

ПРИКЛАДНЫЕ ОНТОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 378.14

Научная статья

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-205-216

**Онтологический подход в управлении адаптивной подготовкой групп специалистов**

© 2024, И.А. Фролов

*Военная академия войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации, Смоленск, Россия***Аннотация**

Предлагается комплексный подход к решению задач управления процессом адаптивной подготовки групп специалистов, который позволит учитывать изменяющиеся внешние и внутренние факторы, а также динамику изменения уровня подготовки специалистов и оперативно подстраивать сценарий обучения под текущую ситуацию. Реализация этого подхода основана на онтологическом и прогнозном моделировании процесса адаптивной подготовки специалистов. В статье описывается метаонтология адаптивной подготовки групп специалистов организационно-технических систем для автоматизированного решения задач управления процессом подготовки. Рассматривается подход к решению задач сбора, обобщения и анализа цикла интеллектуального управления адаптивной подготовкой групп специалистов на основе метаонтологии. Применение разработанной метаонтологии позволяет автоматически определять наличие знаний и умений обучаемых, которые хранятся в их профилях и обновляются по результатам пройденных этапов подготовки. Это позволяет повысить оперативность формирования управляющих воздействий (учебно-тренировочных задач) и качество подготовки.

Ключевые слова: адаптивная подготовка, метаонтология, группы специалистов, предметные онтологии, управляющие воздействия, учебно-тренировочные задачи.

Цитирование: Фролов И.А. Онтологический подход в управлении адаптивной подготовкой групп специалистов // Онтология проектирования. 2024. Т.14, №2. С.205-216. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-2-205-216.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В современном обществе существует проблема повышения эффективности процесса подготовки специалистов и его адаптации к динамично изменяющимся внешним и внутренним факторам, таким как изменение рынка труда, смена предпочтений потребителей, развитие перспективных технологий, индивидуальные особенности специалистов и др. Профессиональное образование нередко отстаёт от развития экономики, что приводит к дисбалансу подготовки специалистов и реальных потребностей общества [1].

На приобретение специалистами дополнительных компетенций, необходимых для решения поставленных работодателем задач, тратятся значительное время и материальные ресурсы. Для подготовки специалистов существует большое количество прикладных обучающих, в т.ч. интеллектуальных, систем (ИС) [2, 3], а также краткосрочных курсов переподготовки специалистов в соответствии с их устремлениями и возможностью вариации содержания [1].

Можно выделить проблему повышения эффективности подготовки специалистов организационно-технических систем (ОТС), выполняющих сложные задачи в составе групп в условиях, связанных с риском для здоровья и необходимостью адаптации процесса их подго-

товки к изменяющимся условиям деятельности. Осуществлять подготовку таких групп специалистов к выполнению задач в реальных условиях возможно только с использованием специальных тренажеров и технических средств.

Для повышения эффективности подготовки групп специалистов ОТС необходимо повышать качество и оперативность управления этим процессом, в т.ч. за счёт учёта индивидуальных психофизиологических особенностей (ПФО) каждого специалиста группы [4]. Учёт ПФО специалистов на этапах индивидуальной подготовки обуславливает необходимость гибкого изменения сценария подготовки специалистов непосредственно в процессе занятий.

Необходимость учёта имеющихся знаний, умений и индивидуальных особенностей каждого специалиста (различная скорость усвоения материала, потребность в различных подходах и методиках к обучению) при одновременной подготовке большого количества специалистов в составе групп обуславливает обработку руководителем занятия больших объёмов данных. С увеличением плотности потока поступающей информации, на основании которой необходимо принимать управляющее решение, психофизиологические возможности руководителя занятия снижаются [5]. Это определяет актуальность автоматизации процесса управления адаптивной подготовкой (АП) групп специалистов ОТС.

1 Автоматизация управления адаптивной подготовкой групп специалистов

Одним из путей повышения качества управления подготовкой групп специалистов является адекватный учёт индивидуальных ПФО каждого специалиста из состава группы в процессе адаптивного формирования для них управляющих воздействий [6-8].

В процессе проведения занятий наибольшие трудности возникают при адаптивном формировании учебно-тренировочных задач (УТЗ) для каждого специалиста группы с учётом их текущего уровня подготовленности и результатов выполнения предыдущих УТЗ (с учётом времени выполнения задачи, результатов её выполнения и совершённых ошибок).

Решение этих задач руководителем занятий занимает длительное время и обуславливает субъективизм оценки текущего уровня подготовленности обучаемых, на основе которой принимаются решения по формированию управляющих воздействий УТЗ, и анализа результатов их реализации и последующей корректировки.

Для обучаемых характерно забывание пройденного материала, что происходит индивидуально [7] и обуславливает неопределённость в достижении целей этапов подготовки. Изменение уровня подготовленности каждого специалиста в процессе обучения аппроксимируется соответствующей экспоненциальной функцией [8]. Руководителю занятия трудно учесть эти изменения при формировании индивидуальных управляющих воздействий в процессе занятия.

Поэтому на этапах групповой подготовки адаптивное индивидуальное управление приведёт к существенному увеличению времени на анализ, изменение и выработку управляющих воздействий в процессе подготовки обучаемых [4].

Эти факторы обуславливают необходимость автоматизации процесса управления АП групп специалистов за счёт разработки адаптивной системы управления (СУ) процессом подготовки, которая должна учитывать специфику предметной области (ПрО) и индивидуальные ПФО обучаемых специалистов (скорость приобретения и утраты знаний, умений и навыков).

