятельно и непосредственно управлять виртуальным воинским подразделением при отработке учебных задач;

– преподавателю объективно оценивать работу курсантов как командиров виртуальных воинских подразделений в реальном масштабе времени в соответствии с законами вооруженной борьбы, методикой и логикой проведения занятия;

– руководству военного вуза контролировать и своевременно корректировать методику проведения занятия;

– профессорскому составу и военно-научным работникам проводить научные изыскания в области эффективности управления общевойсковыми подразделениями в бою.

Для реализации таких возможностей предложено модернизировать программу тактического тренажера «Битва» [5, 6] (фрагмент занятия представлен на рис. 1) с помощью технологии распределенного искусственного интеллекта на основе агентно-ориентированного проектирования [7], теории интеллектуальных агентов (ИА) [8] и мультиагентных систем (МАС) [9]. Этот подход позволит реализовать модели виртуальных солдат – агентов военнослужащих, а на их основе – модели виртуальных подразделений, входящих в ИСИО в виде общей модели виртуальной тактической обстановки.

Материал данной работы представлен следующим образом: в разд. 1 сформулирована цель и задачи исследования; в разд. 2 дана упрощенная UML-модель [10, 11] предметной области перспективной учебной организа-

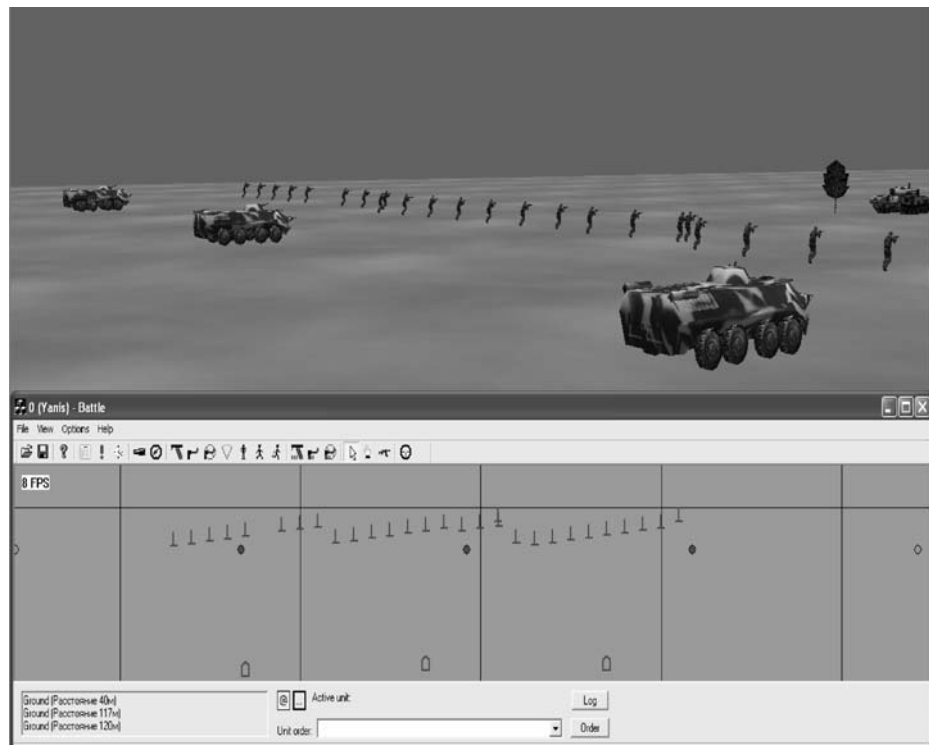


Рис. 1. Фрагмент практического занятия на тактическом тренажере «Битва»

ции практического занятия и определена сфера применения ИСИО; в разд. 3 обоснованы границы предполагаемой модели архитектуры системы тактического тренажера (СТТ); в разд. 4 представлены подходы к определению основных требований к модели архитектуры СТТ, введен критерий оценки действий обучаемого командира и способ его реализации, предложен метод для оценки знаний курсанта по теме предстоящего занятия; в разд. 5 кратко описана модель архитектуры интеллектуального агента-помощника (АП) курсанта на основе многоуровневой архитектуры и теории рационального агентства в виде намерения, желания и убеждения (Belief–Desires–Intention (BDI)) интеллектуального агента. Предложен подход к извлечению из команд и докладов значений интенциональных характеристик курсанта во время практического занятия с помощью алгоритма оценки, реализованного в модели АП курсанта.

Анализ полученных значений интенциональных характеристик (убеждения, желания и намерения) в последовательности извлечений и обработки позволит выявить системные ошибки обучаемого и объективно оценить его навыки в управлении подразделениями. Основной подход к проводимой модернизации программы тактического тренажера серии «Битва» – это использование унифицированного процесса (УП) [12].

Целью данной работы является разработка подходов к определению основных критериев и требований для последующей их реализации в моделях, описывающих архитектуру системы интерактивного обучения.

1. Постановка задачи. Работу преподавателя и курсантов на практическом занятии можно сравнить с соперничеством в том плане, что преподаватель, создавая тактическую обстановку, играет за противника. Задача курсантов – оценить противника, выработать и реализовать мероприятия с помощью команд, переданных своим подразделениям в виде сообщений, и добиться выполнения учебной задачи, нанося противнику потери. Для успешного решения учебных задач курсанту необходимо обладать определенным запасом знаний по тактике общевойскового боя и умением своевременно их применить на практическом занятии. Следовательно, курсант должен иметь адекватные знания и превосходить действиями в управлении своими подразделениями действия подразделений противника, управляемых преподавателем в конкретной учебной задаче.

