

# Формализация знаний при поддержке управленческих решений

О.Н. Сметанина

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: smoljushka@mail.ru

Т.В. Наумова

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: naumova.21061974@gmail.com

А.Ю. Адельметова

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: alyonadelmetova@mail.ru

К.В. Назмиева

Факультет информатики и робототехники  
Уфимский государственный авиационный  
технический университет  
Уфа, Россия  
e-mail: nazmkarina@yandex.ru

## Аннотация<sup>1</sup>

В статье рассматриваются вопросы формализации экспертных знаний в системе принятия решений. В качестве предметной области использована система контроля профессионально-прикладной физической подготовленности (ППФП) студента. Принятие решений базируется на основе анализа данных, собранных об обучающихся с использованием методов оценки профессионально-важных физических и психических качеств и онтологического моделирования. Онтологическое моделирование на данном этапе решения задачи используется для формального описания предметной области и формирования рекомендаций. Для анализа данных используются методы искусственного интеллекта, в частности, кластерный анализ.

### 1. Введение

На современном этапе развития техники и технологий, все возрастающих объемов данных и знаний, возможности получения новых знаний на основе анализа больших данных, возможности использования экспертных знаний, вопросы формализации знаний и их использования для принятия решений видятся актуальными. Исследованиями такого рода занимаются многие специалисты как в России, так и за рубежом, в частности, Гаврилова Т.А., Новиков Д.А., Губанов Д.А., Райков А.Н., Орлов А.И., Литвак Б.Г.,

**Труды шестой Всероссийской конференции  
"Информационные технологии  
интеллектуальной поддержки принятия  
решений", 28 - 31 мая, Уфа-Ставрополь, Россия,  
2018**

Дорофеев А.А., Сидельников Ю.В., Трахтенгерц Э.А.. Однако, специфика предметных и проблемных областей требует дополнительных исследований, формализации знаний.

Для проведения кластерного анализа предполагается использовать аппарат нейронных сетей. Выявленные новые знания в виде характеристик схожих объектов позволяют сформулировать рекомендации для физической подготовки, поддерживающей профессионально-важные психические и физические качества.

Авторы статьи неоднократно обращались к использованию технологий искусственного интеллекта в своих исследованиях [7, 8, 9, 10].

### 2. Характеристика предметной области ППФП студента

Развитие техники и технологий привело к изменению места и функциональной роли человека в современном производственном процессе. Изменения повысили требования к устойчивости внимания, скорости и точности реакции человека. Специалист высшей квалификации, под руководством которого осуществляют свою деятельность высококвалифицированные работники, затрачивает много усилий. Считается, что такого рода работа утомляет больше всего. Все перечисленное предъявляет дополнительные требования к формированию психофизических способностей. Поэтому обучающемуся рекомендуется готовиться к избранной профессии, целенаправленно развивать физические и психические качества, определяющие психофизическую надежность и успех в его будущей профессиональной деятельности (рис. 1). Рисунок демонстрирует профессионально важные качества инженера химика-технолога (первая строка), инженера по вычислительной технике

Шестая Всероссийская научная конференция "Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений", Уфа-Ставрополь, Россия, 2018

(вторая строка), инженеров-экономистов и правоведов (третья строка), инженеров-буровиков (четвертая строка).



Рисунок 1. – Профессионально-важные качества

Содержание ППФП (рис. 2) учитывает психофизиологические аспекты трудового процесса и физической культуры/спорта. Двигательную деятельность человека, его трудовую активность определяют такие компоненты, как мышечная сила, выносливость, быстрота, координация движений, способность к концентрированному и устойчивому вниманию, реакция выбора и другие психофизические качества.

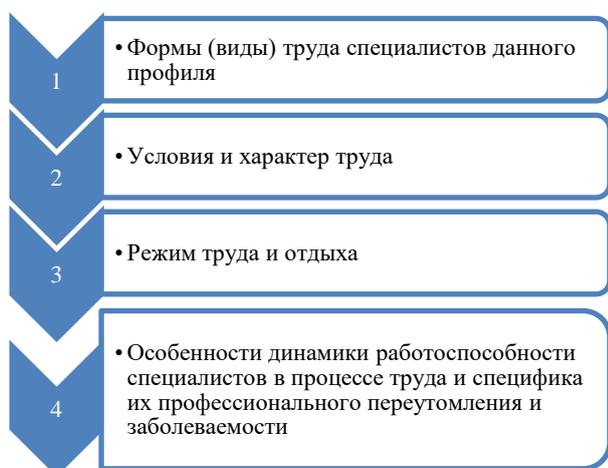


Рисунок 2. – Основные факторы, определяющие содержание ППФП.