Задача управления АП групп специалистов не может быть задана в числовой форме, её цели не могут быть выражены в терминах точно определённой целевой функции, не существует общего алгоритма её решения. Это позволяет отнести названную задачу к классу слабоструктурированных или неформализованных задач [2].

Автоматизация процесса управления подготовкой может быть осуществлена с помощью ИС управления, построенной на основе модели ПрО и включающей знания о стратегиях и методах подготовки, предметах обучения и обучаемых [8-10]. Для формализации знаний ПрО АП групп специалистов ОТС целесообразно применение онтологического инжиниринга [11].

2 Метаонтология адаптивной подготовки групп специалистов

Метаонтология АП групп специалистов (*MetOap*) является моделью знаний и представляет собой онтологию верхнего уровня, включающую совокупность взаимосвязанных предметных онтологических моделей (ОМ): ОМ предметов АП (*Op*), ОМ объектов АП (*Oop*), ОМ ресурсов для АП (*ORes*), множество отношений между онтологиями (R_s), множество аксиом (Ax), позволяющих делать обобщённые выводы из совокупности атрибутов и отношений между классами (подклассами) и атрибутами.

$$MetOap = \langle Stage, Goal, Op, Oop, ORes, R_s, Ax \rangle,$$

где *Stage* – множество этапов АП (одиночная подготовка, подготовка в составе групп специалистов); *Goal* – цели этапов АП групп специалистов.

Op представлена в виде (см. также рисунок 1)

$$Op = \left\{ P_q^{(b)} \leftrightarrow \begin{cases} P^{(b)} = \{P_1^{(b)}, \dots, P_q^{(b)}, \dots, P_Q^{(b)}\}, q = 1, \dots, Q, b = 1, \dots, B; \\ \begin{cases} Ap_q^{(b)} = \{Ap_{q,1}^{(b)}, \dots, Ap_{q,c}^{(b)}, \dots, Ap_{q,C}^{(b)}\}, c = 1, \dots, C; \\ Cl_q^{(b)} = \{cl_{q,1}^{(b)}, \dots, cl_{q,p}^{(b)}, \dots, cl_{q,P}^{(b)}\}, p = 1, \dots, P; \\ Rc_q^{(b)} = \{Rc_{q,1}^{(b)}, \dots, Rc_{q,l}^{(b)}, \dots, Rc_{q,L}^{(b)}\}, l = 1, \dots, L; \\ Rs_q^{(b)} = \{Rs_{q,1}^{(b)}, \dots, Rs_{q,m}^{(b)}, \dots, Rs_{q,M}^{(b)}\}, m = 1, \dots, M; \\ Rp_q^{(b)} = \{Rp_{q,1}^{(b)}, \dots, Rp_{q,s}^{(b)}, \dots, Rp_{q,S}^{(b)}\}, s = 1, \dots, S; \\ Ap_{q,c}^{(b)} \leftrightarrow Fp_{q,c}^{(b)} = \{Fp_{q,c_1}^{(b)}, \dots, Fp_{q,c_j}^{(b)}, \dots, Fp_{q,c_J}^{(b)}\}, j = 1, \dots, J, \end{cases} \end{cases} \right.$$

где $P^{(b)} = \{P_1^{(b)}, \dots, P_q^{(b)}, \dots, P_Q^{(b)}\}$ – множество элементов АП (предметов, тем, занятий, изучаемых понятий и обрабатываемых умений);

$$\begin{aligned} P^{(1)} &= \{P_1^{(1)}, \dots, P_q^{(1)}, \dots, P_Q^{(1)}\}; \\ P_q^{(1)} \leftrightarrow P_q^{(2)} &= \{P_{q,1}^{(2)}, \dots, P_{q,f}^{(2)}, \dots, P_{q,F}^{(2)}\}, f = 1, \dots, F; \\ P_{q,f}^{(2)} \leftrightarrow P_{f,q}^{(3)} &= \{P_{f,1}^{(3)}, \dots, P_{f,i}^{(3)}, \dots, P_{f,I}^{(3)}\}, i = 1, \dots, I; \\ P_q^{(b)} &= \langle N_q, GZ_{kz}^{(q)}, GU_{ku}^{(q)}, w_q \rangle, \end{aligned}$$

где N_q – имя q -го элемента АП;

$GZ_{kz}^{(q)} = \{gz_{kz,1}^{(q)}, \dots, gz_{kz,n}^{(q)}, \dots, gz_{kz,N}^{(q)}\}$, $kz = 1, \dots, KZ$, $n = 1, \dots, N$ – множество обобщённых гранул знаний, содержащихся в q -м элементе АП;

$gz_{kz,n}^{(q)}$ – атомарная гранула знаний, представляющая собой семантически неделимое понятие ПрО (например, определение);

$GU_{ku}^{(q)} = \{gu_{ku,1}^{(q)}, \dots, gu_{ku,v}^{(q)}, \dots, gu_{ku,V}^{(q)}\}$, $ku=1, \dots, KU$, $v=1, \dots, V$ – множество обобщённых гранул умений, содержащихся в q -м элементе АП;

$gu_{ku,v}^{(q)}$ – атомарная гранула умений, представляющая собой элементарную операцию, являющуюся составной частью действий, выполняемых специалистом при решении задач.