Для достижения вышеставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить назначение и область применения ИСИО;
- 2) определить границы предполагаемой ИСИО;
- 3) представить подходы к определению основных критериев и требований для последующей их реализации в моделях, описывающих архитектуру системы интерактивного обучения;
- 4) представить подход к описанию модели архитектуры интеллектуального АП курсанта.

2. Назначение и область применения ИСИО. На рис. 2 дана упрощенная UML-модель предметной области перспективной учебной организации практического занятия [6], акторы, агенты и объекты которого вовлечены в учебную работу для достижения цели практического занятия. Во время занятия осуществляется обмен сообщениями между преподавателем и обучаемым, интеллектуальным агентом-помощником преподавателя и интеллектуальными агентами-помощниками обучаемых, а также обработка сооб-

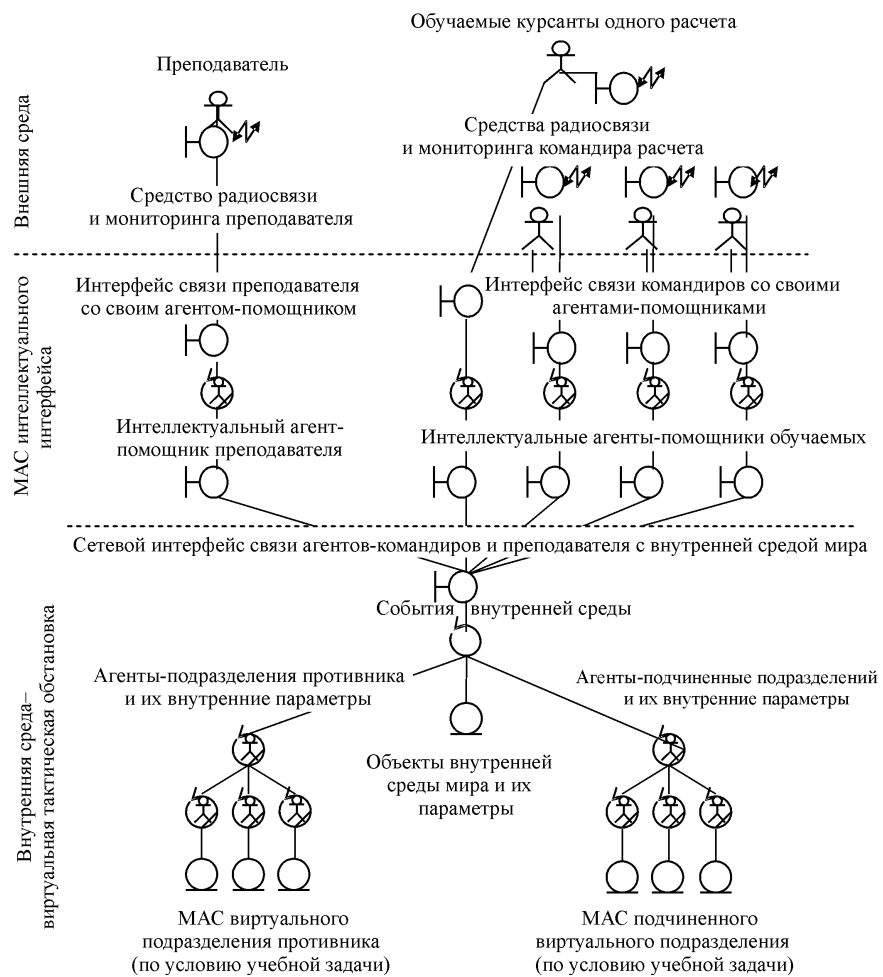


Рис. 2. UML-модель предметной области перспективной организации практического занятия

щений от интеллектуальных агентов виртуальных солдат и командиров, входящих в состав виртуальных подразделений.

Назначение модели архитектуры системы тактического тренажера можно представить как взаимосвязь трех факторов: цели, природы артефакта и характера внешнего мира [13]. Работу перспективной СТТ можно рассматривать как артефакт достижения цели, связывающий внутреннюю среду тактического тренажера и внешний мир. Если внутренняя среда тактического тренажера адекватно воспринимает внешний мир в виде воздействий преподавателя и курсантов, то артефакт – модель архитектуры СТТ – отвечает своему назначению.

Таким образом, ИСИО должна поддерживать различные законы тактики вооруженной борьбы, а именно: математические модели, предметные, методические, педагогические знания, и обеспечивать доведение этих знаний в форме навыков управления подразделениями в бою до будущего командира в обстановке, приближенной к боевой.

