

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРУКТУРНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

К. А. Алейникова¹, В. Г. Мокрозуб¹, А. П. Рыжков², В. Е. Дидрих²

*Кафедры: «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» (1),
merkushova1412@mail.ru; «Информационные системы и защита информации» (2);
ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: качество функционирования; кластеризация; организационно-техническая система; принятие решений; структурный элемент деятельности; теория множеств; управление.

Аннотация: На основе анализа предметной области обосновано применение математического аппарата теории множеств и методов кластеризации при поддержке принятия решений по управлению качеством функционирования структурного элемента деятельности. Предложена структурная модель процесса функционирования структурного элемента деятельности в организационно-технической системе. Получено формальное описание этого процесса, представлен алгоритм группировки структурных элементов деятельности по критерию готовности к выполнению задач по предназначению.

Введение

Современные средства информационного воздействия на структурный элемент деятельности организационно-технической системы (ОТС) (видео, аудио и прочее), включая инструментальные и программные средства для создания обучающих программ, тренажеров и других средств освоения ОТС, не всегда отвечают требованию общности и носят явный отпечаток ориентации на определенные предметные области. Скорее всего, это обусловлено двумя основными факторами. Во-первых, отсутствует единая общепризнанная теория создания тренажеров, компьютерных обучающих и им подобных систем. Во-вторых, сама задача подготовки специалистов по применению ОТС в самом широком смысле этого слова настолько сложна, что слабо поддается формализации и автоматизации. Поэтому каждая группа разработчиков, обычно обладающая знаниями в какой-либо определенной предметной области, пытается создать нечто универсальное, неизбежно приходит к необходимости сузить функциональные возможности системы и ограничить их решением наиболее проработанных и/или близких им задач. Отчасти это может служить объяснением сложившейся в настоящее время ситуации, когда существующие средства подготовки не находят широкого применения и часто не выходят за рамки круга разработчиков. Нами уточнено понятие модели структурного элемента деятельности, как центральной компоненты, позволяющей обеспечивать управление качеством его функционирования. Ее реализация предполагает наличие структуры данных, содержащей существенные для системы характеристики конкретного структурного элемента деятельности.

Цель исследования – формализация постановки задачи поддержки принятия решений (**ППР**) при управлении качеством структурного элемента деятельности (**СЭД**) на основе использования интеллектуальных методов анализа данных, ориентированных на повышение эффективности управленческих решений в ОТС.

Объект исследования – процесс функционирования СЭД и оценки качества его функционирования. Предметы исследования – модели, методы и алгоритмы в задачах ППР при управлении качеством функционирования структурного элемента деятельности на основе использования в ОТС интеллектуальных технологий.

Уточнение предметной области

Организационно-технической называется такая система, структурными элементами которой являются люди и технические средства/устройства, осуществляющие преобразование ее ресурсов [1]. Как правило, ОТС являются сложными многоуровневыми системами, состоящими из множества взаимодействующих элементов и подсистем. Характерной особенностью ОТС, отличающей ее от систем другого типа, например, технических, является то, что каждый эргатический элемент ОТС принимает решение по организации действий, то есть является решающим элементом. Наиболее остро стоит проблема оценки в области подготовки эргатического элемента ОТС.

В работе [1] представлена модель структурного элемента деятельности, которая полностью отражает процессы функционирования, оценки качества подготовки и формирования информационного воздействия на эргатический элемент ОТС, который в дальнейшем назовем СЭД. Основываясь на данном представлении, построим структурную модель подготовки СЭД к выполнению задач по предназначению, в основе архитектуры которой лежит модель процесса освоения специалистом сложной технической системы, представленная в [2] (рис. 1). Имеется цель, выраженная в терминах текущих характеристик СЭД (оператора ОТС), и пока цель не будет достигнута, повторяется следующая последовательность действий:

- на основании текущего состояния оператора и методики освоения генерируется очередная задача (здесь задача понимается широко как любая информация, требующая ответных действий оператора);

- ответ СЭД сравнивается с эталонным решением и на основании сравнений различий проводится диагностика его ошибок;

- по результатам диагностики корректируются текущие характеристики СЭД.