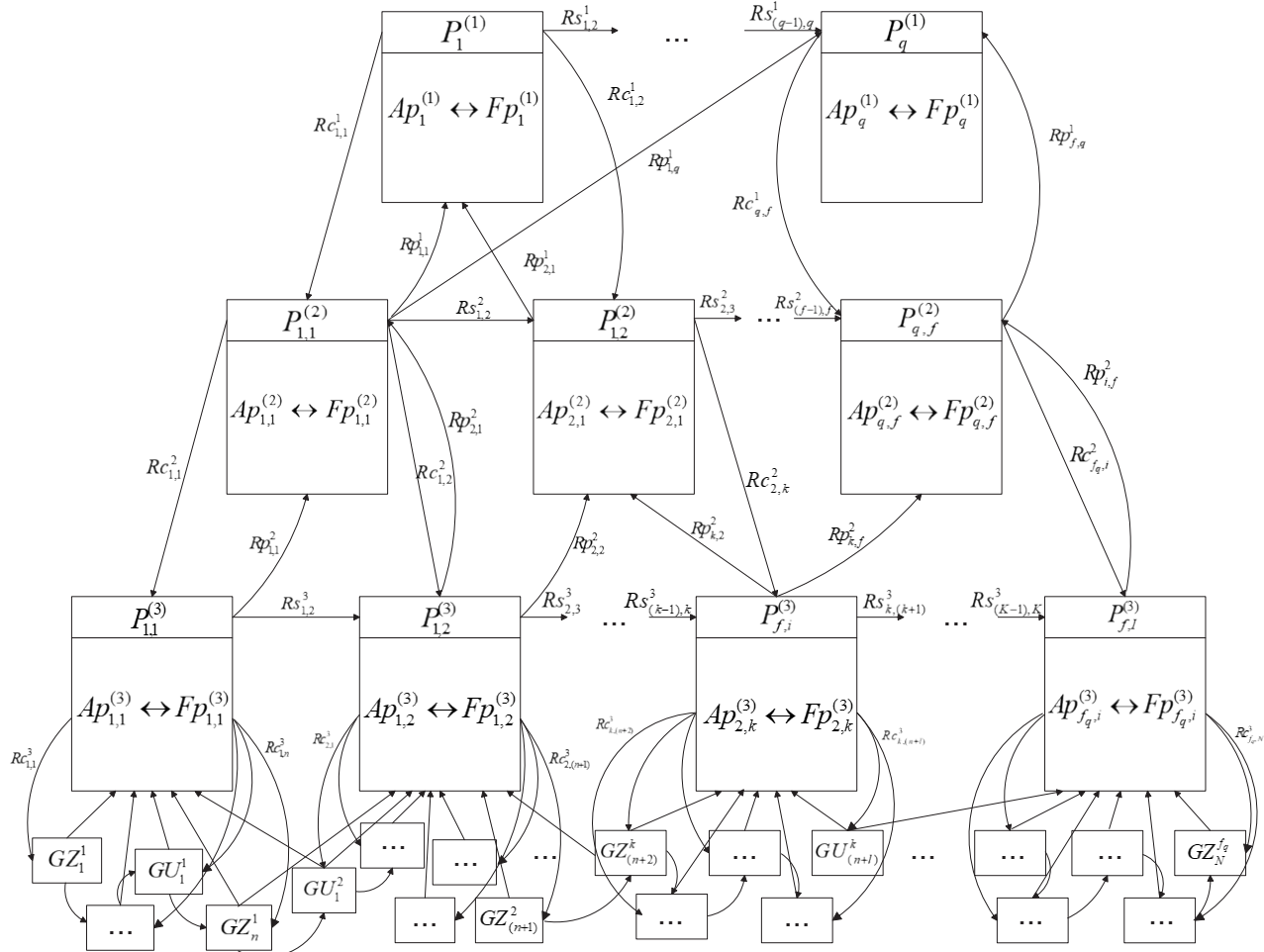


Рисунок 1 – Онтологическая модель предметов адаптивной подготовки

Множество обобщённых гранул знаний и умений формируется в результате процесса информационной грануляции содержания АП и группирования атомарных гранул знаний и умений на различных α_i -уровнях по семантической близости [12, 13]. Полученная таким образом иерархическая структура является основой при построении дерева целей АП.

w_q – степень влияния элемента АП на достижение частной цели подготовки, определяемая с помощью модели, разработанной на основе метода анализа нечётких иерархий с адаптивным согласованием данных [14];

$$gz_{kz,n}^{(q)} = \langle N_{kz,n}^{(q)}, T_{kz,n}^{(q)}, Res_{kz,n}^{(q)}, w_{kz,n}^{(q)} \rangle, \quad gu_{ku,v}^{(q)} = \langle N_{ku,v}^{(q)}, T_{ku,v}^{(q)}, Res_{ku,v}^{(q)}, w_{ku,v}^{(q)} \rangle,$$

где $N_{kz,n}^{(q)} / N_{ku,v}^{(q)}$ – имя n -й гранулы знаний / v -й гранулы умений;

$T_{kz,n}^{(q)} / T_{ku,v}^{(q)}$ – время, необходимое для изучения n -й гранулы знаний / v -й гранулы умений;

$Res_{kz,n}^{(q)} / Res_{ku,v}^{(q)}$ – ресурсы, необходимые для изучения (отработки) n -й гранулы знаний / v -й гранулы умений;

$w_{kz,n}^{(q)} = [0...1]$ / $w_{ku,v}^{(q)} = [0...1]$ – степень влияния n -й гранулы знаний / v -й гранулы умений на достижение частной цели подготовки нижнего уровня иерархии;

$Ap_q^{(b)} = \{Ap_{q,1}^{(b)}, ..., Ap_{q,c}^{(b)}, ..., Ap_{q,C}^{(b)}\}$ – множество атрибутов элементов АП (имя элемента АП, множество атомарных гранул знаний и атомарных гранул умений, степень влияния элемента АП на достижение частной цели подготовки, время, необходимое для овладения элементом АП);