3. Границы предполагаемой ИСИО. Среду учебного процесса по подготовке будущих командиров можно охарактеризовать как искусственное творение преподавателей предмета тактики, сочетающее различные формы и методы проведения занятий. Практическое занятие выглядит как последовательность артефактов – символов тактической обстановки, которые мы воспринимаем зрительно в виде трехмерного отображения результатов работы программы «Битва» на экране монитора, сопровождаемой речью преподавателя. Под внешней средой будем понимать то, что так или иначе может влиять на систему и, в свою очередь, подвергаться существенным воздействиям с ее стороны [14]. Воздействующим окружением с учебной точки зрения будем считать преподавателя и обучаемых командиров-курсантов. Курсанты влияют на систему с помощью программно-аппаратного интерфейса и получают результат воздействия в виде представления тактической обстановки. Оказывая влияние на систему (отдавая команды (управляя) подразделениям интеллектуальных агентов), они изменяют внутреннюю среду тактической обстановки системы, тем самым стремясь достигнуть цели практического занятия. Преподаватель воздействует на систему с помощью программно-аппаратного интерфейса с целью представления тактической обстановки непосредственно на рабочих местах курсантов и общем экране класса. Это позволяет преподавателю управлять моделями виртуальных подразделений противоборствующих сторон и контролировать действия конкретного курсанта в должности командира. На систему также воздействуют сигналы, поступающие от средств радиосвязи и средств мониторинга состояния здоровья преподавателя и курсантов.

Границы системы, а также основные ее части введены на начальных итерациях процесса УП в фазе развития проекта, т. е. выполнена реализация множества компонентов «не вглубь, а вширь» или, по определению [15], «разработка по пластам». При этом идентифицированы системные события, непосредственно влияющие на программно-аппаратное обеспечение тактического тренажера [16]. Идентификация системных событий произведена на основании «прецедентов» практического занятия в тренажерном классе, представленных в модели основных прецедентов на рис. 3, и реализована в диаграммах последовательности UML. В качестве примера на рис. 4 отображены системные события успешного сценария прецедента «Организация практического занятия». Из рисунка видно, что генераторами системных событий являются преподаватель и обучаемые курсанты. Такая же закономерность прослеживается и на других диаграммах последовательности, отображающих различные сценарии приведенных прецедентов и подтверждающих границы, показанные на рис. 2.

4. Представление подходов к определению основных критериев и требований для последующей их реализации в моделях архитектуры системы интерактивного обучения. Результативность является главным требованием к ИСИО: система должна давать результат, значимый для учебного процесса вуза.

Для определения функциональных требований предлагается использовать модель прецедентов (см. рис. 3). В данной работе рассмотрено описание нетривиальных требований, которые на первый взгляд можно причислить к простым требованиям, но при системном подходе оказываются в группе риска. Артефакты, выражающие основные требования к системе, ссылаются на модели унифицированного процесса или представляются в форме структур языка UML.

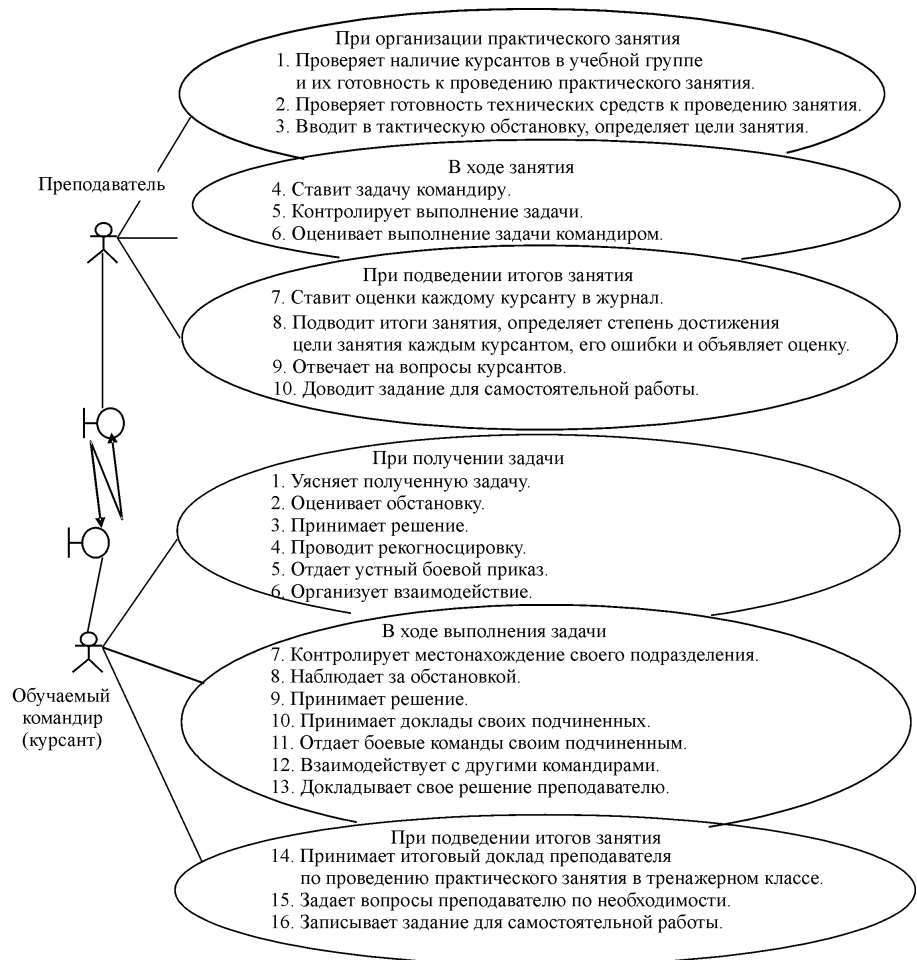


Рис. 3. Модель основных прецедентов при проведении практического занятия в тренажерном классе

На рис. 4 представлена диаграмма последовательности УП, соответствующая успешному сценарию организации практического занятия преподавателем.