В структуре модели выделены следующие подсистемы: учебная база знаний (**БЗ**) для данной предметной области (**ПО**); модель СЭД; БЗ о возможных ошибках оператора; БЗ о процессе освоения.

База знаний описывает не только основные понятия и методы решения задач в процессе освоения, но и содержит определения понятий, описания методов, примеры, упражнения и задачи [3].

Модель СЭД содержит информацию о состоянии его знаний, как общие, интегрированные характеристики, так и те, которые отражают усвоение им текущего учебного материала. Первоначально модель СЭД формируется во время предварительного тестирования. В терминах модели СЭД выражается цель освоения ОТС.

База знаний об ошибках оператора (**БЗО**) содержит каталог возможных ошибок и правила выдвижения и проверки гипотез о неправильных представлениях, приведших к данной ошибке. База знаний о процессе освоения содержит общие и частные методики.

Для поддержания «разумного» процесса освоения ОТС инструктор использует специальные знания трех основных типов: о предмете освоения, стратегии и методах освоения, об операторе. К этим специальным типам знаний можно добавить

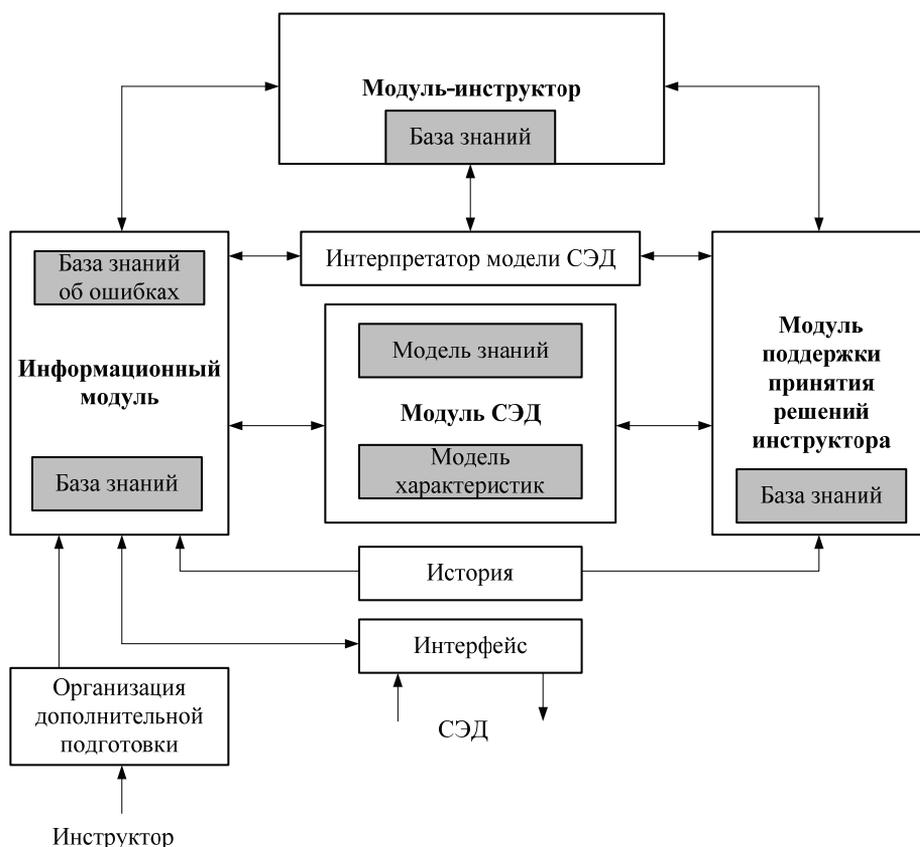


Рис. 1. Структурная модель процесса подготовки СЭД

коммуникативные функции: передачу знаний СЭД, выбор формы и других характеристик сообщений, восприятие его ответов. В традиционных информационных системах освоения (ИСО) фрагменты знаний, необходимые для реализации конкретной части программы, были жестко встроены в процедуры выполнения отдельных элементарных шагов [4, 5].

В предложенной системе подготовки необходимые знания явно выделены и представлены, как правило, с помощью методов и технологий инженерии знаний. Используя их, система выполняет различные функции инструктора. Идеальная ИСО должна «уметь» представлять и использовать все перечисленные типы знаний, что позволяет определить ее структуру в виде набора взаимодействующих модулей, в каждом из которых сосредоточены знания одного типа.