На рисунке 2 представлены основные факторы, определяющие конкретное содержание ППФП. Средства ППФП можно объединить в четыре группы (рис. 3).

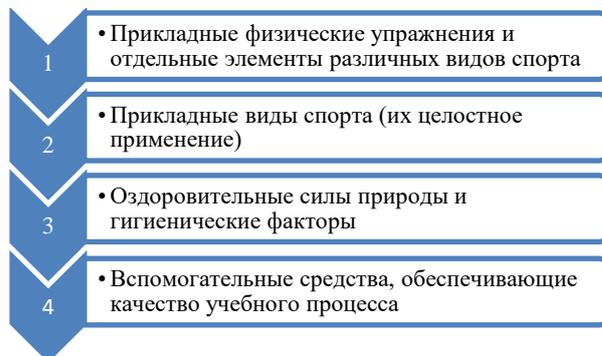


Рисунок 3. – Средства ППФП

При подборе отдельных прикладных физических упражнений важно, чтобы их психофизиологическое воздействие соответствовало формируемым физическим и специальным качествам.

На подбор методов и средств производственной физической культуры (ПФК) оказывает влияние динамика, характер и степень развивающегося утомления в течение рабочего дня, недели, месяца или года (рис. 4) [1].



Рисунок 4.–Внешние признаки утомления в процессе умственного труда (по С. А. Косилову)  
 Степень развития утомления можно определить по некоторым внешним признакам (рис. 4). На рисунке описываются объекты наблюдения (внимание, поза, движение, интерес к новому материалу) и степень утомления (незначительное (верхние строки), значительное (средние строки), резкое (нижние строки)).

Признаками переутомления являются: снижение веса тела, диспепсические расстройства, повышение сухожильных рефлексов, лабильность частоты сердцебиения и артериального давления, потливость, выраженный дермографизм, снижение сопротивляемости организма инфекциям, заболеваниям и т.п. (рис. 5) [1].



Рисунок 5. - Краткая характеристика степеней переутомления (по К. К. Платонову)

Рисунок демонстрирует характеристику степеней переутомления (по К. К. Платонову). Различают 4 степени переутомления: 1 - начинающееся (верхняя строка), 2 – легкое (вторая строка), 3 – выраженное (третья строка), 4- тяжелое (нижняя строка).

При построении комплексов упражнения необходимо учитывать: рабочую позу (стоя или

сядя), положение туловища (согнутое или прямое, свободное или напряженное); рабочие движения (быстрые или медленные, амплитуда движения, их симметричность или асимметричность, однообразие или разнообразие, степень напряженности движений); характер трудовой деятельности (нагрузка на органы психическая и нервно-мышечная нагрузка, сложность и интенсивность мыслительных процессов, эмоциональная нагрузка, необходимая точность и повторяемость движений, монотонность труда); степень и характер усталости по субъективным показателям (рассеянное внимание, головная боль, ощущение болей в мышцах, раздражительность); возможные отклонения в здоровье, требующие индивидуального подхода при составлении комплексов производственной гимнастики; санитарно-гигиеническое состояние места занятий. При подборе средств ППФП используют следующую классификацию: однообразные, монотонные операции с небольшими физическими усилиями и малой подвижностью; элементы умственного и физического труда; работы, связанные преимущественно с физическим трудом, отличающимся большими физическими усилиями и высокой подвижностью; умственный или преимущественно умственный труд (работники науки, педагоги, отдельные категории инженерно-технических работников (экономисты, проектировщики, программисты), руководители предприятий и организаций и т. д.).

В зависимости от характеристики профессиональной деятельности необходимо выбрать вид спорта/физические упражнения. Многообразие видов спорта и разновидностей физических упражнений не позволяет рассматривать каждое из упражнений в отдельности [4]. В настоящее время существуют классификации видов спорта (А. Б. Гандельсман, К. М. Смирнов, 1963 (рис. 6); В. С. Фарфель, 1975, А. Г. Дембо, 1980).