В качестве подхода к оценке соперничества между преподавателем и курсантом предлагается использовать теорию игр и уравнения Ланчестера [17]. Тактические учебные эпизоды практического занятия можно описать системой дифференциальных уравнений динамики учебного боя:

$$\begin{cases} dr(t)/dt = -Mb(t); \\ db(t)/dt = -Nr(t), \end{cases} \quad (1)$$

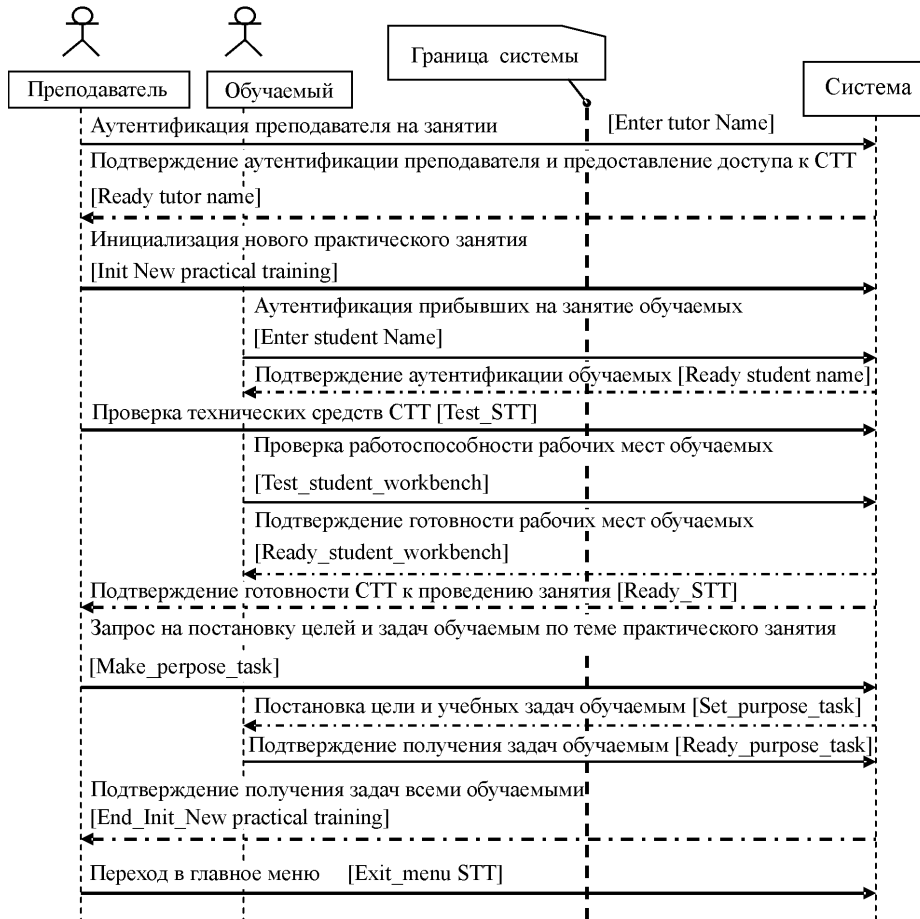


Рис. 4. Диаграмма последовательности и системные события успешного сценария прецедента «Организация практического занятия»

где $r(t)$ и $b(t)$ – количество противоборствующих сил во время t ; M и N ($0 \leq N, M \leq 1$) – эффективность каждой из сторон учебного боя. Проинтегрировав (1), получим выражение

$$\frac{M}{N}(b^2(t) - B^2) = r^2(t) - R^2, \quad (2)$$

где B и R – начальное количество противоборствующих сил учебного тактического эпизода.

Для успешного выполнения учебного эпизода курсанту необходимо победить к некоторому моменту времени T , когда $b(t) = 0$ и $r(t) > 0$.

Перепишем уравнение (2) с $t = T$ и, решая его относительно $r^2(t)$, найдем

$$R^2 - \frac{M}{N} B^2 = r^2(T) > 0. \quad (3)$$

Отсюда

$$M/N > (R/B)^2. \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает современный бой, когда потери находятся в квадратичной зависимости от эффективности противоборствующих сторон.

В свою очередь, знание можно представить как компонент эффективности сторон

$$M = P(d)P(k/d),$$

где $P(d)$ – вероятность обнаружения цели (это знания курсанта, полученные от своих подчиненных); $P(k/d)$ – вероятность нанесения потерь противнику при условии обнаружения цели; k – эффективность выбранной курсантом системы оружия для учебного уничтожения цели.

Обозначим возможности обнаружения целей противника через $P_b(d) = d_b$ и $P_r(d) = d_r$ как вероятности обнаружения целей противоборствующими сторонами, а возможности нанести противнику потери через $P_b(k/d) = e_b$ и $P_r(k/d) = e_r$. Выразим эффективность сторон через определенные выше возможности $N = d_r e_r$ и $M = d_b e_b$. В боевом цикле максимальное количество столкновений, доступное курсанту, определяется его информированностью, которая представляется функцией, напрямую зависящей от количества знаний курсанта $c_r = f(K_r, b(t))$ и противника $c_b = g(K_b, r(t))$, где K_r и K_b – знания противоборствующих сторон. Введем коэффициент относительных знаний противоборствующих сторон:

$$\Gamma = K_b/K_r. \quad (5)$$

Если $\Gamma < 1$, курсант успешно решает учебную задачу, если $\Gamma = 1$, обучаемый имеет адекватные знания для решения учебной задачи и, если $\Gamma > 1$, он не способен решить учебную задачу.