Модуль-инструктор содержит фактографические, процедурные и другие знания о предметной области (ПО).

Компонента ИОС, представляющая знания системы об операторе, называется моделью оператора, которая постоянно обновляется в ходе освоения в соответствии с изменением отражаемых ею характеристик оператора. В идеальной ИСО такая модель используется всеми модулями системы для адаптации их работы к конкретному оператору.

Информационный модуль представляет знания эксперта-инструктора об организации и поддержке целенаправленного процесса освоения. На основе стратегии освоения ОТС с учетом модели оператора модуль-инструктор обеспечивает управление всем процессом освоения ОТС. Модуль-интерпретатор содержит в себе знания, необходимые для поддержки взаимодействия с оператором.

Модуль оператора – центральный компонент, позволяющий обеспечивать качество управления процессом освоения ОТС. Он включает базу данных, содержащую в каждый момент времени существенные для системы характеристики конкретного оператора.

При этом модель СЭД разделена на две основные компоненты:

– модель личностных характеристик, например, скорость освоения материала, начальные навыки и знания в предметной области, склонность к определенному типу освоению информации;

– модель знаний о предмете и цели.

Первая отражает достаточно устойчивые личностные (когнитивные) характеристики оператора, вторая – картину знаний и умений конкретного оператора по изучаемому модулю ОТС в данный момент времени. Модель оператора после создания ИСО должна поддерживаться в актуальном состоянии. Основной функцией модуля поддержки модели СЭД является определение текущего состояния знаний оператора на основе его наблюдаемого поведения. В процессе логического вывода для принятия решений по управлению освоением ОТС модуль ППП может использовать не только последние действия оператора, но и полную запись его взаимодействия с системой. При принятии решения об уровне текущего состояния профессионально-важных компетенций конкретного оператора в модуле ППП используется собственная база знаний об операторах.

Кроме того, модуль поддержки может использовать возможности модуля-инструктора ПО для сравнения поведения оператора с поведением эксперта-инструктора в той же ситуации, что обеспечивает эффективную «диагностику» знаний. Текущее состояние знаний и личностные характеристики оператора используются модулем-инструктором для индивидуализации процесса обучения. В некоторых системах модель СЭД имитирует поведение оператора и имеет вид функции, аналогичной функции машины логического вывода в интеллектуальной системе, что позволяет модулю-инструктору предсказывать действия оператора, а модулю поддержки модели СЭД подбирать соответствующую модель оператора.

Модель поддержки принятия решений при управлении качеством функционирования СЭД

По результатам вышеприведенного системного анализа процесса функционирования СЭД в ОТС и анализа структурной модели процесса подготовки СЭД, а также основываясь на модели, представленной в [2], сделан вывод, что процесс подготовки и контроля качества функционирования СЭД в ОТС определяется алгоритмом P целенаправленных действий по преобразованию моделей состояния системы и описывается выражением

$$M_{\text{тек}} \Rightarrow M_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{тек}} = \langle C_{\text{тек}}, AC_{\text{тек}}, I_{\text{тек}} \rangle$ – текущая, то есть имеющаяся в рассматриваемый момент времени информационная модель состояния (качества функционирования) ОТС; $M_{\text{тр}} = \langle C_{\text{тр}}, AC_{\text{тр}}, I_{\text{тр}} \rangle$ – информационная модель требуемого состояния ОТС с атрибутами, характеризующими ее работоспособное состояние; $C_{\text{тек}}, C_{\text{тр}}$ – множества сообщений соответственно о текущем и требуемом состояниях системы; $AC_{\text{тек}}, AC_{\text{тр}}$ – множества атрибутов типовых сообщений соответственно о текущем и требуемом состояниях системы; $I_{\text{тек}}, I_{\text{тр}}$ – множества соответственно текущих и требуемых состояний элементов индикации средств отображения информации.

