

УДК 004.89

В.Г. ШерстюкХерсонский национальный технический университет МОН Украины, г. Херсон
73008, г. Херсон, Бериславское шоссе, 24

Сценарно-прецедентная модель тренажерно-обучающей интеллектуальной системы

V.G. Sherstyuk*Kherson National Technical University of Education of Ukraine, Kherson
73008, Kherson, Berislavsky Highway, 24*

Scenario-Case Model for Intelligent Training System

В.Г. ШерстюкХерсонський національний технічний університет МОН України, м. Херсон
73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24

Сценарно-прецедентна модель навчально-тренажерної інтелектуальної системи

В статье рассматриваются особенности реализации индивидуальных траекторий обучения в тренажерно-обучающих интеллектуальных системах на основе сценарно-прецедентного подхода. Формализованы понятия проблемной ситуации, плана, сценария, воздействия; показаны уровни иерархии прецедентов. Представлены основные этапы процесса обучения на основе заданных критериев и ограничений.

Ключевые слова: тренажерно-обучающие интеллектуальные системы, сценарно-прецедентный подход, индивидуальные траектории.

This article considers peculiarities of the individual learning paths in the intelligent training systems based on scenario-case approach. The concept of a problem situation, plan, script, effects are formalized, the case hierarchy levels are shown. The main stages of the learning process based on criteria and constraints sets are discussed.

Key words: the intelligent training systems, scenario-case approach, the individual learning.

У статті розглядаються особливості реалізації індивідуальних траєкторій навчання у тренажерно-навчальних інтелектуальних системах на основі сценарно-прецедентного підходу. Формалізовано поняття проблемної ситуації, плану, сценарію, впливу, показано рівні ієрархії прецедентів. Представлені основні етапи процесу навчання на основі заданих критеріїв та обмежень.

Ключові слова: тренажерно-навчальні інтелектуальні системи, сценарно-прецедентний підхід, індивідуальні траєкторії.

Введение

Во многих областях деятельности человека зачастую складываются информационно сложные ситуации [1], характеризующиеся неполнотой и неточностью исходной информации, значительным объемом вычислений и существенными ограничениями во времени для ЛПП. Формализация процедур принятия решений в информационно сложных ситуациях зачастую невозможна, поскольку выбор решения ЛПП в значительной степени связан с наличием у него соответствующих опыта и навыков, которые могут быть получены либо в реальных условиях работы, либо путем специальной (тренажерной) подготовки. Поскольку первый вариант может быть связан со значительными затратами и рисками, предпочтение часто отдают тренажерной подготовке ЛПП.

В современных условиях наблюдается противоречие между растущими требованиями к квалификации специалистов и быстрым старением знаний, умений и навыков в результате интенсивного развития технологий и значительного увеличения объема необходимых специальных знаний, что стимулирует активное исследование технологий тренажерного обучения. Очевидно, что разрешить указанное противоречие возможно, используя современные достижения в области искусственного интеллекта.

Одним из актуальных направлений является использование интеллектуальных обучающих систем (ИОС) [2], обеспечивающих:

- создание и своевременную корректировку модели обучаемого;
- динамически адаптируемую подачу обучающего материала;
- контекстную помощь на уровне подсказок, примеров или объяснений;
- эффективные модели группового и совместного обучения.

В частности, ИОС позволяют строить индивидуальные траектории тренажерной подготовки, в наибольшей степени удовлетворяющие целям и задачам обучения. На основе индивидуальных траекторий может выполняться «узкая специализация», а цели обучения могут адаптироваться к индивидуальным качествам обучаемого и могут активно изменяться в процессе обучения.

Рассмотрим вопросы построения модели ИОС, предназначенной для совершенствования навыков ЛПР в трудноформализуемых предметных областях.

Анализ известных публикаций

Обзор современных ИОС различных классов представлен в работах [2-4].

Принято выделять классы информационно-справочных, консультирующих, интеллектуально-тренирующих (экспертно-тренирующих), управляющих и сопровождающих ИОС [5]. Рассматриваемые в данной работе системы могут быть классифицированы как интеллектуально-тренирующие, поэтому в дальнейшем изложении ограничимся ИОС указанного класса.

Основу современной ИОС составляют: модель предметной области (МПО), модель обучаемого, модель процесса обучения и модель контроля результатов [6].

Пока не будет достигнута заданная цель обучения, ИОС на основании текущего состояния модели обучаемого отбирает и предоставляет ему очередной фрагмент обучающей информации из МПО, затем осуществляет контроль усвоения данного фрагмента и на основании результатов контроля корректирует модель обучаемого и модель процесса обучения.

Последовательность фрагментов обучающей информации может формироваться планомерно (по заданному плану обучения), либо реактивно (по результатам контроля). Существуют ИОС с активным и пассивным построением последовательностей [7].

Активное построение последовательности (ИОС ELM-ART-II, ART-Web, AST, ADI и др.) подразумевает наличие явных целей обучения, которые задаются в виде множеств необходимых и достаточных компетенций (знаний и умений).

Пассивное (коррективное) построение последовательности (ИОС InterBook, VC Prolog Tutor, Remedial и др.) – технология с обратной связью, без явно заданной цели обучения. Обратной связью, обновляющей модель обучаемого, обычно является интеллектуальный анализатор ответов обучаемого (ИОС PROUST).