$Cl_q^{(b)} = \{cl_{q,1}^{(b)}, ..., cl_{q,p}^{(b)}, ..., cl_{q,P}^{(b)}\}$ – множество частных целей, соответствующих элементам АП, образующих дерево целей (например, занятию, входящему в определённую тему, соответствует частная цель, а предмету подготовки может соответствовать конечная цель подготовки).

$$cl_{q,p}^{(b)} = \langle Nc_p, Fc_p, wc_p \rangle,$$

где Nc_p – имя p -й частной цели;

$Fc_p : P_q^{(b)} \rightarrow cl_{q,p}^{(b)}$ – функция отображения элементов АП частным целям;

wc_p – степень значимости p -й частной цели нижнего уровня иерархии цели более верхнего уровня иерархии, определяемая с помощью модели, разработанной на основе метода анализа нечётких иерархий с адаптивным согласованием данных [14];

$Rc_q^{(b)} = \{Rc_{q,1}^{(b)}, ..., Rc_{q,l}^{(b)}, ..., Rc_{q,L}^{(b)}\}$ – множество иерархических отношений (отношение «часть-целое») между элементами АП на различных уровнях;

$Rs_q^{(b)} = \{Rs_{q,1}^{(b)}, ..., Rs_{q,m}^{(b)}, ..., Rs_{q,M}^{(b)}\}$ – множество отношений причинно-следственной зависимости между элементами АП на b -м уровне иерархии (последовательное изучение и отработка тем, занятий, понятий и умений);

$Rp_q^{(b)} = \{Rp_{q,1}^{(b)}, ..., Rp_{q,s}^{(b)}, ..., Rp_{q,S}^{(b)}\}$ – множество отношений влияния элементов АП нижнего уровня на элементы более высокого уровня;

$$Rp_{q,s}^{(b)} = \{rpl_{q,s}^{(b)}, rpm_{q,s}^{(b)}, rps_{q,s}^{(b)}\},$$

где $rpl_{q,s}^{(b)}$ – отношение слабого взаимовлияния между элементами АП (означает, что для достижения родительской вершины желательно владеть знаниями и умениями дочерней вершины, но не является обязательным), степень влияния элемента АП на достижение частной цели подготовки $w_q < 0.4$;

$rpm_{q,s}^{(b)}$ – отношение среднего взаимовлияния между элементами АП (означает, что для достижения родительской вершины желательно владеть знаниями и умениями дочерней вершины), при этом степень влияния элемента АП на достижение частной цели подготовки лежит в интервале $0.4 \leq w_q < 0.7$;

$rps_{q,s}^{(b)}$ – отношение сильного взаимовлияния между элементами АП (означает, что для достижения родительской вершины необходимо владеть знаниями и умениями дочерней вершины), при этом степень влияния элемента АП на достижение частной цели подготовки лежит в интервале $0.7 \leq w_q \leq 1$.

Критерии взаимовлияния между элементами АП определены на основе метода экспертных оценок и не противоречат программам подготовки и накопленному опыту подготовки групп специалистов.

$Fp_{q,c}^{(b)} = \{Fp_{q,c_1}^{(b)}, \dots, Fp_{q,c_j}^{(b)}, \dots, Fp_{q,c_J}^{(b)}\}$ – множество ограничений атрибутов элементов АП.

Oop представлена в следующем виде (см. также рисунок 2).

$$Oop = \begin{cases} OP^{(d)} = \{OP_1^{(d)}, \dots, OP_v^{(d)}, \dots, OP_V^{(d)}\}, v=1, \dots, V, d=1, \dots, D; \\ OP_v^{(d)} \leftrightarrow \begin{cases} Aop_v^{(d)} = \{Aop_{v,1}^{(d)}, \dots, Aop_{v,r}^{(d)}, \dots, Aop_{v,R}^{(d)}\}, r=1, \dots, R; \\ Roc_v^{(d)} = \{Roc_{v,1}^{(d)}, \dots, Roc_{v,u}^{(d)}, \dots, Roc_{v,U}^{(d)}\}, u=1, \dots, U; \\ Aop_v^{(d)} \leftrightarrow Rvp_v^{(d)} = \{Rvp_{v,1}^{(d)}, \dots, Rvp_{v,g}^{(d)}, \dots, Rvp_{v,G}^{(d)}\}, g=1, \dots, G, \end{cases} \end{cases}$$

где $OP^{(d)} = \{OP_1^{(d)}, \dots, OP_v^{(d)}, \dots, OP_V^{(d)}\}$ – множество объектов АП (отдельные специалисты, группы специалистов);

$Aop_v^{(d)} = \{Aop_{v,1}^{(d)}, \dots, Aop_{v,r}^{(d)}, \dots, Aop_{v,R}^{(d)}\}$ – множество атрибутов объектов АП;

$Roc_v^{(d)} = \{Roc_{v,1}^{(d)}, \dots, Roc_{v,u}^{(d)}, \dots, Roc_{v,U}^{(d)}\}$ – множество иерархических отношений (отношение «часть-целое») между объектами АП;

$Rvp_v^{(d)} = \{Rvp_{v,1}^{(d)}, \dots, Rvp_{v,g}^{(d)}, \dots, Rvp_{v,G}^{(d)}\}$ – множество отношений соответствия между атрибутами объектов АП и элементами АП онтологии предметов подготовки.