Алгоритм действий для перевода ОТС из исходного (текущего) состояния в требуемое определяется выражением [2]

$$P = \langle N_{\text{ОТС}}, A_{\text{ОТС}}, O_{\text{ОТС}}, S_{\text{ОТС}} \rangle, \quad (2)$$

где $N_{\text{ОТС}}, A_{\text{ОТС}}, O_{\text{ОТС}}, S_{\text{ОТС}}$ – множества соответственно элементов ОТС, типовых операций при переводе ОТС из исходного (текущего) состояния в требуемое, отношений между элементами системы, состояний ОТС.

Задача ППР, в результате решения которой достигается цель, при формировании информационного воздействия на СЭД описывается выражением [2]

$$Z_{\text{ППР}} = \langle U_{\text{ППР}}, R_{\text{ППР}}, P \rangle, \quad (3)$$

где $R_{\text{ППР}}$ – результат решения задачи $Z_{\text{ППР}}$; $U_{\text{ППР}} = F(R_{\text{ППР}}, P)$.

Результат решения задачи ППР при управлении качеством функционирования СЭД представлен в виде

$$U_{\text{ППР}} = F(R_{\text{ППР}}, P),$$

где $F(\bullet)$ – алгоритм, позволяющий синтезировать оптимальное управление на основе планируемых результатов решения задачи $R_{\text{ППР}}$ и возможных алгоритмов действий P по переводу ОТС из текущего состояния в требуемое.

Выражения (1) – (3) представляют собой математическую модель ППР при управлении качеством функционирования СЭД в ОТС.

Анализ выражений (1) – (3) позволяет сделать вывод о том, что функционирование СЭД в контуре управления ОТС рассматривается как процесс преобразования некоторого исходного состояния системы в состояние, обеспечивающее выполнение функциональных задач с требуемым качеством.

Анализ модели

В соответствии с этим задача Z обеспечения СЭД (человеком-оператором) требуемого качества функционирования ОТС определяется как кортеж

$$Z = \langle P, M_{\text{тек}}, M_{\text{тр}} \rangle. \quad (4)$$

В связи с большим количеством накопленной информации в процессе подготовки СЭД к профессиональной деятельности актуальной становится задача обработки и анализа данных в целях получения новых практически полезных знаний, которые будут доступны интерпретации для принятия рационального решения, в том числе и по управлению качеством функционирования СЭД. Использование данной информации, наряду с информацией о понимании места и формы контроля качества функционирования СЭД, позволяет создавать интеллектуальные системы или средства подготовки (ИСП) специалистов по эксплуатации и применению ОТС по назначению, которые позволят не просто научить СЭД и контролировать его компетенции, но и по результатам его деятельности обеспечить формирование информационного воздействия на СЭД или их группы, максимально эффективное, с точки зрения обеспечения качества его функционирования. Раскрывая вышесказанное, в процессе управления качеством функционирования СЭД автоматизируются процедуры ППР о формах и способах контроля, например, определив, какие знания недостаточны или ошибочны, можно вернуть его на соответствующий раздел теории или практики либо дать дополнительные разъяснения или задания. Такая система позволит адаптировать процесс подготовки под особенности каждого конкретного СЭД [6 – 9].

Для облегчения процесса подготовки СЭД к решению задач по предназначению (в некоторых ОТС может насчитываться большое количество СЭД), целесообразна группировка отдельных СЭД по критерию уровня профессионально важных компетенций.

Идея группировки СЭД посредством кластерного анализа используется давно. Например, кластеризация студентов по успеваемости, выполненная на основе определенного числа факторов, позволят выделять группы с различным уровнем знаний по предметной области, провести анализ полученных результатов с выявлением причин, способствующих получению студентом того или иного результата, и определить соответствующее информационное воздействие для повышения качества работы.

Для решения задачи группировки СЭД по уровню профессионально важных компетенций и выделения закономерностей в полученных группах использовались карты Кохонена, в основе которых лежит нейронная сеть с обучением без учителя, позволяющая решать задачи кластеризации, снижения размерности пространства признаков и визуализации многомерных данных.

В процессе обучения сети на ее вход поступают признаки, характеризующие объекты, и сеть настраивается под определенные закономерности, существующие в этих признаках выборки. В начале процедуры обучения случайно выбирается расположение центров кластеров. По завершении обучения карты Кохонена формируют такую топологическую карту, где объекты со схожими признаками представляют собой кластеры. Сравнительный анализ карт Кохонена для входных признаков объектов и полученных кластеров позволяет оценить влияние признаков на кластеризацию с выдачей соответствующих рекомендаций [6].