Существуют также ИОС (ELM-ART-II, AlgeBrain), позволяющие научить решению новых задач, предлагая примеры успешного решения схожих задач.

В общем случае, структура знаний, которую использует МПО ИОС, и способ построения последовательности в значительной мере определяет ее структурные и архитектурные особенности [3].

Рассматриваемый класс интеллектуальных тренажерно-обучающих систем (ИТОС) существенно отличается от иных классов ИОС. Так, ИТОС сориентированы на формирование системы умений и навыков, связанных с решением практических задач в заданной предметной области, априорно подразумевая наличие у обучаемого достаточного уровня знаний, в то время как ИОС других классов формируют систему компетенций именно в виде знаний. Следовательно, в ИТОС невозможно использовать имеющийся обширный теоретико-методологический задел ИОС.

Цель данной работы состоит в обосновании подхода и формировании модели интеллектуальных тренажерно-обучающих систем.

Ограничимся рассмотрением ИТОС с целенаправленным обучением, для которых характерно априорное планирование траектории обучения с последующей ее корректировкой по результатам обучения и модели обучаемого.

В [3] предложено задачу обучения решать как задачу управления, где обучаемый выполняет функции объекта управления, а ИТОС – устройства управления. Соответственно, задача ИТОС может быть сведена к синтезу оптимальных управляющих воздействий на объект управления.

Рассмотрим особенности тренажерно-обучающих систем, исходя из [3], [8].

Сценарно-прецедентный подход к задаче обучения

Многими специалистами отмечается повторяемость действий ЛПР на уровне достигнутых навыков в аналогичных (типовых) сложившихся ситуациях [9], что позволяет использовать для обучения *стереотипы* решения различных задач предметной области. Как правило, повторяемость действий обусловлена наличием нормативных регуляторов и сложившихся стереотипов решений ЛПР.

Например, у ЛПР, управляющих транспортными объектами, известен стереотип уклонения «помеха справа – отворот влево» (рис. 1).

Прототип решения, соответствующий стереотипной ситуации, как правило, содержит последовательность (сценарий) применения ЛПР конкретных операций для решения поставленных задач (как в реальных условиях предметной области, так и в процессе обучения с помощью ИТОС).

На рис. 1 в момент времени t_1 ЛПР объекта A_0 уклоняется от запланированной траектории, уклоняясь от опасно движущегося объекта A_1 . Маневр уклонения влево составляет *прототип* решения ЛПР, состоящий из трех последовательных операций управления – повороты влево, вправо, снова влево. В зависимости от используемых ЛПР *параметров* операций, возможны различные варианты изменения траектории – на рис. 1 показаны три ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$) из множества допустимых скорректированных траекторий при различных установках органов управления (угла поворота).

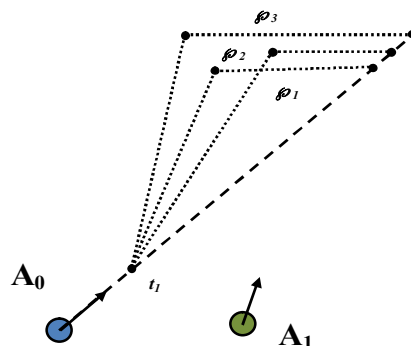


Рисунок 1 – Стереотип уклонения от помехи справа

Прототип содержит последовательность (*сценарий*) применения операций для достижения необходимого результата решения задачи в предметной области. *Конкретизация* прототипа подставляет определенные значения параметров в сценарий, что необходимо для формирования воздействий на объект. Различные конкретизации одного и того же прототипа представляют собой различные решения задачи, имеющие таким образом и различные уровни соответствия некоторому заданному (эталонному) решению.

На сценарий решения задачи могут быть наложены явные и неявные *ограничения* (рис. 2): установок органов управления (задан максимально допустимый угол поворота α_1 для текущей скорости движения v_1); соблюдения безопасной дистанции маневрирования D_{min} ; сужения пространства маневрирования (L_1) и т.д.

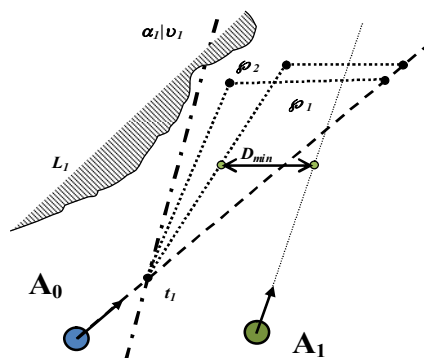


Рисунок 2 – Ограничения прототипа решения задачи

Появление в момент времени t ситуационного возмущения ω_s (на рис. 1 – в виде A_1) создает для ЛПР объекта A_0 *проблемную ситуацию* $s(t) \in \mathbf{S}$, где \mathbf{S} – множество возможных ситуаций предметной области.

Предположим, что ЛПР в проблемной ситуации $s(t)$ может использовать для решения задачи некоторый прототип $e_{s(t)}$ (*прецедент* [10]). Прецедент $e_{s(t)}$ содержит решение $r_{s(t)}$, представляющее собой *сценарий* $\Sigma_{s(t)}$ компенсации ситуационного возмущения ω_s . При множественных ситуационных возмущениях решение $s(t)$ может принимать вид последовательности сценариев (*плана*) решения задачи $\Pi_{s(t)} = [\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]$.