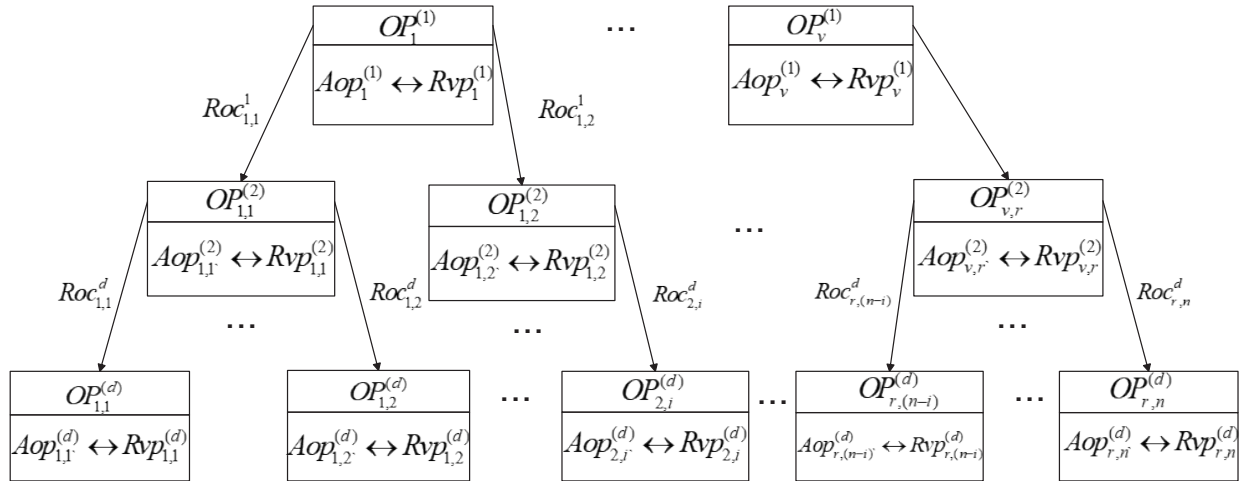


Рисунок 2 – Онтологическая модель объектов адаптивной подготовки

$ORes$ имеет следующий вид (см. также рисунок 3).

$$ORes = \begin{cases} Res = \{Res_1, \dots, Res_i, \dots, Res_I\}, i=1, \dots, I; \\ Res_i \leftrightarrow \begin{cases} Ar_i = \{Ar_{i,1}, \dots, Ar_{i,kr}, \dots, Ar_{i,KR}\}, kr=1, \dots, KR; \\ Ror_i = \{Ror_{i,1}, \dots, Ror_{i,qn}, \dots, Ror_{i,QN}\}, qn=1, \dots, QN; \\ Ar_i \leftrightarrow \begin{cases} Rvr_i = \{Rvr_{i,1}, \dots, Rvr_{i,gt}, \dots, Rvr_{i,GT}\}, gt=1, \dots, GT; \\ Fr_i = \{Fr_{i,1}, \dots, Fr_{i,e}, \dots, Fr_{i,E}\}, e=1, \dots, E, \end{cases} \end{cases} \end{cases}$$

где $Res = \{Res_1, \dots, Res_i, \dots, Res_I\}$ – множество ресурсов, необходимых для отработки элементов АП;

$Res_i = \{Ires_{i,rs}, Mres_{i,re}\}, rs=1, \dots, RS, re=1, \dots, RE,$

где $Ires_{i,rs} = \{Ires_{rs,1}, \dots, Ires_{rs,nm}, \dots, Ires_{rs,NM}\}$, $nm=1, \dots, NM$ – множество информационных ресурсов (литература, видеоматериалы и т.п.);

$Mres_{i,re} = \{Mres_{re,1}, \dots, Mres_{re,zs}, \dots, Mres_{re,ZS}\}$, $zs=1, \dots, ZS$ – множество материальных ресурсов (реальная техника, технические средства обучения и т.п.);

$Ar_i = \{Ar_{i,1}, \dots, Ar_{i,kr}, \dots, Ar_{i,KR}\}$ – множество атрибутов ресурсов для АП;

$Ror_i = \{Ror_{i,1}, \dots, Ror_{i,qn}, \dots, Ror_{i,QN}\}$ – множество иерархических отношений (отношение «часть-целое») между ресурсами для АП;

$Rvr_i = \{Rvr_{i,1}, \dots, Rvr_{i,gt}, \dots, Rvr_{i,GT}\}$ – множество отношений соответствия между атрибутами ресурсов для АП и элементами АП онтологии предметов подготовки;

$Fr_i = \{Fr_{i,1}, \dots, Fr_{i,e}, \dots, Fr_{i,E}\}$ – множество ограничений атрибутов ресурсов для АП.