Одного перевеса знаний недостаточно для успешного решения учебной задачи общевойскового боя, командир должен своевременно отдавать соответствующие команды. Для определения критерия оценки действий обучаемого командира предлагается использовать боевую эффективность D командира, которую можно представить следующим выражением:

$$D = \Gamma A. \quad (6)$$

Здесь A – быстрота и качество отданных командиром своевременных команд.

Будем оценивать способность курсанта к обнаружению целей противника с помощью выражения

$$P_r(d) = d_r,$$

где относительные знания можно выразить как $\Gamma = d_b/d_r$. Например, если $d_b = 0,2$, $d_r = 0,1$, то $\Gamma = 2$, что соответствует преимуществу информационных знаний противника перед знаниями курсанта. Но, как часто бывает, отсутствие информации компенсируют интуиция и «его величество случай». Выражение (6) может претендовать на описание такой случайной зависимости в первом приближении. Дальнейшее совершенствование математической модели учебного боя должно идти путем учета большого числа факторов, влияющих на ход боя, что позволит получить более точные методы измерения динамики боя и навыков работы будущих командиров.

Для реализации критерия оценки действий обучаемого командира предлагается использовать алгоритм оценки механизма целеобразования у курсанта.

Из группы прецедентов, осуществляемых курсантом «в ходе выполнения задачи», требуют детального описания «варианты использования», где обучаемый: контролирует местонахождение своего подразделения, наблюдает за обстановкой, принимает решение, принимает доклады своих подчиненных, отдает боевые команды подчиненным, докладывает свое решение преподавателю. Все вышеперечисленные прецеденты напрямую влияют на приобретение навыков управления подразделением в бою.

Для оценки практических знаний, т. е. навыков обучаемого командира по тактике, могут служить: теория игр, теория речевых актов и теория рационального агентства BDI [17, 18, 19].

Можно предположить, что обучение представляет собой процесс накопления, при котором курсант учится экономить время, применяя используемую им стратегию к меньшему числу несущественных признаков, синтезировать новые признаки и изменять стратегии. Навык может формироваться в результате эволюции или накопления опыта «настройки» сенсомоторной координат, как, например, при вождении автомобиля [18]. Курсант, взаимодействуя с внутренней средой тактического тренажера и добиваясь от нее желаемых результатов, подсознательно строит в своем воображении модель внешней среды, частью которой является модель тактической обстановки. Для нормальной работы обучаемому потребуется изменять эту модель, включая в нее ранее неучтенные аспекты среды, которые, например, стали существенными лишь в последнее время. Курсант пользуется моделью внешней среды для того, чтобы спланировать свое поведение. Так как напрямую «заглянуть» в кору головного мозга обучаемого и просмотреть представление модели внешней среды, чтобы оценить его знания, невозможно, то методом опроса можно проконтролировать кратковременную модель (КМ) памяти внешнего мира как одну из внутренних моделей, описывающих текущее «окружение» при выполнении учебной задачи. Акт восприятия курсантом тактической обстановки можно сравнить с использованием сенсорной информации для ассоциирующего доступа к фактам знаний в долговременной модели (ДМ) памяти или их коррекции через КМ методом проб и ошибок [18]. Необходимо помнить, что основная деятельность обучаемого заключается в воздействии на внутреннюю среду тактического тренажера с целью получения желаемой входной информации, которая позволила бы скорректировать его текущую КМ в результате предпочтения одних фактов другим, а также скорректировать ДМ путем исправления и добавления совершенно новых фактов. Метод опроса КМ курсанта предлагается реализовать в модели агентов-помощников, входящих в учебную организацию в виде МАС.

Из вышеперечисленных подходов к определению основных критериев и требований для последующей их реализации в моделях, описывающих архитектуру системы интерактивного обучения, вырисовываются цель и задачи модели АП курсанта. Цель интеллектуального АП можно определить как помощь курсанту в работе на тактическом тренажере.

Первой решаемой задачей интеллектуального АП курсанта в ходе совместной работы на практическом занятии на тактическом тренажере должна быть реализация способности перехватывать сообщения, отправляемые курсантом, и извлекать из них намерения по текущей тактической обстановке.

Это АП может делать постепенно, повышая свою эффективность, поскольку будет изучать интересы, привычки и предпочтения пользователя.

Второй решаемой задачей интеллектуального АП курсанта можно считать анализ извлеченных намерений обучаемого и определение его текущих знаний по данному тактическому эпизоду, т. е. содержание его КМ. Проще говоря, АП курсанта должен по запросу АП преподавателя уведомлять о значениях интенциональных характеристик курсанта как за текущий учебный тактический эпизод, так и за занятие и за курс занятий в целом. Для того чтобы помочь курсанту, АП должен знать:

1. Что курсант делает?
2. Что курсант намеревается делать?
3. В чем курсант, возможно, будет нуждаться и что курсант желает сделать позже? [19].