Прецедент $e_{s(t)}$ содержит цель $G_{s(t)} \in \mathbf{S}$. Для каждой проблемной ситуации $s(t)$ возможно существование множества прецедентов $\{e_{s(t)}^1, \dots, e_{s(t)}^n\}$, предоставляющих различные прототипы решений $\{r_{s(t)}^1, \dots, r_{s(t)}^n\}$ для достижения цели $G_{s(t)}$.

Конкретизация прототипа в прецеденте $e_{s(t)}$ в момент времени t требует согласования сценария $\Sigma_{s(t)}$ со множеством наложенных ограничений $B_{s(t)}$ и множеством установленных ЛПР параметров $V_{s(t)}$.

Критерием правильности решения задачи обучаемым в ситуации $s(t)$ является близость принятого им решения $r'_{s(t)}$ эталонному решению $r^i_{s(t)}$ по меньшей мере одного из прецедентов $e^i_{s(t)} \in \mathbf{E}$, где \mathbf{E} – хранилище прецедентов (ХП). Степень близости решений может быть оценена с использованием отношения подобия [10].

Критерием усвоения навыка обучаемым является близость достигнутого результата $g' \in S$ заданной цели $G_{s(t)}$ при выполнении ограничений $B_{s(t)}$.

Так как стереотипы являются базовым элементом приобретения практических умений и навыков решения задач предметной области обучаемым, предлагается в развитие идеи [3], [8] использовать для построения ИТОС сценарно-прецедентный подход [11] со схемой принятия решений «ситуация-план-сценарий-воздействие».

Формирование траектории и контента обучения

Рассмотрим особенности формирования траекторий обучения ИТОС на основе сценарно-прецедентного подхода.

Пусть цель обучения состоит в усвоении умений и навыков решения задач предметной области $TS_k \in TS$, где TS – множество компетенций (т.е. множество задач, для которых обучаемый должен обладать навыками решения).

Каждой задаче TS_k соответствует подмножество $M_{TS_k} = \{M_{TS_k}^1, M_{TS_k}^2, \dots, M_{TS_k}^j\} \subset M$ множества M методов решения задач.

ХП E содержит множество прецедентов $\{e^1, \dots, e^n\} \in E$, сценарии в которых составляют план решения определенной задачи. Таким образом, всякий прецедент $e^i \in E$ ассоциируется с определенным методом решения $M^j \in M$.

Базовым понятием ИТОС является *проблемная ситуация* $s \in S$. Поскольку для всякой проблемной ситуации задана цель $G_s \in S$, от обучаемого требуется решить для s некоторое подмножество задач $s \Rightarrow \{TS_i, \dots, TS_j\}$.

ИТОС представляет обучаемому отображение МПО, создавая для него проблемные ситуации s_j , направленные на освоение определенных методов решения задач. Обучаемый взаимодействует с ИТОС, формируя последовательности управляющих воздействий $[u_1, u_2, \dots, u_m]$ для объекта МПО, изменяя состояние последней и преобразуя s_j в некоторую выходную (результатирующую) ситуацию s_o .

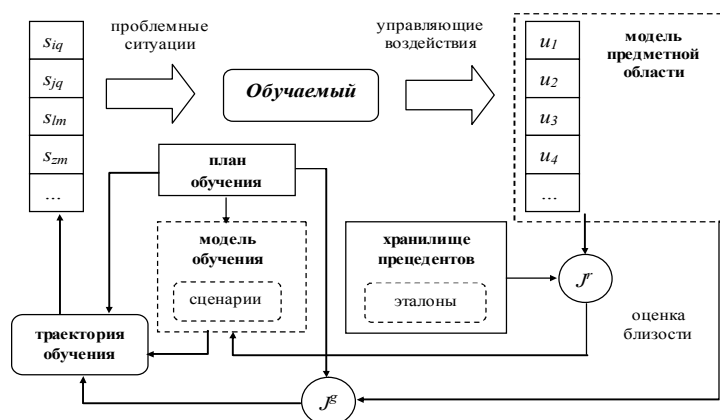


Рисунок 3 – Процесс обучения

Последовательность $[u_1, u_2, \dots, u_m]$ составляет для ИТОС сценарий управляющих воздействий $\Sigma_{s_j}^*$, направленный от обучаемого к МПО.

Траектория обучения Y представляет собой последовательность создаваемых ИТОС проблемных ситуаций, реализующую план обучения: $Y = [s_1, \dots, s_i, \dots, s_m]$, $s_i \in S$.

Траектория Y должна вести обучаемого «от простого к сложному», постепенно расширяя и углубляя его систему умений и навыков.

Пусть курс обучения (тренинга) представляет собой обучающий контент T , содержащий определенным образом структурированную совокупность воздействий, осуществляемых в n этапов, $T = [\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n]$.

Обучающий контент может быть разбит на фрагменты ψ_j различных классов $T = T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_k$: теоретический материал, интерактивные подсказки, примеры, задачи, упражнения и т.д.