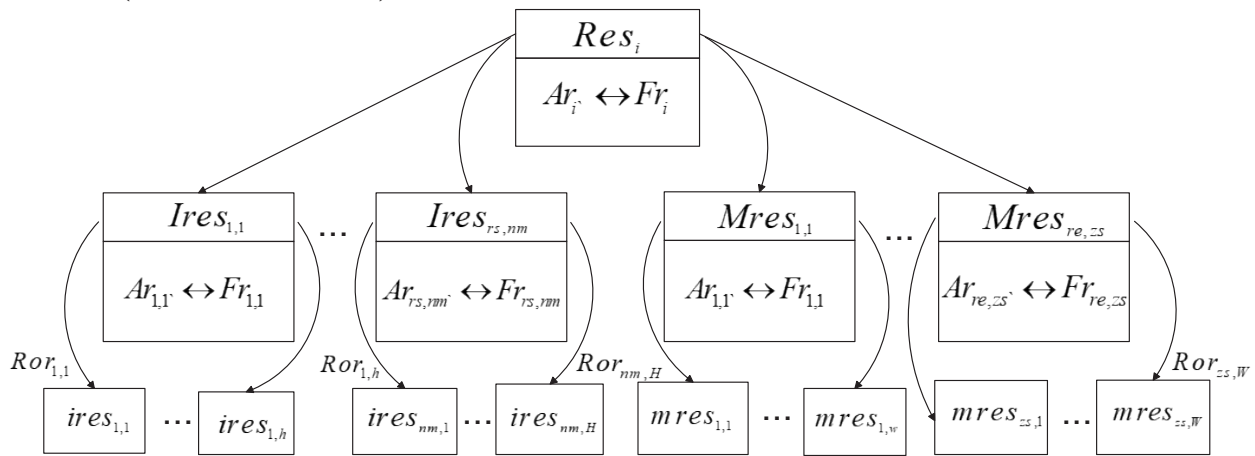


Рисунок 3 – Онтологическая модель ресурсов для адаптивной подготовки

$R_s = \{R_{s,1}, \dots, R_{s,jn}, \dots, R_{s,JN}\}$, $jn=1, \dots, JN$ – множество отношений соответствия между предметными онтологиями;

$Ax = \{Ax_1, \dots, Ax_h\}$ – множество аксиом, позволяющих делать обобщённые выводы из совокупности атрибутов и отношений между классами (подклассами) и атрибутами метаонтологии.

3 Практическое применение

Для практического решения задач управления АП групп специалистов разработанная метаонтология реализована в среде *Protégé*. С помощью запросов на языке *SPARQL* осуществляется процесс получения необходимой для руководителя занятий информации об обучаемых специалистах для планирования мероприятий их АП.

Пример запроса о составе группы и выполняемых функциях специалистов в группе представлен на рисунке 4. Результаты запроса выводятся в виде таблицы, что позволяет руководителю занятия оперативно планировать мероприятия АП независимо от специфики задач, выполняемых группой обучаемых. Для руководителя занятия имеется возможность с использованием запросов к метаонтологии уточнять информацию о наличии определённых знаний и умений у обучаемых.

На рисунке 5 приведён пример запроса к метаонтологии о специалистах, изучивших требования безопасности. По результатам запроса руководителю занятия выводится информация о членах группы, изучивших этот вопрос.

Для автоматического обновления информации о пройденных этапах АП в разработанной метаонтологии сформированы правила на языке *SWRL*. Правила позволяют автоматически обновлять информацию о полученных каждым обучаемым знаниях и умениях в процессе АП и представлять информацию (перечень атомарных гранул знаний и умений) руководителю занятия об оставшихся этапах для каждого обучаемого группы.

На рисунке 6 представлен пример правила, которое определяет требуемые знания для продолжения подготовки согласно сформированному дереву целей.

Рисунок 4 – Пример запроса к метаонтологии о составе группы

Рисунок 5 – Пример запроса к метаонтологии о специалистах, изучивших требования безопасности

Рисунок 6 – Пример правила, которое определяет требуемые знания для продолжения подготовки

На рисунке 7 представлены результаты АП специалиста (оценки атомарных гранул знаний и умений в соответствии с деревом целей).

Документирование полученных результатов позволяет руководителю занятия делать выводы о процессе АП, динамике овладения знаниями и умениями каждым обучаемым группы и дифференцированно формировать для них управляющие воздействия с учётом текущих результатов.

Все данные об обучаемом, получаемые из метаонтологии, хранятся в цифровом двойнике объекта подготовки SP_q

$$SP_q = \langle ID_{SP_q}, LK_{SP_q}, Y_{tek_m}^{SP_q}(t), CS_{SP_q}, TR_{SP_q} \rangle,$$

где ID_{SP_q} – идентификатор q -го специалиста;

LK_{SP_q} – индивидуальные ПФО специалиста, определяемые моделями приобретения и утраты навыков [15];

$Y_{tek_m}^{SP_q}(t)$ – текущий уровень подготовленности q -го специалиста на m -м этапе подготовки, оцениваемый в соответствии с руководящими документами об организации подготовки групп специалистов и методиками оценки;

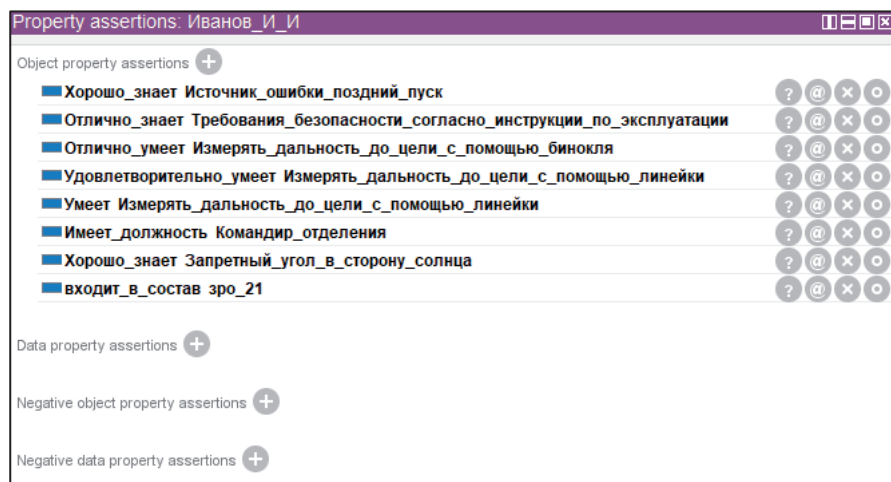


Рисунок 7 – Результаты адаптивной подготовки специалиста

обобщённые гранулы умений. Выбор цели и эталонного сценария зависит от заданного времени на подготовку групп специалистов. Поэтому целью АП может быть цель не самого верхнего уровня α_n , а частная цель уровня $\alpha_{(n-1)}$. В этом случае содержание подготовки определяется в соответствии с отношением влияния элементов АП нижнего уровня на элементы более высокого уровня.