В терминах теории BDI вышеперечисленные вопросы можно преобразовать так:

1. Намерения курсанта в данный момент. (Ответ может быть получен путем записи намерения в сообщениях, посланных курсантом к другим объектам или АП.)

2. Из сообщений АП определяет текущие намерения курсанта.

3. АП должен оценить желания курсанта. (Эти оценки могут быть сформированы из повторения намерения курсанта.)

Интуиция подсказывает, что намерения передают уровень информированности курсанта. Однако требуются знания, как этим воспользоваться с помощью теории рационального агентства BDI.

Кроме того, с помощью теории BDI и модальной логики из намерений курсанта можно вывести его психологическое состояние, убеждения и желания. Например, в модели BDI могут присутствовать предположения о взаимосвязях между знаниями, желаниями и намерениями агентов, которые могли бы соответствовать рациональным агентам:

$$(\text{Int cadet attack}) \Rightarrow (\text{Bel cadet attack}), \quad (7)$$

$$(\text{Int cadet attack}) \Rightarrow (\text{Des cadet attack}). \quad (8)$$

Формула (7) называется связанностью знания и намерения, из которой следует, что курсант верит в то, что он намеревается атаковать. Формула (8) называется связанностью веры и желания, из которой следует, что курсант желает атаковать. Оба выражения могут использоваться, чтобы вывести другие интенциональные состояния из зафиксированных намерений [19].

АП рассматривает намерения своего курсанта в соответствии со следующими предположениями:

$$(\text{Int cadet attack}) \Rightarrow (\text{Bel ap} (\text{Int cadet attack})), \quad (9)$$

$$(\text{Int cadet attack}) \Rightarrow (\text{Bel ap attack}), \quad (10)$$

где *ap* – агент-помощник курсанта.

Формула (9) содержит информацию о том, что если курсант имеет намерение наступать, то АП должен верить, что курсант имеет намерение наступать. Формула (10) делает несколько более сильное предположение: если

курсант имеет намерение наступать, то АП должен верить в его намерение наступать.

Наконец, мы определим АП как структуру, которую можно выразить следующим образом:

$$\text{АП} \equiv \langle m^s, m^r, m^{rel}, F, B_0, I_0, D_0 \rangle,$$

где m^s, m^r, m^{rel} – наборы сообщений, с которыми АП должен работать, а именно посылать, принимать и вести наблюдение для выделения из них важных. Три набора определяют непосредственное предназначение АП: m^s, m^r помогают в обмене сообщениями, m^{rel} содержит важные из них. B_0, I_0 и D_0 – начальные убеждения, намерения и желания соответственно, которые АП приобретает в тестовом общении с курсантом перед началом работы. F – набор функций, которые включают функцию пересмотра и обновления убеждений АП, генератор вариантов, опций для сообщений и т. д. [19].

5. Представление подхода к описанию модели архитектуры интеллектуального агента помощника курсанта. Инициализацию действия АП можно разделить на три этапа. На первом этапе происходит сопоставление внутреннего состояния АП с внешней ситуацией. На втором этапе в интеллекте АП происходит обработка поступившей информации с целью запустить третий этап – наиболее подходящее поведение с учетом текущих обстоятельств и прошлого опыта. Обработка информации АП должна выполняться и автоматически (реактивно в виде рефлекторных реакций), и осознано при принятии решения по тактической обстановке на практическом занятии. К рефлекторным реакциям можно отнести действия, совершаемые АП в ответ на воздействия со стороны среды тактического тренажера в форме простых сообщений. В таких сообщениях передаются команды типа: «строиться», «В линию машин, марш», «В укрытие», «Огонь» и т. п. Задача агента состоит в ретрансляции полученной команды или сигнала в команду для своего взвода, которым командует курсант, или преобразовании доклада в команду, например «Взвод, в укрытие».

Осознанное решение АП по тактической обстановке о совершении действия должно приниматься в ответ на воздействия со стороны среды тактического тренажера с помощью сложных сообщений, таких как “1-му МСВ (мотострелковый взвод) наступать в направлении «подбитый вертолет – перекресток дорог»”. Задача агента состоит в подготовке обдуманного решения в виде “1-му и 2-му МСО (мотострелковое отделение) наступать в направлении «подбитый вертолет – перекресток дорог»”, “3-му обойти слева и с рубежа «перекресток дорог – угол рощи Светлая» и уничтожить танк противника». Такая интерпретация позволит начать обучение курсантов с низкого уровня знаний по тактике общевойскового боя и не уделять излишнего внимания второстепенным вопросам.

Из вышеизложенного следует, что модель архитектуры АП должна удовлетворять двум противоположным требованиям: быть реактивной и думающей. По общей классификации, принятой в современной теории интеллектуальных агентов [19], АП курсанта должен сочетать в себе реактивного и думающего агента. В то же время просто реактивные агенты имеют ограниченную область применения, а думающие агенты непослушны и реже применяются в чистом виде, чем реактивные. Способ решения этой проблемы

состоит в том, чтобы объединить различные архитектуры агента для преодоления недостатков каждой определенной архитектуры.

За основу архитектуры АП курсанта предлагается взять комбинацию из многоуровневых архитектур [20, 21]:

- горизонтальной типа Touring Machine,
- вертикальной в два прохода типа InteRRaP,
- башенной типа Triple-Tower,
- типа Sloman's CogAff.