В данной работе в качестве объектов кластеризации выступают СЭД. В качестве входных признаков – четыре фактора, значения которых можно оценить в ходе изучения дисциплины: средний балл в ходе изучения предметной области, полученный по результатам текущих оценок; количество пропусков в течение семестра; общее количество полученных оценок и оценка, полученная на экзамене.

Требуется разбить такую выборку на четыре типологические группы, характеризующие успеваемость студентов: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «плохо». Таким образом, число формируемых кластеров равно четырем.

Для решения рассматриваемой задачи использовалась аналитическая интерактивная платформа Deductor Studio. Данный программный продукт выбран по ряду причин, а именно:

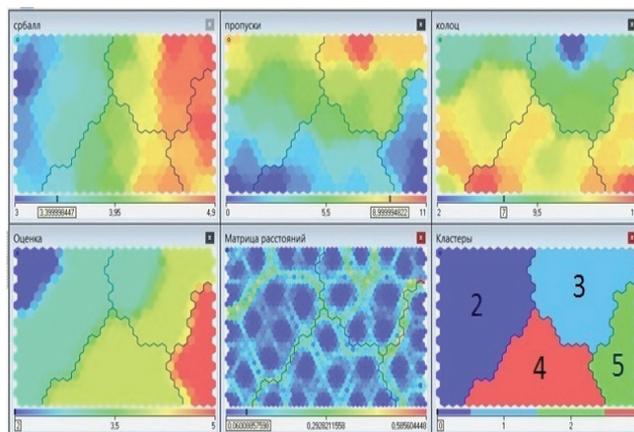
- консолидация данных в хранилище: быстрый, унифицированный и непротиворечивый источник информации для анализа;
- OLAP-модуль: кросс-таблицы и кросс-диаграммы для многомерного анализа данных;
- самообучающиеся алгоритмы и машинное обучение: деревья решений, нейронные сети, самоорганизующиеся карты, ассоциативные правила;
- специализированные визуализаторы, облегчающие интерпретацию и повышающие доверие к результатам.

При этом использовались карты Кохонена размером 24 на 18 с шестиугольными ячейками.

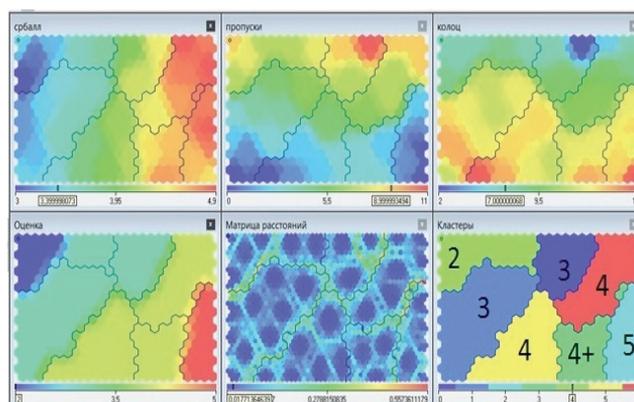
На рисунке 2 представлены исходные данные для кластеризации СЭД по качеству подготовки, загруженные в Deductor Studio; на рис. 3, а, изображены карты Кохонена для полученных кластеров и признаков, используемых для кластеризации. На карте кластеров использованы следующие цифровые обозначения групп: 2 (кластер 0) – слабоуспевающая; 3 (кластер 1) – удовлетворительно успевающая; 4 (кластер 3) – хорошо успевающая и 5 (кластер 2) – отлично успевающая.