Обучающее воздействие γ является совокупностью фрагментов контента различных классов, $\gamma_l = \cup \{\psi_l^i\}$, $l=1..k$, одновременно и совместно предъявляемой обучаемому для изучения и тренировки.

Контролирующее воздействие ξ является совокупностью заданий $\xi_l = \cup \{\psi_l^i\}$, $l=1..k$, правильность выполнения которых свидетельствует о приобретении обучаемым определенного навыка и может быть оценена ИТОС.

ИТОС взаимодействует с обучаемым, формируя для него последовательность обучающих и контролирующих воздействий согласно плану обучения Π .

Соответственно, и оценивание успешности усвоения навыков обучаемым возможно посредством сравнения выполняемых последним действий $\Pi_{s(t)} = [\Sigma_{s(t)}^1, \dots, \Sigma_{s(t)}^m]$ с некоторым заранее подготовленным эталоном.

Функционал $J^g = J(s_o/G_{s_i})$ оценивает степень близости результирующей ситуации s_o заданной целевой G_{s_i} , т.е. является критерием усвоения навыка.

Функционал $J^r = J([u_1, u_2, \dots, u_m] = r'_{s_i} / (\Sigma^j \in \Pi_{s_i} = r^j_{s_i}))$ позволяет оценивать близость сценария решения, выбранного обучаемым, эталонному $\Sigma^j_{s_i}$ на множестве прецедентов $\{e^1_{s_i}, \dots, e^l_{s_i}\} \in E$, релевантном проблемной ситуации s_i . Таким образом, ИТОС с помощью J^r оценивает правильность выбранного обучаемым метода решения.

На каждом этапе обучения ζ_i обучаемый приобретает навыки решения конкретных задач предметной области $TS_k \in TS$, таким образом, целью этапа является освоение методов $M^j_{TS_k} \in M$, $G(\zeta_i) = M^j_{TS_k}$, $\zeta_i \Rightarrow \{TS_k\}$.

В свою очередь, каждая задача TS_k соответствует определенной проблемной ситуации s , где $s \Rightarrow \{TS_i, \dots, TS_k, \dots, TS_m\}$. Соответственно, базовой единицей взаимодействия обучаемого с ИОС является проблемная ситуация.

Всякая проблемная ситуация s может быть ассоциирована с некоторым сценарием Ψ_j обучающих и контролирующих воздействий, направленным на достижение цели одного или нескольких этапов обучения, таким образом, что $\Psi_j = [\gamma_i, \dots, \xi_k, \dots, \gamma_l, \dots, \xi_n]$, $G(\Psi_j) = M^i_{TS_k}$, $s \Rightarrow \{TS_k\}$.

Для закрепления определенных навыков ИТОС может реализовать сценарии обучающих и контролирующих воздействий Ψ , последовательно накладывая дополнительные ограничения $B_\Psi \in Bound$ и варьируя параметрами проблемных ситуаций $V_m \in Var$

в отображаемой МПО. Для проблемных ситуаций s_k , относящихся к одному стереотипу решений, но различающихся параметрами, необходимы соответствующие изменения сценариев управляющих воздействий Σ_k , реализуемых обучаемым для решения задач $s_i \Rightarrow \{\dots TS_k \dots\}$.

Формализация планов и сценариев

Решения прецедентов включают планы, сценарии и операции (действия) [12]. Зададим шкалу времени T и выберем язык представления знаний Λ .

Определение 1. Операцией a называется неделимое воздействие, изменяющее определенный параметр объекта модели предметной области:

$$a = \langle u_a, \delta_a, t_a, \tau_a, PreC_a, PostC_a \rangle, \quad (1)$$

где u_a – изменяемый параметр;

δ_a – относительное изменение параметра;

t_a – время начала изменения параметра;

τ_a – длительность изменения параметра;

$PreC_a$ – предусловие выполнения операции;

$PostC_a$ – постусловие выполнения операции.

Всякая операция a привязывается к временной шкале T в точке запуска t_a , а учет длительности ее выполнения τ_a позволяет адекватно отображать в модели предметной области временные отношения (рис. 4).

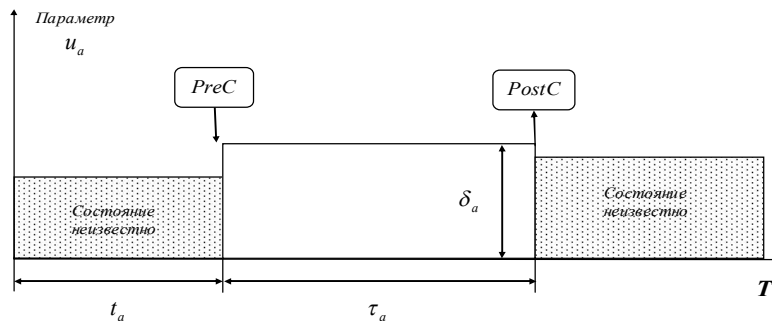


Рисунок 4 – Представление операции a

Предусловие $PreC_a$ отображает условие применимости операции a , представленное в форме выражения $\varphi \in \Lambda$.