К методам оценки профессионально-важных физических и психических качеств относят []: профессиограмма; проба с приседаниями и расчетом индекса Руфье, гарвардский степ-тест, проба Штанге, проба Ромберга, тест Купера, определение высоты прыжка по способу Абалакова, «эстафетный» тест, тест Шульте и др. (табл. 1).

Многие авторы занимаются разработкой профессиограмм. В частности, на рисунке 7 представлен фрагмент профессиограммы программиста. Среди доминирующих видов деятельности профессии программист можно отметить разработку на основе анализа математических алгоритмов программ, реализующих решение различных задач: выбор метода численного решения задачи; выбор оптимального для решения данной задачи алгоритма; определение информации, подлежащей

обработке на компьютере, ее объемов, структуры, макетов и схем ввода, обработки, хранения и выдачи информации, методов ее контроля; определение возможности использования готовых программ; выбор языка программирования и перевод на него используемых моделей и алгоритмов; подготовка программы к отладке и проведение отладки и корректировки (нахождение и устранение различных ошибок, которые, возможно, содержатся в программе); разработка инструкции по работе с программами; участие в

создании технической документации; сопровождение внедренных программ и программных средств; разработка и внедрение методов автоматизации программирования; участие в создании каталогов и картотек стандартных программ.

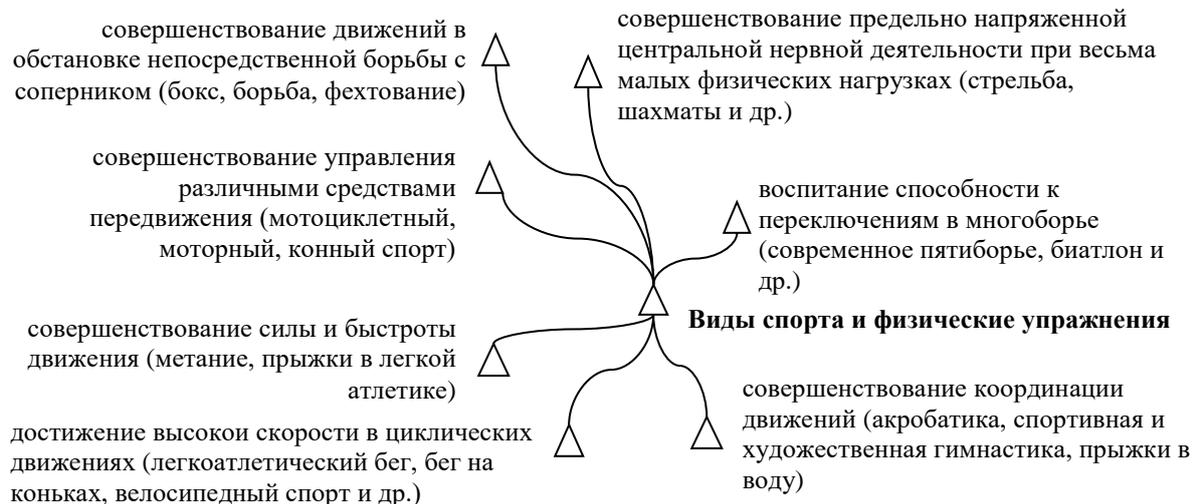


Рисунок 6. – Классификация видов спорта (по А. Б. Гандельсману и К. М. Смирнову)

Таблица 1.