В вертикальной многоуровневой архитектуре информационный поток поступает от нижнего до наиболее высокого уровня, а команды управления – от наиболее высокого к самому нижнему уровню. В двухпроходной вертикальной многоуровневой архитектуре число взаимодействий между уровнями определяется как число связей $n - 1$ между n уровнями, где каждый уровень предоставляет m действий, тогда число взаимодействий между уровнями равно $m^2(n - 1)$ [21]. Это намного проще, чем в горизонтальной многоуровневой архитектуре. Чтобы принять решение для вертикальной многоуровневой архитектуры, информационный поток управления должен пройти через каждый уровень. Отказ на любом уровне, вероятно, будет иметь серьезные последствия для работы агента. Для предотвращения такой ситуации вводится основной горизонтальный уровень, как в башенной архитектуре типа Triple-Tower, который обеспечивает разрешение возникающей проблемы при превышении нормативного времени t . На рис. 5 представлена предметная модель архитектуры АП курсанта.

Структура агента-помощника должна поддерживать работу КМ внешнего мира для последующего принятия решения об учебной ситуации тактического эпизода. Агент-помощник как интеллектуальный агент имеет ментальное состояние, которое характеризуется подмножеством интенциональных характеристик: убеждением, желанием и намерением достичь цели. Агент-помощник должен быть рациональным, а его действия интенционально обусловленными и направленными на достижение поставленной цели [22].

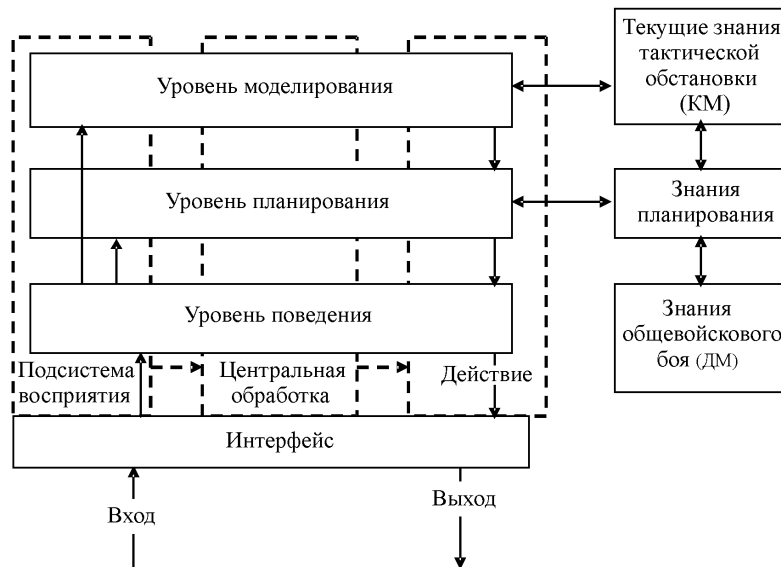


Рис. 5. Многоуровневая гибридная смешанная архитектура АП курсанта

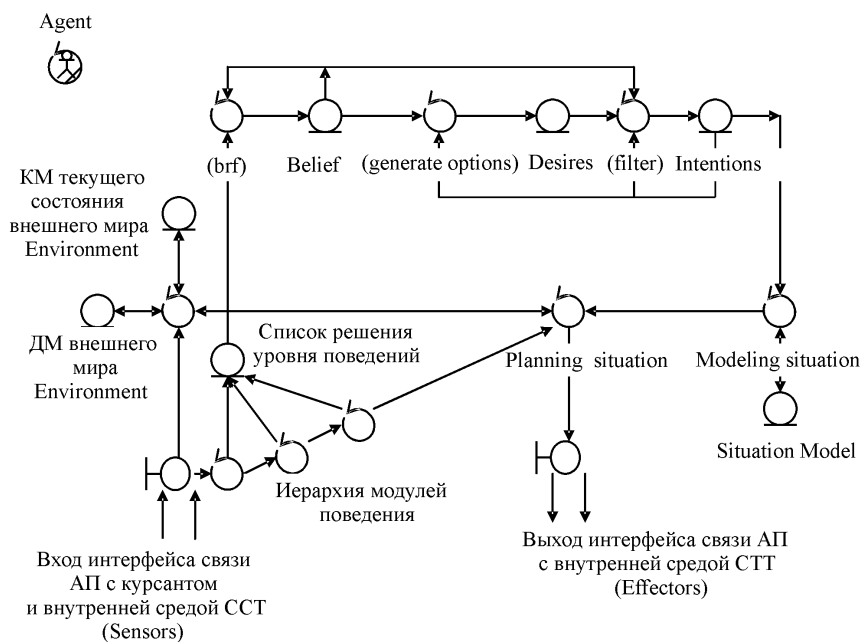


Рис. 6. UML-модель анализа структуры АП курсанта на основе многоуровневой гибридной смешанной архитектуры

На рис. 6 представлена модель анализа структуры АП курсанта, построенная на базе многоуровневой гибридной смешанной архитектуры. Она разработана на основе модели предметной области, приведенной на рис. 5. С ее помощью можно представить основные концептуальные классы АП. Реализация вариантов использования курсантом «в ходе выполнения задачи» (см. рис. 3) осуществлена методом трассирования прецедента в концептуальные классы модели анализа.