Операция a может быть выполнена тогда и только тогда, когда текущая ситуация $s(t)$ эквивалентна условию выполнения операции $PreC_a$:

$$PreC_a \equiv s(t) . \quad (2)$$

Постусловие $PostC_a$ отображает изменение ситуации в результате выполнения операции a :

$$s(t) \xrightarrow{a} s(t+\tau) = (s(t) \cup PostC_a) . \quad (3)$$

Зададим оператор выполнения операции

$$\gamma_i = \langle a_i, \tau, \mu \rangle, \quad (4)$$

где a_i – операция, выполняемая в исходной ситуации $s(t)$;
 τ – длительность перехода в $s(t + \tau)$;
 μ – оценка уверенности достижения $s(t + \tau)$ при выполнении a_i , такой что $s(t) \xrightarrow{\gamma_i} s(t + \tau)$.

Определение 2. Конечная последовательность операций Σ , составляющая метод решения M_{TS} некоторой задачи TS , называется *сценарием*:

$$\Sigma = \langle k, Cond, Bound, Var, \{(t_w^1, a_1), (t_w^2, a_2), \dots, (t_w^k, a_k)\}, t_\Sigma, Eff \rangle, \quad (5)$$

где k – число выполняемых операций по сценарию;
 $Cond$ – предусловие выполнения сценария, $Cond \in S$;
 Eff – постусловие выполнения сценария, $Eff \in S$;
 t_w^i – время задержки перед выполнением a_i от момента запуска сценария;
 t_Σ – общее время выполнения сценария;
 $Bound$ – множество ограничений, накладываемых на выполнение сценария, $Bound = \{B_1, B_2, \dots, B_l\}$, где $B_l \in \Lambda$;
 Var – множество входных переменных сценария, $Var = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, где каждая V_i составляет пару $(name, value)$.

Выполнение сценария Σ связано с формированием пересекающихся во времени воздействий $\mathcal{U}(A_0) = [u_1, u_2, \dots, u_m]$ на множество органов управления $\Phi(A_0)$ объекта МПО A_0 (рис. 5).

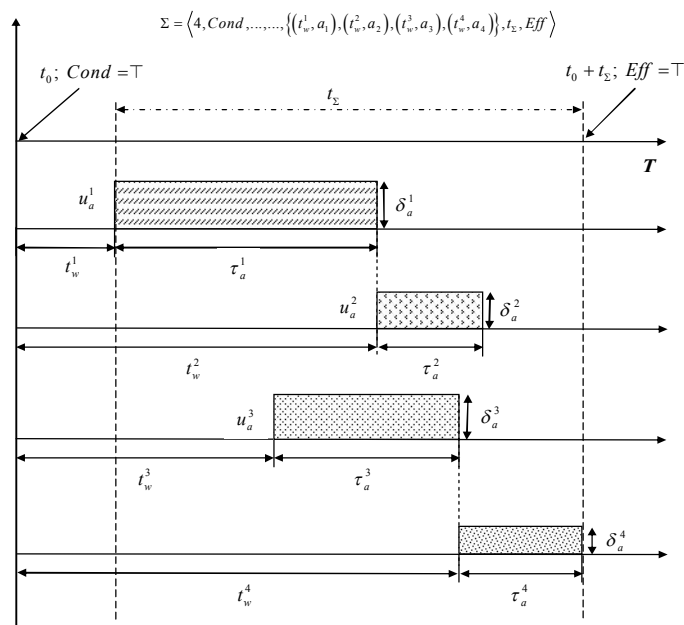


Рисунок 5 – Сценарий управляющих воздействий

Сценарий Σ_j концептуально соответствует методу M_j , который, будучи примененным в проблемной ситуации $s \in S$, даст возможность приблизиться к достижению поставленной цели G_j .

Сценарий включает предусловие $Cond \in \mathbf{S}$ его запуска, а также постусловие $Eff \in \mathbf{S}$, позволяющее при достижении Eff прекратить выполнение сценария. Множества ограничений $Bound$ и входных переменных Var , передаваемые в сценарий при его запуске, позволяют адаптировать представленный сценарием метод решения M_j к условиям контекста проблемной ситуации путем изменения значений параметров операций, последовательности и длительности их выполнения.

Представленная формализация сценариев дает возможность совместного выполнения пересекающихся операций с учетом их протяженности во времени.

Пусть задано множество целей $\Gamma = \{G_1, G_2, \dots, G_q\}$.

Определение 3. Между начальной ситуацией $I \in \mathbf{S}$ и целевой ситуацией $G \in \mathbf{S}$ существует конечная последовательность ρ операторов выполнения γ_i , называемая *путем*:

$$\rho = [\gamma_1, \gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_{G-1}], I \xrightarrow{\gamma_1} s^1 \xrightarrow{\gamma_1} s^2 \xrightarrow{\dots} s^i \xrightarrow{\gamma_i} s^{i+1} \xrightarrow{\dots} s^{G-1} \xrightarrow{\gamma_{G-1}} G. \quad (6)$$

Определение 4. *Планом* Π называется частично упорядоченная последовательность операторов, представляющая путь $\rho_\Pi = [\gamma_1, \gamma_1, \dots, \gamma_i, \dots, \gamma_G]$ достижения целевого состояния $G \in \mathbf{S}$ из заданного начального состояния $I \in \mathbf{S}$.