Получаемый с помощью метаонтологии в соответствии с деревом целей перечень необходимых знаний и умений используется при формировании сценарно-информационной модели процесса АП в виде упорядоченной последовательности элементов для прогнозного моделирования достижимости цели АП. Сценарно-информационная модель представляет собой множество возможных сценариев АП для каждого специалиста и группы в целом путём объединения индивидуальных сценариев отдельных специалистов группы. В результате моделирования выбирается рациональный сценарий и осуществляется процесс подготовки специалистов. Сценарий представляет собой структуру процесса АП групп специалистов в виде последовательности атомарных гранул знаний и атомарных гранул умений с учётом уже имеющихся у специалиста знаний и умений в усовершенствованной нотации *ARIS*, предназначенной для моделирования бизнес-процессов.

При отработке сценария АП групп специалистов фиксируются полученные результаты в виде оценок по четырёхбалльной шкале и ошибки, допускаемые специалистами группы при выполнении алгоритма деятельности, которые учитываются при адаптации сценария к текущим результатам.

CS_{SP_q} – цифровой след q -того специалиста (результаты прохождения этапов подготовки по различным дисциплинам);

TR_{SP_q} – эталонный сценарий подготовки q -того специалиста.

Эталонный сценарий подготовки формируется на основе дерева целей, где каждой частной цели соответствуют обобщённые гранулы знаний и

Заключение

Предложен подход к решению задач управления процессом АП групп специалистов, который позволяет учитывать изменяющиеся внешние и внутренние факторы, а также динамику изменения уровня качества подготовки специалистов и изменять сценарий обучения с учётом текущей ситуации. Для реализации предложенного подхода разработана мета-онтология - модель знаний ПрО, отражающая взаимосвязи между предметами, объектами АП и ресурсами, необходимыми для проведения АП.

Разработанная метаонтология позволяет повысить качество решения задач поиска, сбора, агрегирования и анализа исходной информации для процесса интеллектуального управления АП групп специалистов ОТС за счёт сформированных *SWRL*-правил и *SPARQL*-запросов.

Список источников

- [1] **Соловов А.В., Меньшикова А.А.** Трансформация онтологии образования: от классно-урочной системы к смарт-инновациям // Онтология проектирования. 2022. Т.12, №4(46). С.470-480. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-470-480.
- [2] **Рыбина Г.В.** Интеллектуальные обучающие системы на основе интегрированных экспертных систем. М.: Директ-Медиа, 2023. 132 с.
- [3] **Рыбина Г.В.** Интеллектуальные системы: от А до Я. Серия монографий в трёх книгах. Книга 1. Системы, основанные на знаниях. Интегрированные экспертные системы. М.: ООО «Научтехлитиздат», 2014. 224 с.
- [4] **Фролов И.А., Борисов В.В.** Сценарно-информационный анализ и моделирование адаптивной подготовки групп специалистов на основе нечёткого онтологического подхода // Прикладная информатика. 2023. Т.18. № 6. С.54–66. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-6-54-66.
- [5] **Фролов И.А.** Метод сценарно-информационного анализа для интеллектуального управления адаптивной подготовкой групп специалистов // XXI национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ-2023 (Смоленск, 16-20 октября 2023 г.). Труды конференции. В 2-х томах. Т.1. Смоленск: Принт-Экспресс, 2023. С.304-314.
- [6] **Соловов А.В.** Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. – Самара: «Новая техника», 2006. – 462 с
- [7] **Майер Р.В.** Исследование математических моделей дидактических систем на компьютере. [Электронный ресурс]: Глазов: Глазов. гос. пед. ин-т, 2018. http://maier-rv.glazov.net/Mayer_monograph2018.pdf.
- [8] **Рыбина Г.В.** Основы построения интеллектуальных систем. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2014. 432 с.
- [9] **Петрушин В.А.** Экспертно-обучающие системы. Киев: Наукова. Думка, 1992. – 196 с.
- [10] **Брусиловский П.Л.** Интеллектуальные обучающие системы // Информатика. Информационные технологии. Средства и системы. 1990. № 2. С.3-22.
- [11] **Gruber T.R.** A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993. №5(2). P.199-220.
- [12] **Тарасов В.Б., Калуцкая А.П., Святкина М.Н.** Гранулярные, нечёткие и лингвистические онтологии для обеспечения взаимопонимания между когнитивными агентами // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2012): материалы II Международной научно-технической конференции (Минск, 16-18 февраля 2012) / В. В. Голенков (отв. ред.). Минск: БГУИР, 2012. С.267-278.
- [13] **Алтунин А.В.** Теоретическое и практическое применение методов принятия решений в условиях неопределённости: Том 1. Общие принципы принятия решений в условиях различных видов неопределённости. [б.м.]: Издательские решения, 2019. 484 с.
- [14] **Харитонов Е.В.** Метод согласования субъективных измерений в иерархиях матриц отношений предположения // Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал, 1999. Т.3. №2. С.52-57.
- [15] **Шибанов Г.П.** Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. – М.: Машиностроение. 1983. 263 с.