Метод	Характеристика метода
Професс-сиграмма	Общее представление об особенностях трудовой деятельности (о профессионально-важных физических и психических качествах)
Проба с приседаниями и расчетом индекса Руфье	Оценка частоты сокращений сердца (ЧСС). Приседания (интенсивный темп): $IP = \frac{4 \times (P1 + P2 + P3) - 200}{100}$ , P1 – пульс в положении лежа; P2 – в первые 15 сек. периода отдыха после 30 приседаний в течение 45 мин.; P3 – через 30 сек., измеряемый за 15 сек. Шкала: хороший – 0,1-5; средний – 5,1-10; удовлетворительный – 10,1-15; плохой – 15,1-20.
Гарвардский степ-тест	Подъемы на невысокую скамейку из положения стоя. Прирост ЧСС подвержен линейной зависимости - чем адаптированное сердце к нагрузке, тем меньше тахикардия после нее.
Проба Штанге	Задержка дыхания на вдохе. Шкала: задержка дыхания <39 сек. – неудовлетворительно; >40 и <49 сек. – удовлетворительно; >50 сек. - хорошо.
Проба Ромберга	Проба простая: опора на две ноги, глаза закрыты, руки вытянуты вперед, пальцы несколько разведены. Определяется время и степень устойчивости, наличие тремора – век и пальцев рук. Проба 2: ноги на одной линии, пятка одной ноги касается носка другой ноги, глаза закрыты, руки вытянуты вперед, пальцы разведены. Шкала: время устойчивости у нетренированных лиц - 30-50 сек. (отсутствует тремор); для спортсменов (гимнастов, фигуристов, прыгунов в воду, пловцов) - 100-120 сек. и >. Проба 3: на одной ноге, пятка другой касается коленной чашечки опорной ноги, глаза закрыты, руки вытянуты вперед. Шкала: твердая устойчивость позы > 15 сек. (отсутствие тремора пальцев и век) - хорошо; покачивание, небольшой тремор в течение 15 сек. - удовлетворительно; выраженный тремор при удержании < 15 сек. - неудовлетворительно. Покачивание/быстрая потеря равновесия - нарушение координации.

Тест Купера	12-мин. бег: расстояние фиксируется, делаются выводы в спортивных/медицинских целях.
Определение высоты прыжка по способу Абалакова	Скоростно-силовые качества: обучающийся под щитом в квадрате 50х50 см., отталкиваясь двумя ногами, прыгает вверх, стремясь достать рукой как можно более высокую точку на ленте с сантиметровыми делениями, укрепленную на баскетбольном щите. В зачет - лучший результат из трех попыток. Показатель прыгучести - разница между высотой доставания в прыжке и высотой доставания рукой, стоя на полу на носочках. Результат фиксируется.
Подтягивание на перекладине	Подтягивание, как и поднятие туловища из положения лежа на спине - упражнение, провоцирующее мощную работу мышц и способствующее выработке выносливости и силы.
Кистевая динамометрия	Кистевая динамометрия – измерение силы мышц-сгибателей пальцев. Исследование проводится для обеих конечностей, далее производится сравнение полученных данных.
«Эстафетный» тест	Быстрота движения развивается путем преодоления коротких отрезков дистанции в <i>max</i> быстром темпе до снижения скорости передвижения. Количество повторений - от 2 до 10 раз в зависимости от уровня здоровья. В перерывах между ускорениями (от 15 до 60 сек.) скорость передвижения значительно снижается.
Методы оценки способности к сохранению равновесия	Сохранение равновесия оценивается с помощью тестов (отражают уровень развития статического и динамического равновесия): Статическое равновесие (пробы Ромберга). Поза «пяточно-носочная»: испытуемый должен стоять так, чтобы ступни его были на одной линии, при этом пятка одной ноги касается носка другой, глаза закрыты, руки вытянуты в стороны. Определяется время устойчивости в этой позе. Поза «аист» – испытуемый должен стоять на одной ноге, другая согнута в колене, при этом ступня одной ноги касается коленного сустава опорной ноги, руки вытянуты вперед, глаза закрыты. Определяется время устойчивости в этой позе. Динамическое равновесие - время прохождения по гимнастической скамье. Испытуемый проходит по гимнастической скамье (длина 4 м, высота 20 см, ширина 25 см), руки в стороны, с <i>max</i> скоростью. Задание выполняется три раза, учитывается средний результат.
Методы оценки свойств внимания	Внимание обуславливает избирательность, сознательный или полусознательный отбор информации, поступающей через органы чувств. Свойства внимания: объем, сосредоточенность (концентрация), распределение, устойчивость, колебание, переключаемость. Тест Риссу: определяет устойчивость внимания при его сосредоточении и влияние длительной работы на концентрацию внимания. Модификация теста (проба переплетенных линий Рея): «На бланке - ряд линий, перепутанных между собой. Задача - проследить каждую линию слева направо и у правого конца поставить тот номер, который стоит на бланке у ее левого конца; необходимо начать с первой линии, потом перейти ко второй и т.д.; следить за линиями только глазами, помогать пальцами, карандашом нельзя; работать быстро, и не делать ошибок». Учитывается преобладание скорости или точности работы; трудно ли сосредоточить внимание на прослеживании линий, появляется ли желание помочь себе каким-нибудь путем или задание выполняется без труда; при опросе устанавливается, что в данном задании было трудным, боязнь сделать ошибки, отношение к ошибкам. Идет учет времени на задание. Время, затрачиваемое на выполнение задания: 3 мин. 30 сек. - отлично, 6-7 мин. - средне, от 13 мин. и выше - плохо. В норме количество ошибок колеблется от 0 до 7.
Методы оценки отдельных волевых качеств	Уровень развития волевых качеств (целеустремленности, настойчивости и упорства, смелости и решительности, инициативности и самостоятельности, самообладания и выдержки). Методы получения <i>L-</i> , <i>Q-</i> , <i>T-</i> данных, где <i>L-</i> описание качеств по их «жизненным проявлениям», <i>Q-</i> данные, полученные методом опроса, <i>T-</i> данные объективных тестов с контролируемой экспериментальной ситуацией.
Оценка способности к сохранению равновесия	Определение устойчивости, 5 кувырков вперед за 10 сек. Шкала: отлично - уверенное сохранение основной стойки; хорошо - неустойчивость и схождение с места на 1 шаг; удовлетворительно - неустойчивость и схождение с места на 2 шага; неудовлетворительно - более значительное отклонение и падение.