План Π состоит из тела плана τ , содержащего информацию о последовательности операций, и дескриптора плана Δ , характеризующего условия и результат его выполнения:

$$\Pi = \langle \Delta, \tau \rangle. \quad (7)$$

Наименьшим *элементом* выполнения плана называется активность, представленная оператором γ_i выполнения действия a_i . Элементарным *фрагментом* плана является сценарий Σ_i . Выполнение всякого очередного сценария Σ_i представляет собой *шаг* плана и обозначается h_i .

Определение 5. *Шагом* h_i плана Π называется кортеж вида:

$$h_i(\Pi) = \langle b_i, v_i, \Sigma_i \rangle, \quad (8)$$

где b_i – ограничения, связывающие сценарий Σ_i ;

v_i – значения переменных, передаваемые при запуске в сценарий Σ_i .

Тело плана τ может быть представлено как последовательность шагов h_i следующим образом:

$$\tau = \left\langle n, \left[\begin{array}{c} n \\ \circ \\ i=1 \\ h_i \end{array} \right], \prec_\Sigma \right\rangle, \quad (9)$$

где \prec_Σ – отношение порядка на множестве сценариев $\{\Sigma_1, \dots, \Sigma_n\}$,

\circ – оператор композиции (последовательный (;), параллельный (||), условный (?), итерационный (*)), формирующий последовательности сценариев относительно заданного частичного порядка \prec_Σ .

Дескриптор плана Δ является бинарным отношением вида $\Delta \subseteq \mathbf{S} \times \mathbf{S}$, для которого выполняется ограничение $((s, t), (s', t') \in \Delta \Rightarrow s = s', \forall s, s' \in \mathbf{S})$.

Представленный формализм позволяет адекватно отражать динамику процесса обучения при его планировании.

Иерархия прецедентов

Каждый прецедент $e_i \in \mathbf{E}$ включает в себя описание соответствующей проблемной ситуации s_i , решения r_i и достигнутого результата $g_i = s_j$:

$$e_i = \langle s_i, r_i, g_i \rangle. \quad (10)$$

На нижнем уровне ИТОС каждая проблемная ситуация s_i сопоставляется с прецедентом e_i , $s_i \subset e_i$, а решение прецедента r_i задается как сценарий Σ_{s_i} управляющих воздействий на объект A_0 предметной области, т.е. представляет собой последовательность операций $[a_1, a_2 \dots a_m]$, которые выполняет обучаемый для решения задачи TS_k в проблемной ситуации s_i , причем $s_i \Rightarrow \{\dots TS_k \dots\}$.

Прецедент может иметь множество допустимых (уместных) решений, в том числе приближенных. В ИТОС возможность использования приближенных и неточных решений допускается использованием для представления знаний механизмов нечеткой или приближенной логики.

Определение 6. Супер-прецедентом E_j называется подмножество прецедентов $E_j = \{e_{1j}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{mj}\} \in \mathbf{E}$, таких, что $\exists TS_k \forall (s_{ij} \subset e_{ij}) \mid s_{ij} \Rightarrow \{\dots TS_k \dots\}$.

Супер-прецеденты описывают фрагментарные последовательности проблемных ситуаций, входящих в план этапа обучения ζ_i , такой что $\zeta_i \Rightarrow TS_k$, и могут быть использованы для компенсации расхождений между эталонными решениями прецедентов $e_{ij} \in E_j$ и наблюдаемыми ИТОС действиями обучаемого $[a_1, a_2 \dots a_m]$ (минимизации отклонений от заданной цели обучения).

Определение 7. Мастер-прецедентом \mathcal{E} называется совокупность супер-прецедентов $\mathcal{E} = \{E_k, \dots, E_m\}$, соответствующих плану обучения Π , такому что $G_s \in \mathbf{S}$.

Контекст обучения Ctx определяется параметрами модели обучаемого и достигнутыми им успехами в освоении материала.

На верхнем уровне ИТОС множество супер-прецедентов $\{E_k, \dots, E_m\}$, соответствующих некоторому текущему контексту обучения Ctx , представляет мастер-прецедент \mathcal{E} . Решение мастер-прецедента является суперпозицией решений отдельных прецедентов $r_{\mathcal{E}} = r_{ij} \circ \dots \circ r_{lm} \mid \forall e_{ij}, \dots, e_{lm} \ e_{ij} \in E_j, e_{lm} \in E_m; E_j, \dots, E_m \in \mathcal{E}$.

Мастер-прецедент может включать множество альтернативных совокупностей супер-прецедентов, каждая из которых ассоциирована с определенными параметрами контекста Ctx . Решение $r_{\mathcal{E}}$ составляет предполагаемую индивидуальную траекторию обучения Υ .

Непосредственно в процессе обучения изменение параметров модели обучаемого и достижение им определенных успехов в приобретении навыков изменяют контекст Ctx , сужая множество допустимых решений и позволяя на каждом этапе ζ_i работы ИТОС выбирать определенную проблемную ситуацию s_i , ведущую к достижению поставленной цели обучения G .