Уровень поведения АП поддержан классами иерархии модулей поведения, формирующими действия в ответ на сообщение или событие ССТ в виде выбора модуля поведения – конечного автомата, где более высокий уровень модуля поддерживает действия более абстрактного поведения. Модуль из иерархии поведения в основном отвечает за обработку простых сообщений, к которым можно отнести односложные приказы и доклады.

Список принятых решений уровня поведения в виде последовательности предложений, главным из которых является сообщение или событие, вызвавшее работу уровня поведения, поступает на вход верхнего уровня моделирования и тем самым инициирует его работу. Уровень моделирования, поддержанный классами, которые формируют архитектуру рассуждения BDI, рассмотрен в работе [21].

Решение, полученное на основе рассуждения в ответ на сложное сообщение или событие, должно обрабатываться в подпрограмме моделирования ситуации, которая поддержана классами моделирования ситуации и моделью ситуации. Результаты моделирования сохраняются в переменных объекта класса модели ситуации. Объекты классов уровня планирования с помощью своих методов сравнивают состояние текущего мира, отраженное в значениях переменных объекта класса КМ, с результатами моделирования

ситуации, содержащимися в переменных объекта класса модели ситуации. Если результаты моделирования ситуации удовлетворяют желанию АП курсанта, решение принимается, если нет, то запускается следующая итерация уровня поведения. В качестве подхода к реализации уровня планирования предлагается использовать технологию нейронных сетей, способных анализировать и классифицировать большое количество входных данных. Полученное таким образом решение отправляется курсанту.

Запланирована аналогичная реализация АП преподавателя и интеллектуальных агентов в моделях виртуальных командиров подразделений.

Заключение. Изложенные в работе подходы к реализации дружественного интерфейса на основе МАС позволят снизить психологическую нагрузку и растормозить курсантов в ходе проведения практического занятия на тактическом тренажере. Это возможно, как было отмечено выше, с помощью персональных АП курсантов, входящих в дружественный интерфейс.

Использование интеллектуальных агентов позволяет курсанту напрямую советоваться со своим АП, что поможет преподавателю глубже изучить проблемы обучаемого.

Адаптивное изменение уровня оказания помощи курсанту от занятия к занятию в зависимости от его индивидуальной подготовки будет способствовать приобретению навыков управления общевоинским подразделением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шидло Г. М.** Исследование дидактических возможностей информационных технологий в педагогическом эксперименте // Сб. науч. тр. Новосибирск: Изд. НВИ, 2003. Вып. 12. С. 124.
2. **Шидло Г. М.** Использование аппарата теории нечетких множеств для реализации алгоритма оценки обучаемого // Междунар. науч.-техн. конф. «Информационные системы и технологии». Новосибирск: Изд. НГТУ, 2003. С. 79.
3. **Nash T.** Small arms training technologies, capabilities & programs // Military Training & Simulation News. 2000. 2, Issue 1. P. 17.
4. **Шидло Г. М.** Оценка практического занятия в тренажерном классе // Материалы науч. конф. Новосибирского военного института. Новосибирск: Изд. НВИ, 2004. С. 1.
5. **Шидло Г. М.** Видение практического занятия и варианты его использования в тренажерном классе // Сб. науч. тр. Новосибирск: Изд. НВИ, 2005. Вып. 13. С. 87.
6. **Shidlo G. M. Zolotukhin Yu. N.** Usage of distributed artificial intelligence for simulation of intellectual groups' actions // Proc. of the IASTED Intern. Conf. "Automation, Control, and Information Technology (ACIT'2005)". Anaheim – Calgary – Zurich: ACTA Press, 2005. P. 265.
7. www.marcush.net/IRS/irs_downloads.html (Vidal J. M. Reasoning Agents. 2005).
8. <http://jmvidal.ece.sc.edu> (Vidal J. M., Buhler P. A Generic Agent Architecture for Multi-agent Systems (CSCE TR-2002-011). University of South Carolina).
9. <http://www.agentfactory.com/people/gohare/home/comp4019> (Multi-Agent Systems (MAS) & Distributed Artificial Intelligence (DAI)).
10. <http://www.rational.net> (Rational Unified Process®. Rational Software Corporation).
11. **Крачтен Ф.** Введение в Rational Unified Process. С.-Пб.: Вильямс, 2002.

12. **Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж.** Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. М.: Питер, 2002.
13. **Саймон Г.** Науки об искусственном. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
14. **Газе-Рапопорт М., Поспелов Д.** От амебы до робота. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
15. **Буч Г.** Объектно-ориентированный анализ и проектирование. М.: Изд-во Бином, 1998.
16. **Ларман К.** Применение UML и шаблонов проектирования. М.: Вильямс, 2002.
17. **Darilek W., Perry J., Bracken J. et al.** Measures of Effectiveness for the Information-Age Army. Nate Book Network, 2000.
18. **Арбиб М. А.** Метафорический мозг. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
19. **Song I.** Designing a Message Handling Assistant Using the BDI Theory and Speech Act Theory. Australia: Griffith University, 2003.
20. **Meyer J.-J.** Intelligent Agents // www.cs.uu.nl/docs/vakken/iag/IntellAgents.04.83-105.pdf
21. **Wooldridge M.** Intelligent Agents /Ed. G. Weiss. The MIT Press, 1999. P. 3.
22. **Тарасов В. Б.** От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М.: Эдиториал УРСС, 2002.

Поступила в редакцию 11 мая 2006 г.