<p>Тест Шульте</p> <p>Оценка переключения внимания</p>	<p>Оценка внимания: быстрое отыскание/показ ряда чисел от 1 до 25 в квадрате 5x5 клеток при их беспорядочном расположении. Шкала: отлично- &lt;, 34 сек.; хорошо - 34-42 сек.; удовлетворительно - 43-58 сек.; плохо- &gt; 58 сек.</p> <p>Оценка устойчивости внимания: тест выполняется несколько раз, каждый раз с новым вариантом чисел; используется и обратный счет.</p> <p>Дважды пройти по рейкам перевернутых поставленных одна за другой гимнастических скамеек, и вслух производить умножение на 6 чисел <math>1 \div 10</math> при прохождении в одну сторону и на 7 - в обратную; поворот делается на полу; под каждый счет из одной руки в другую перебрасывается баскетбольный мяч; расстояние между кистями вытянутых рук 1 м. Измеряется время выполнения задания; за каждую ошибку в умножении или за потерю равновесия прибавляется 1 сек. Шкала: отлично - результат составляет менее 13 сек.; хорошо - 13-15 сек., удовлетворительно - 16-18 сек.</p>
<p>Оценка смелости и решительности</p>	<p>Поочередное выполнение упражнений на гимнастических бревнах разной высоты: нужно пройти вперед и назад (спиной вперед) по низко расположенному бревну с одновременными движениями, требующими проявления координации (одно движение на каждый шаг), затем повторить то же на бревне высотой 1,5 м (со страховкой); Шкала: отлично - упражнение выполняется на высоком/низком бревне, сохраняется уверенность и точность движений; хорошо - присутствует некоторая неуверенность и 1-2 ошибки; удовлетворительно - наблюдаются признаки робости и 2-4 ошибки; очень плохо - наблюдается робость, ведущая к искажению упражнения - неудовлетворительно; упражнение не выполняется, происходит падение или отказ от прохождения спиной вперед.</p>

Наиболее значимы внимание и оперативная память. Двигательные действия относительно стабильны, в них задействованы, в первую очередь, руки и спинной отдел туловища. Много циклических движений с небольшой амплитудой, малыми и средними мышечными усилиями. Для выполнения двигательных действий необходимы общая выносливость, статическая силовая выносливость основных мышечных групп, ловкость, быстрота реакции. Работа часто происходит на фоне

эмоционального напряжения, вызванного психологическими трудностями, что требует проявления выдержки и самообладания, смелости и решительности. Как правило, нагрузка адекватна возможностям работающих. В редких случаях наблюдаются признаки значительного общего утомления.

Для такой профессии может быть рекомендован ряд упражнений. Виды и характеристики упражнений представлены в таблице 2.



Рисунок 7. – Профессиограмма программиста

Таблица 2.