Сведения об авторе

Фролов Игорь Анатольевич, 1981 г. рождения. Окончил Военную академию войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации (ВА ВПВО ВС РФ) в 2003 г., к.т.н. (2020). Преподаватель кафедры ВА ВПВО ВС РФ. В списке научных трудов около 20 работ в области ИИ. igor-frolov-81@mail.ru.



Поступила в редакцию 11.04.2024, после рецензирования 16.05.2024. Принята к публикации 24.05.2024.



Scientific article

DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-205-216

Ontological approach to managing adaptive training for specialist groups

© 2024, I.A. Frolov

Military Academy of Military Air Defense of the Armed Forces of the Russian Federation, Smolensk, Russia

Abstract

An integrated approach to solving the problems of managing the adaptive training process for groups of specialists is proposed, allowing for the consideration of changing external and internal factors, as well as the dynamics of changes in the specialists' training levels. This approach enables rapid adjustment of the training scenario to current situations. The implementation is based on ontological and predictive modeling of the adaptive training process. The article describes the meta-ontology for adaptive training of specialist groups in organizational and technical systems for automated training process management. It discusses an approach to solving problems of collecting, summarizing, and analyzing the cycle of intelligent management of adaptive training for specialist groups using meta-ontology. The developed meta-ontology enables automatic determination of trainees' knowledge and skills, stored in their profiles and updated based on completed training stages. This increases the efficiency of forming control actions (educational and training tasks) and improves the quality of training.

Keywords: *adaptive training, meta-ontology, specialists group, subject ontologies, control actions, educational and training tasks.*

For citation: *Frolov I.A. Ontological approach to managing adaptive training for specialist groups [In Russian]. Ontology of designing. 2024; 14(2): 205-216. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-2-205-216.*

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

- Figure 1 - Ontological model of adaptive training subjects
- Figure 2 - Ontological model of adaptive training objects
- Figure 3 - Resource ontological model for adaptive training
- Figure 4 - An example of a meta-ontology query about the composition of a group
- Figure 5 - An example of a meta-ontology query about specialists who have studied security requirements
- Figure 6 - An example of a rule that defines the required knowledge to continue training
- Figure 7 - The results of adaptive training of a specialist

References

- [1] **Solovov AV, Menshikova AA.** Transformation of the ontology of education: from a classroom lesson system to smart innovations [In Russian]. *Ontology of design*. 2022; 12(4): 470-480. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-4-470-480.
- [2] **Rybina GV.** Intelligent learning systems based on integrated expert systems [In Russian]. Textbook. Moscow: Direct-Media, 2023. 132 p.
- [3] **Rybina GV.** Intelligent systems: from A to Z. A series of monographs in three books [In Russian]. Book 1. Knowledge-based systems. Integrated expert systems. Moscow: LLC "Nauchtehlitizdat", 2014. 224 p.
- [4] **Frolov IA, Borisov VV.** Scenario-information analysis and modeling of adaptive training of groups of specialists based on a fuzzy ontological approach [In Russian]. *Applied Informatics*. 2023; 18(6): 54-66. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-6-54-66.
- [5] **Frolov IA.** Method of scenario-information analysis for intelligent management of adaptive training of groups of specialists [In Russian]. XXI National Conference on Artificial intelligence with international participation, KII-2023 (Smolensk, October 16-20, 2023). Proceedings of the conference. In 2 volumes. Vol.1. Smolensk: Print-Express, 2023. P.304-314.
- [6] **Solovov AV.** Electronic learning: problems, didactics, technology [In Russian]. Samara: "New Technique", 2006. 462 p.
- [7] **Mayer RV.** Research of mathematical models of didactic systems on a computer. [Electronic resource]: monograph [In Russian]. Glazov: Glazov. state Pedagogical Institute, 2018.
- [8] **Rybina GV.** Fundamentals of building intelligent systems [In Russian]. Moscow: Finance and statistics; INFRA-M, 2014. 432 p.
- [9] **Petrushin VA.** Expert training systems [In Russian]. Kiev: Naukova Dumka, 1992. 196 p.
- [10] **Brusilovsky PL.** Intelligent learning systems [In Russian]. Informatics. Information technologies. Tools and systems. 1990; 2: 3-22.
- [11] **Gruber TR.** A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*. 1993; 5(2): 199-220.
- [12] **Tarasov VB, Kalutskaya AP, Svyatkina MN.** Granular, fuzzy and linguistic ontologies for ensuring mutual understanding between cognitive agents [In Russian]. *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems*. 2012. P.267-278.
- [13] **Altunin AV.** Theoretical and practical application of decision-making methods in conditions of uncertainty: Volume 1 [In Russian]. Vol.1. General principles of decision-making in conditions of various types of uncertainty. Publishing solutions, 2019. 484 p.
- [14] **Kharitonov EV.** The method of matching subjective measurements in the hierarchies of the relationship matrices of the pre-reading [In Russian]. *Mathematical Morphology: Electronic Mathematical and Biomedical Journal*, 1999; 3(2): 52-57.
- [15] **Shibanov GP.** Quantitative assessment of human activity in human-engineering systems [In Russian]. Moscow: Mechanical engineering. 1983. 263 p.

About the author

Igor Anatolyevich Frolov (b. 1981) graduated from the Military Academy of Military Air Defense of the Armed Forces of the Russian Federation in 2003, Candidate of Technical Sciences (2020). Lecturer of the department of the Military Academy of the Armed Forces of the Russian Federation. The list of scientific papers includes about 20 works in the field of AI. igor-frolov-81@mail.ru.

Received April 11, 2024. Revised May 16, 2024. Accepted May 24, 2024.