Таблица				
1 / 38				
	средний балл	количество пропусков	количество оценок	оценка за экзамен
▶	4,4	11	2	3
	4,8	0	13	5
	3,8	1	15	4
	4,4	6	10	4
	3,4	0	12	3
	4,1	5	14	4
	4,8	2	13	5
	4,8	9	7	4
	3,5	5	12	3
	4,7	3	15	3
	4,2	3	12	4
	4,8	7	9	4
	3,4	4	13	3
	4,9	9	8	4
	3,7	8	7	3
	4,6	2	13	4

Рис. 2. Исходные данные для кластеризации



а)



б)

Рис. 3. Карты Кохонена для четырех (а) и семи (б) кластеров

Визуализатор «Профили кластеров» позволяет определить значимость каждого из используемых признаков на результаты кластеризации (рис. 4). Так, например, для СЭД, попавших в группу «отлично», все исходные признаки имеют приблизительно одинаковую значимость.

Более детальная кластеризация СЭД по уровню профессионально важных качеств получается при делении на большее число кластеров. В работе проведено разбиение выборки с исходными данными на 7 кластеров (рис. 3, б).

Полученные результаты проведенного моделирования позволили выявить группы слабо успевающих СЭД по выбранной предметной области, нуждающихся в индивидуальном подходе к освоению материала, и группы СЭД, способных перейти в более высокий кластер. При разбиении на семь кластеров такие группы попадали в отдельные кластеры, занимающие промежуточное положение между указанными выше четырьмя основными кластерами. Это видно из совместного анализа карт Кохонена для четырех и семи кластеров (рис. 5).

Треугольником выделены группы СЭД, которые потенциально способны осваивать профессионально важные качества в большем объеме в сравнении с имеющимся результатом (учиться значительно лучше имеющегося результата), а квадратом – группа студентов, требующая пристального индивидуального внимания.

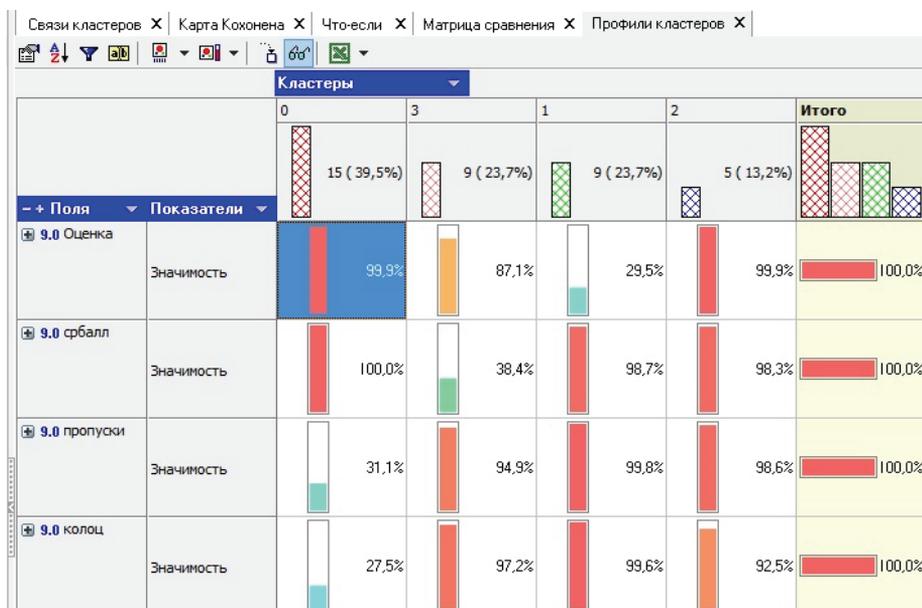


Рис. 4. Профили кластеров



Рис. 5. Сравнительный анализ карт Кохонена для четырех и семи кластеров

Использование полученной модели позволяет проводить аналогичную кластеризацию СЭД для проверки качества функционирования в любых предметных областях и для любого вида деятельности. Для этого необходимо иметь к этому моменту времени фактические результаты работы СЭД по выбранной предметной области. Полученные результаты кластеризации позволяют судить о качестве процесса освоения ОТС и формировать решения по способам управления ими.