Виды упражнений	Характеристика
Развитие общей выносливости	длительный бег, передвижение на лыжах, езда на велосипеде, плавание, гребля
Развитие статической силовой выносливости основных мышечных групп и динамической силовой выносливости мышц туловища и верхних конечностей	приседы и полуприседы на правой и левой ноге, равновесия на одной ноге, на колене, с наклонами; мост на правой и левой руке, ноге, на предплечьях; стойки на лопатках, груди, предплечьях, голове, руках; вис углом; поднятие туловища лежа на бедрах на гимнастическом коне лицом вниз; отжимание на брусьях; лазание по канату с помощью и без помощи ног; упражнения со скакалкой и гантелями (жим, разведение рук, тяга стоя, лежа и в наклоне), выполняемые с отягощением 30 % от максимального; борьба в стойке и партере.
Развитие ловкости с акцентированным воздействием на вестибулярный аппарат	жонглирование двумя мячами, стоя на набивных мячах; кувырки в сочетании с прыжками и поворотами вокруг вертикальной оси; приставные шаги с наклонами и поворотами налево и направо; ходьба и бег с дополнительными движениями на повышенной опоре (скамейке, столбиках); ведение баскетбольного мяча поочередно правой и левой рукой, со сменой направления движения, с закрытыми глазами.
Развитие быстроты	бег со стартом из различных положений по звуковому и световому сигналу; бег с рывками и остановками по сигналам разных цветов; ловля и передача мяча на месте и в движении, 2-3 мячей одновременно; броски теннисного мяча в стенку и ловля его пальцами рук; игра в баскетбол, волейбол, футбол, теннис по обычным и упрощенным правилам. Упражнения с мячом способствуют также совершенствованию объема, устойчивости и других свойств внимания. Многие из приведенных упражнений, например, равновесия, жонглирование, формируют поддержку и самообладание, а борцовские поединки или передвижение на повышенной опоре - смелость и решительность

Обозначенные средства ППФП следует использовать при подготовке к трудовой деятельности.

Специально подобранные физические упражнения должны быть включены непосредственно в режим труда и отдыха для ускорения процесса вработывания, поддержания высокой работоспособности.

Таким образом, представленные в статьях, учебных пособиях и пр. знания могут быть формализованы и представлены в виде онтологии.

### 3. Представление знания с использованием логики предикатов в онтологии

Ранее предложенная авторами онтология [10] дополняется рядом концептов, таких как ППФП, профессионально-важные качества, факторы, и пр. В частности, ранее приведенные концепты предметной области.

В разрабатываемой онтологии формулируются правила. Для их формализации используется логика предикатов первого порядка.

Пусть  $x_1, x_2, \dots, x_n$  произвольные предметные переменные, принадлежащие множеству  $X$ . Предикатом, определенным на предметной области  $X$ , является отображение множества  $X$  во множество высказываний.

Под предикатом  $P(x)$  будем понимать отображения произвольных множеств во множество высказываний. Одноместный предикат  $P(x)$  - это утверждение об объекте  $x$ , где  $x$  рассматривается как переменная. При фиксации значения переменной  $x$  об утверждении можно сказать, истинно оно или ложно.

То есть, если в  $P(x)$  вместо  $x$  подставить конкретный изучаемый объект  $a$ , то получаем высказывание, принадлежащее алгебре высказываний:  $P: x \rightarrow \{И, Л\}$ , т.е.  $P$  задает семантическую характеристику.

Логика высказываний расширяется до логики предикатов за счет включения утверждений, являющихся предикатами.

Поскольку предикаты представляют собой отображения со значениями во множестве высказываний, где введены логические операции (конъюнкция, дизъюнкция, отрицание, импликация и др.), эти операции определяются и для предикатов. Значения истинности сложных предикатов находятся в зависимости от значений связываемых предикатов по тем же правилам, что и для высказываний.

Пусть заданы два одноместных предиката  $R(x)$  и  $E(x)$ , определенных на некотором множестве  $M$ . Тогда конъюнкция  $P_1(x) \equiv R(x) \& E(x)$  представляет собой предикат, который истинен для тех и только для тех объектов из  $M$ , для которых оба предиката истинны.

Дизъюнкция  $P_2(x) \equiv R(x) \vee E(x)$  - это предикат, который ложен для тех и только для тех объектов из  $M$ , для которых оба предиката ложны.

Отрицание  $P_3(x) \equiv \neg R(x)$  - это предикат, который истинен для тех и только для тех объектов из  $M$ , для которых предикат  $R(x)$  ложен.