План обучения Π включает описание целей $\Gamma = \{G_1, G_2, \dots, G_q\}$ и альтернативных сценариев Ψ_{jq} их достижения, при этом множество целей сценариев g_{jq} соотносится с покрывающим множеством достигнутых результатов $\{Res_{jq}\}$ как $\{Res_{jq}\} \subseteq g_{jq}$.

Сценарий Ψ_{jq} обучающих и контролирующих воздействий ИТОС может рассматриваться как кортеж, состоящий из текущего состояния контекста обучения Ctx_t , целевого состояния g_{jq} и множества элементарных проблемных ситуаций $[s_{ij}, s_{ik} \dots s_{iz}]$, направленных на достижение целевого состояния g_{jq} .

ХП E может рассматриваться как индексированный параметрами контекста обучения массив мастер-прецедентов $\{E[Ctx]\}$, каждый из которых включает иерархию супер-прецедентов $E = \{E_k, \dots, E_m\}$, $E_l = \{e_{al}, \dots, e_{zl}\}$, реализующих траекторию обучения Y . Каждый из имеющихся в ХП мастер-прецедентов E_l , таким образом, включает множество супер-прецедентов, относящихся к различным уровням иерархии и отражающих специфичные сценарии обучения определенным (целевым) фрагментам обучающего контента.

Более того, различные мастер-прецеденты могут включать подмножества одних и тех же супер-прецедентов, поскольку отражают специфику построения сценариев обучения конкретного обучаемого, в зависимости от его психофизиологических качеств, усвояемости, успеваемости, а также от других параметров его модели и контекста обучения в целом. Листьевыми узлами иерархии являются прецеденты $e_{ij} \in E$, непосредственно задающие последовательности проблемных ситуаций $[s_{ij}, s_{ik} \dots s_{iz}]$, предъявляемых обучаемым.

В основу ХП может быть положен формализм правдоподобных древовидных сетей событий [13], при этом элементарное действие обучаемого (операция) может быть сопоставлено с отдельным событием в МПО, а прецедент – с соответствующим потоком событий.

Накопление достаточного количества мастер-прецедентов способствует построению адекватной индивидуальной стратегии обучения для обучаемых, с точки зрения ИТОС классифицируемых в один и тот же класс с другими (предшествующими), для которых известны результаты выполнения (и усвоения) различных сценариев обучения. Корректировка индивидуальной траектории обучения как на верхнем, так и на нижнем уровне ИТОС может быть реализована известными методами адаптации прецедентов.

Выводы

Наличие стереотипов решения задач, целенаправленная технология формирования системы умений и навыков, необходимость корректировки целей обучения в зависимости от параметров модели обучаемого и достигнутых им успехов (системы обратных связей по обучению) обосновывают использование в ИТОС сценарно-прецедентного подхода.

Предложенный подход дает возможность рассматривать задачу обучения как задачу управления. Соответственно, в ИТОС сценарно-прецедентная система может являться преобразователем текущего состояния (успешности) усвоения компетенций (умений и навыков) в сценарий проблемных ситуаций, реализующий индивидуальную траекторию обучения, адаптивную к модели обучаемого.

Использование предложенного подхода в тренажерно-обучающих системах для трудноформализуемых предметных областей позволяет за счет реализации адаптивных индивидуальных траекторий обучения значительно повысить эффективность и качество подготовки специалистов.

Литература

1. Сиек Ю. Принципы синтеза интеллектуальных систем управления морскими динамическими объектами / Ю.Л. Сиек, Соэ Мин Лвин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 448-456.
2. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education / P. Brusilovsky // Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching. *Konstliche Intelligenz*. – 1999. – Vol. 4. – P. 19-25.
3. Карпенко А. Модельное обеспечение автоматизированных обучающих систем. Обзор / А.П. Карпенко // Наука и образование. – 2011. – № 7. – С. 1-63.
4. Рыбина Г. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы / Г.В. Рыбина // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2008. – № 1. – С. 22-46.
5. Горбунов В. Анализ современных требований к оптимальному проектированию автоматизированных обучающих систем и новые методы их создания / В.А. Горбунов, Д.В. Новиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ci.vstu.edu.ru/docum/2.htm>.
6. Брусиловский П. Построение и использование моделей обучаемого в интеллектуальных обучающих системах / П.Л. Брусиловский // Техническая кибернетика. – 1992. – № 5. – С. 97-119.
7. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia / P. Brusilovsky // *User Modeling and User-Adapted Interaction*. – 2001. – Vol. 11. – P. 87-110.
8. Растрин Л. Адаптация сложных систем. Методы и приложения / Растрин Л.А. – Рига : Зинатне, 1981. – 375 с.
9. Smierzchalski R. Intelligent Marine Control Systems / R. Smierzchalski // *Enhanced methods in computer security, biometric and artificial intelligence systems*. – London : Springer-Verlag, 2005. – P. 311-319.
10. Pal S. Foundation of Soft Case-Based Reasoning / S.K. Pal, S.C.K. Shiu. – New Jersey : J. Wiley & Sons, 2004. – 274 p.
11. Шерстюк В. Сценарно-прецедентный подход к управлению динамическими объектами в стесненных навигационных условиях / В.Г. Шерстюк // Искусственный интеллект. – 2011. – № 1. – С. 113-123.
12. Шерстюк В. Сценарно-прецедентный подход к формированию управляющих воздействий в системе управления морского подвижного объекта / В.Г. Шерстюк // Проблемы информационных технологий. – 2009. – № 2(6). – С. 69-77.
13. Шерстюк В.Г. Использование деревьев событий для представления знаний в динамических прецедентных интеллектуальных системах / В.Г. Шерстюк // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2011. – № 2(41). – С. 306-317.