Заключение

В настоящее время интерактивные технологии стали активно применяться в ИСП для подготовки СЭД ОТС. В информационном обществе без овладения интеллектуальными технологиями и умения использовать компьютерные средства для решения определенных задач немислима реализация потенциала СЭД в современной науке, работе и иных сферах жизни. Целью внедрения интеллектуальных технологий является усиление интеллектуальных возможностей СЭД в информационном обществе, а также индивидуализация, интенсификация процесса освоения ОТС и возможность контроля получаемых профессионально-важных качеств. Использование данных технологий позволяет повысить эффективность управления качеством подготовки СЭД. Например, в течение длительного периода в информационных системах учебных заведений накапливается информация о различных аспектах образовательного процесса: о студентах и их успеваемости, преподавателях и их научно-образовательной работе. Анализ такой информации, поступающей от всех участников образовательного процесса на его различных этапах, будет способствовать повышению эффективности управления качеством подготовки СЭД в сфере образования.

Список литературы

1. Белов, М. В. Модели технологий / М. В. Белов, Д. А. Новиков. – М. : Лепанд, 2019. – 160 с.
2. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах / В. В. Алексеев, С. И. Корыстин, В. А. Малышев, В. В. Сысоев. – М. : СТЕНСВИЛ, 2003. – 163 с.
3. Меркушова, К. А. Интеллектуальный анализ данных в задаче определения итоговой оценки по результатам текущего контроля / К. А. Меркушова, А. П. Рыжков // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации : материалы XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14–20 сентября 2018 г., Алушта. – Тамбов, 2018. – С. 116–117.
4. Рыжков, А. П. Кластеризация студентов по успеваемости с применением карт Кохонена / А. П. Рыжков, К. А. Меркушова // Нейрокомпьютеры и их применение : материалы XIX Всероссийской науч. конф., 30 марта 2021 г., Москва. – М., 2021. – С. 158–160.
5. Меркушова, К. А. Анализ возможностей применения алгоритмов Data Mining для оценки знаний студентов / К. А. Меркушова, А. П. Рыжков // Интеллектуальные информационные системы : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 2–4 декабря 2020 г., Воронеж. – Воронеж, 2021. – С. 49–52.
6. Математическая модель управления качеством информационного процесса в эрготехнических системах / А. Н. Талах, В. В. Алексеев, А. О. Жуков [и др.] // Инженерная физика. – 2018. – № 2. – С. 25–30.
7. Емельянов, Е. В. Современное состояние и перспективы развития автоматизированных средств управления состоянием сложных технических систем / Е. В. Емельянов, А. А. Стрельцов // Концепция развития и применения РТК военного назначения в интересах РВСН / Под общ. ред. Р. О. Ногина. – Балашиха : ВА РВСН им. Петра Великого, 2018. – С. 14–25.

8. Зайцев, А. В. Методология повышения качества эргатического элемента в эрготехнических системах на основе искусственного интеллекта / А. В. Зайцев, П. С. Лысункин // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3 (23). – С. 17 – 22. doi: 10.21685/2307-4205-2018-3-3

9. Шишкин, А. А. Информационная система подготовки операторов нейрокомпьютеров с использованием компетентностного подхода / А. А. Шишкин, В. В. Алексеев // Нейрокомпьютеры и их применение : материалы XVII Всероссийской науч. конф., 19 марта 2019 г., Москва. – М., 2019. – С. 72 – 74.

Formalization of Decision Support in Quality Management of the Structural Element Functioning in the Organizational-Technical System

К. А. Aleinikova¹, V. G. Mokrozub¹, A. P. Ryzhkov², V. E. Diedrich²

*Departments of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering (1),
merkushova1412@mail.ru;*

Information Systems and Information Security (2); TSTU, Tambov, Russia

Keywords: quality of functioning; clustering; organizational and technical system; making decisions; structural element of activity; set theory; control.

Abstract: Based on the analysis of the subject area, the application of the mathematical apparatus of the theory of sets and clustering methods is substantiated with the support of decision-making on quality management of a structural element functioning. A structural model of the process of the structural element functioning in the organizational-technical system is proposed. A formal description of this process is obtained; an algorithm for grouping the structural elements of activity according to the criterion of readiness to perform tasks for the intended purpose is presented.