Введение переменных и функций позволяет более подробно, чем через описание элементарных высказываний описывать предметную область. Но если решение можно было найти перебором элементарных высказываний, то это затрудняет поиск решения. Возникает необходимость поиска новых методов. Квантор как общее название для логических операций, ограничивающих область истинности какого-либо предиката (например, для всех), позволяет сделать теорию предикатов более гибкой.

Примером представления знаний для разработанной онтологии может служить:

$P_i$  (Профессия=Програмист & Профессионально-важные качества=слабое зрение)  $\rightarrow 0$ , поскольку имеются противоположания.

Таким образом могут быть представлены знания с использованием логики предикатов.

Следующим методом выявления знаний может служить кластеризация.

#### 4. Кластерный анализ данных

Для анализа данных используется аналитическая платформа Deductor Studio, в частности, для кластеризации объектов - нейронная сеть Кохонена. Объекты (их характеристик, т.е. данные о каждом студенте) описаны некоторым вектором признаков. Целью анализа является выявление схожих объектов, для формирования комплекса упражнений для группы студентов.

Сеть Кохонена включает два слоя нейронов: входной и выходной. Процедура кластеризация проходит в два этапа: обучение сети Кохонена; объединение ячеек в кластеры (алгоритм k-means или G-means). Расстояние между векторами признаков  $x$  и упределвлено следующим образом:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i}{100} (x_i - y_i)\right)^2}, \quad \text{где } z_i -$$

установленное значение значимости.

При задании параметров обучения карты возможно использование таких способов инициализации начальных весов, как скорость обучения: в начале обучения (по умолчанию 0,3); в конце обучения (по умолчанию 0,005). Согласно вышеприведенным, текущее значение скорости обучения на момент текущей эпохи  $T$  определяется по формуле:

$$V = V_s \left( \frac{V_e}{V_s} \right)^{\frac{T}{T_{max}}}, \quad \text{где } V_s, V_e - \text{ скорости обучения в}$$

начале и в конце соответственно,  $T_{max}$  - максимальное количество эпох (задается в параметрах остановки обучения).

Радиус обучения может быть установлен - в начале обучения (по умолчанию 3); в конце обучения (по умолчанию 0,1).

Текущий радиус обучения в эпоху  $T$  определяется по формуле:

$$R = R_s \left( \frac{R_e}{R_s} \right)^{\frac{T}{T_{max}}}, \quad \text{где } R_s, R_e - \text{ радиусы обучения в}$$

начале и в конце соответственно. Функция соседства определяет, какие нейроны и в какой степени будут считаться соседними по отношению к нейрону-победителю. Параметр, как правило, принимает такие значения: Ступенчатая и Гауссова. Если функция соседства Ступенчатая, то «соседями» для нейрона-победителя будут считаться все нейроны, линейное расстояние на 2-х мерной карте до которых не больше текущего радиуса обучения. При использовании Гауссовой функция соседства «соседями» для нейрона-победителя будут считаться все нейроны карты, но в разной степени полноты.

При этом степень соседства определяется

следующей функцией:  $h = e^{-\frac{d^2}{2r}}$ , где  $h$  - значение, определяющее степень соседства,  $d$  - линейное расстояние от нейрона победителя до нейрона «соседа»,  $r$  - текущий радиус обучения.

Уровень значимости (по умолчанию 0,1) как некоторый параметр, который автоматически определяет количество кластеров. Уровень значимости представляет собой вероятность справедливости нулевой гипотезы о том, что значения в имеющемся наборе данных распределены по нормальному закону. Этот параметр используется для выделения кластеров алгоритмом G-means. Возможна установка фиксированного количества кластеров (по умолчанию 7)

Параметром остановки обучения выступает - ошибка, т.е. ошибка меньше которой пример считается распознанным. По умолчанию принимается значение 0,05. В качестве критерия останова будет условие, что рассогласование между эталонным и реальным выходом карты становится меньше заданного значения.

Ошибка есть расстояние от вектора признаков примера  $x$  до вектора признаков ближайшей ячейки  $u$ :  $Error = d(x, y)$ .

Варианты окончания обучения могут быть следующими: по достижению; при установлении средней ошибки на обучающем множестве меньше

заданного пользователем значения; если максимальная ошибка на обучающем множестве меньше заданного пользователем значения; если процент распознанных примеров на обучающем множестве больше заданного пользователем значения и др.

С использованием полученных результатов кластеризации в комплексе со знаниями эксперта возможно формирование продукционных правил.