Literatura

1. Siek Ju.L. Principy sinteza intelektual'nyh sistem upravljenija morskimi dinamicheskimi ob#ektami / Ju.L. Siek, Soje Min Lvin // *Iskusstvennyj intellekt*. – 2009. – № 4. – P.448-456.
2. Brusilovsky, P. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education / P. Brusilovsky // *Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching. Konstliche Intelligenz*. – 1999. – Vol. 4. – P. 19-25.
3. Karpenko A. Modelnoe obespechenie avtomatizirovannyih obuchayuschih sistem. Obzor / A.P. Karpenko // *Nauka i obrazovanie*. – 2011. – №7. – P.1-63.
4. Ryibina G. Obuchayuschie integrirovannyye ekspertnyie sistemyi: nekotoryie itogi i perspektivy / G.V. Ryibina // *Iskusstvennyiy intellekt i prinyatie resheniy*. – 2008. – № 1. – P.22-46.
5. Gorbunov V. Analiz sovremennyih trebovaniy k optimalnomu proektirovaniyu avtomatizirovannyih obuchayuschih sistem i novyye metody ih sozdaniya / V.A. Gorbunov, D.V. Novikov // <http://www.ci.vstu.edu.ru/docum/2.htm>.
6. Brusilovskiy, P. Postroenie i ispolzovanie modeley obuchaemogo v intelektualnyih obuchayuschih sistemah / P. Brusilovsky // *Tehnicheskaya kibernetika*. – 1992. – № 5. – P.97-119.
7. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia / P. Brusilovsky // *User Modeling and User-Adapted Interaction*. – 2001. – Vol. 11. – P.87-110.
8. Rastrigin L. Adaptatsiya slozhnyih sistem. Metodyi i prilozheniya / L.A. Rastrigin. – Riga: Zinatne, 1981. – 375 p.
9. Smierzchalski R. Intelligent Marine Control Systems / R. Smierzchalski // *Enhanced methods in computer security, biometric and artificial intelligence systems*. – London: Springer-Verlag, 2005. – P. 311-319.
10. Pal, S. Foundation of Soft Case-Based Reasoning / S. K. Pal, S. C. K. Shiu. – New Jersey: J. Wiley & Sons, 2004. – 274 p.
11. Sherstjuk V. Stsenarno-pretседentnyiy podhod k upravleniyu dinamicheskimi ob'ektami v stesnennyih navigatsionnyih usloviyah / V.G. Sherstjuk // *Iskusstvennyiy intellekt*. – 2011. – № 1. – P. 113-123.

12. Sherstjuk V. Scenarno-precedentnyj podhod k formirovaniju upravljajuwih vozdejstvij v sisteme upravlenija morskogo podvizhnogo ob#ekta / V.G. Sherstjuk // Problemy informacionnyh tehnologij. – 2009. – № 2(6). – P. 69-77.
13. Sherstjuk V. Ispol'zovanie derev'ev sobytij dlja predstavlenija znanij v dinamicheskih precedentnyh intellektual'nyh sistemah / V.G. Sherstjuk // Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tehničeskogo universiteta. – 2011. – №2(41). – P.100-111.

RESUME

V. Sherstjuk

Scenario-Case Model for Intelligent Training System

The article is devoted to justification of the scenario-case approach for intelligent training systems. The features of many domains leads to considerable complexity of decision-making formalization in complex situations, since the solutions choice is largely connected with the presence of relevant experience and professional skills.

Many experts noted the action repeatability at the professional skills level achieved in similar situations, allow to use stereotypes for training purposes in various domain tasks.

A prototype of a trainee's corresponding stereotypical situations usually contains a sequence (or scenario) using the specific operations for these task.

Then the individual training trajectory is a problem situations sequence, generated by the training system and adapted to the trainee's model parameters and his success in training and skills acquiring process. Every problem situation may include knowledge fragments, interactive tips, exercises, examples etc.

Individual training path construction includes the teaching purposes system – the knowledge and skills subsets must be mastered. Naturally this individual path must lead the trainee «from simple to complex», gradually expanding and extending his knowledge and skills system. To consolidate certain skills the training system can offer problematic situations related to the same stereotype decisions but with some different parameters, suggesting the appropriate changes to the operations sequence used to train this task.

The presence of stereotypes tasks, the purposeful technology of forming the knowledge and skills system, the need to adjust the training purposes depending on the trainee's model parameters and his success (the feedback system) together substantiating the use of scenario-case approach in intelligent training system.

In developed intelligent training system the scenario-case engine can drive the current knowledge and skills development state to problem situations scenario that implements the individual training path, adaptive to the trainee's model.

The proposed intelligent training technology based on the case-scenario approach may significantly improve the efficiency and quality of training through the implementation of individual training paths for the trainee with different features, skills and levels.

Статья поступила в редакцию 05.04.2013.