References

1. Belov M.V., Novikov D.A. *Modeli tekhnologiy* [Models of technologies], Moscow: Lenand, 2019, 160 p. (In Russ.)
2. Alekseyev V.V., Korystin S.I., Malyshev V.A., Sysoyev V.V. *Modelirovaniye informatsionnogo vozdeystviya na ergaticheskiy element v ergotekhnicheskikh sistemakh* [Modeling of information impact on the ergatic element in ergotechnical systems], Moscow: STENSIVIL, 2003, 163 p. (In Russ.)
3. Merkushova K.A., Ryzhkov A.P. *Sovremennyye tekhnologii v zadachakh upravleniya, avtomatiki i obrabotki informatsii* [Modern technologies in control, automation and information processing], Proceedings of the XXVII International Scientific and technical conference, 14 - 20 September, 2018, Alushta, Tambov, 2018, pp. 116-117. (In Russ.)
4. Ryzhkov A.P., Merkushova K.A. *Neyrokomp'yutery i ikh primeneniye* [Neurocomputers and their application], Proceedings of the XIX All-Russian Scientific Conference, 30 March, 2021, Moscow, 2021, pp. 158-160. (In Russ.)
5. Merkushova K.A., Ryzhkov A.P. *Intellektual'nyye informatsionnyye sistemy* [Intelligent information systems], Proceedings of the International scientific and practical conference, 2 - 4 December, 2020, Voronezh, 2021, pp. 49-52. (In Russ.)
6. Talakh A.N., Alekseyev V.V., Zhukov A.O., Kulakov A.V., Tyutyunnik V.M. [Mathematical model of information process quality management in ergotechnical systems], *Inzhenernaya fizika* [Engineering physics], 2018, no. 2, pp. 25-30. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Yemel'yanov Ye.V., Strel'tsov A.A., Nogin R.O. [Ed.] *Kontseptsiya razvitiya i primeneniya RTK voyennogo naznacheniya v interesakh RVSN* [The concept of development and use of military RTK in the interests of the Strategic Missile Forces], Balashikha: VA RVSN im. Petra Velikogo, 2018, pp. 14-25. (In Russ.)

8. Zaytsev A.V., Lysunkin P.S. [Methodology for improving the quality of an ergatic element in ergotechnical systems based on artificial intelligence], *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system* [Reliability and quality of complex systems], 2018, no. 3 (23), pp. 17-22, doi: 10.21685/2307-4205-2018-3-3 (In Russ., abstract in Eng.)

9. Shishkin A.A., Alekseyev V.V. *Neyrokomp'yutery i ikh primeneniye* [Neurocomputers and their application], Proceedings of the XVII All-Russian Scientific Conference, 19 March, 2019, Moscow, 2019, pp. 72-74. (In Russ.)

Formalisierung des Problems der Entscheidungsunterstützung beim Qualitätsmanagement des funktionierenden Strukturelements der Aktivität im organisatorischen und technischen System

Zusammenfassung: Ausgehend von der Analyse des Fachgebietes ist die Anwendung des mathematischen Apparates der Mengenlehre und der Clustering-Methoden mit Hilfe der Entscheidungsunterstützung zum Management der Qualität des Funktionierens des Strukturelementes der Tätigkeit begründet. Es ist ein Strukturmodell des Funktionierens des Strukturelementes der Aktivität im organisatorischen und technischen System vorgeschlagen. Eine formale Beschreibung dieses Prozesses ist erhalten, ein Algorithmus zur Gruppierung der Strukturelemente der Aktivität nach dem Kriterium der Bereitschaft zur Erfüllung von Aufgaben für den beabsichtigten Zweck ist vorgestellt.

Formalisation de la tâche d'appui à la décision lors de la gestion de la qualité du fonctionnement de l'élément structurel de l'activité dans le système organisationnel et technique

Résumé: A la base de l'analyse du domaine, est justifiée l'application de l'appareil mathématique de la théorie des ensembles et des méthodes de clustering avec l'appui de la prise de décision sur la gestion de la qualité du fonctionnement de l'élément structurel de l'activité. Est proposé un modèle structurel du processus du fonctionnement de l'élément structurel de l'activité dans le système organisationnel et technique. Est proposée une description formelle de ce processus. Est présenté un algorithme pour regrouper les éléments structurels de l'activité selon le critère de la disponibilité de l'exécution des tâches ciblées.

Авторы: *Алейникова Кристина Андреевна* – аспирант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Рыжков Алексей Петрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и защита информации»; *Дидрих Валерий Евгеньевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.