В качестве примеров могут быть приведены следующие правила:

- Если <студент имеет заболевание>&<заболевание = «сколиоз»> & <упражнения для укрепления мышц шеи и спины> → 1.
- Если <студент имеет заболевание>&<заболевание = «бронхиальная астма»> & <упражнения на дыхание> → 1;
- Если <студент = «юноша»>&<значение норматива подтягивание на перекладине <<12»> & <упражнения для укрепления мышц рук> → 1.

## Заключение

Поддержку управленческих решений в рассматриваемой области предложено проводить на основе онтологического моделирования. Описанная предметная область ППФП легко позволяет разработать таксономию. Ранее разработанная онтология для задачи учета физической подготовленности студента может быть дополнена рядом концептов, которые определены областью ППФП.

Для формирования правил в онтологии предварительно проводится анализ данных. Данные для проведения кластеризации, проводимой с целью выявления общих характеристик (свойств) студентов (новых знаний), предлагается получать с использованием методов оценки профессионально-важных физических и психических качеств (в дополнение к ранее собранным при оценке физической подготовленности студента).

Онтологическое моделирование на данном этапе решения задачи используется для формального описания предметной области и формирования рекомендаций.

Результаты исследований, приведенные в статье, частично поддержаны грантами РФФИ 16-07-00773, 18-07-00193.

## Список используемых источников

1. Формализация экспертных знаний в системах поддержки принятия решений / А.В. Крошилин, С.В. Крошилина// Ползуновский вестник. №2. 2010. С. 181-185.
2. Профессионально-прикладная физическая подготовка: учеб. пособие / Е. В. Матухно. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 97 с.
3. Егоров Г.Е. Классификация видов спорта по характеру их влияния на опорно-двигательный аппарат спортсмена и некоторые рекомендации по рациональной ориентации детей в спорте. // В сб.: Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. - Л., 1983. - С. 105 - 107.
4. Психолого-педагогическая диагностика профессионально важных личностных качеств: учебное пособие. / Сост. Е.О. Тарасова. – Сызрань: филиал Самар. гос. техн. ун-т, 2010. - 128 с.:
5. Гаврилова ТА., Хорошевский В.Ф., 2000. Базы знаний интеллектуальных систем / Учебник для вузов. – СПб, Изд-во «Питер», 2000.
6. Авдошин, С.М. Онтологический инжиниринг/ С.М. Авдошин, М.П.Шатилов // Бизнес-информатика №2–2007 г. – С. 3-13.
7. Сметанина О.Н., Информационные аспекты профессиональной прикладной физической подготовки студентов / О.Н. Сметанина, М.М. Гаянова, Т.В. Наумова, Р.Ч. Гаянов // Информационные технологии интеллектуальной поддержки решений: Труды Междунар. конф., Уфа: Изд-во Уфимского гос. авиац. техн. ун-та, 2016. Т.1. С. 186-191.
8. Методические аспекты искусственного интеллекта/Гузаиров М.Б., Юсупова Н.И., Кудряшев А.Ф., Елхова О.И., Попов Д.В., Ризванов Д.А., Еникеева К.Р., Доломатов М.Ю., Ярцев Р.А., Сметанина О.Н., Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Макеев Г.А., Гаянова М.М., Бойко М.В., Богданова Д.Р., Климова А.В., Галямов А.Ф., Орехов Ю.В., Орехов Э.Ю. и др. монография / Уфимский государственный авиационный технический университет, Научный совет РАН по методологии искусственного интеллекта, Рецензенты: профессор В.М. Картак, профессор Д.Е. Сорокин. Москва, 2014.
9. Сметанина О.Н. Информационное, математическое и программное обеспечение поддержки решений при отборе претендентов / О.Н. Сметанина, М.Б. Гузаиров, Д.Ф. Сафиуллина,

А.М. Маркушева // Вестник УГАТУ, науч. Журнал  
– Уфа, УГАТУ, 2014, Т. 18, № 5 (66), С.185-191.

10. Сметанина О.Н. Система поддержки принятия решений при управлении уровнем физического развития студентов / О.Н. Сметанина, М.М. Гаянова, Т.В. Наумова, Р.Ч. Гаянов // Информационные технологии интеллектуальной поддержки решений: Труды Междунар. конф., Уфа: Изд-во Уфимского гос. авиац. техн. ун-та, 2015. Т.1. С 162-167.