

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ

Рыжкова Мария Николаевна

кандидат технических наук, доцент Муромского института (филиала)
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых»

Кутарова Евгения Ивановна

магистрант кафедры ФПМ Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

E-mail: masmash@mail.ru.

Адрес: 602264, г. Муром, ул. Орловская, 23.

Аннотация: В статье предлагается механизм когнитивного моделирования результатов образовательной деятельности, в основе которого лежит метод построения когнитивной карты взаимосвязей дисциплин. В работе проведен теоретический анализ курса математики, физики и дисциплин радиотехнического профиля, прослежена взаимосвязь разделов. По результатам анализа взаимосвязанности разделов рассматриваемых курсов построена когнитивная карта. Использование когнитивной карты дает возможность прогнозировать входной уровень знаний для качественного усвоения профильных дисциплин направления подготовки в вузе. Для этого используется импульсный метод исследования.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, когнитивная карта, степень влияния, моделирование образовательного процесса.

Введение

Образовательные системы по своей сути являются сложными системами с большим числом внутренних взаимосвязей. При этом, эти взаимосвязи чаще всего являются качественными или не определенными строго. Чаще всего, ситуации, требующие определения внутренней структуры подобных систем, меняются с течением времени под действием внешних воздействий, под действием лица, принимающего решения. В этом случае говорят, что система трудно формализуема и слабо структурирована.

С точки зрения используемой математики, все подходы к моделированию можно разбить на несколько основных групп [1]:

1) статистический подход к моделированию образовательного процесса, в том числе с использованием нечисловой статистики [2-5];

2) вероятностный подход [6-8];

3) когнитивный подход к моделированию образовательного процесса [9-11], в том числе нечеткий когнитивный подход [12] и модели с построением когнитивных карт [13];

4) кибернетический подход к моделированию образовательного процесса [14-16];

5) модель онтологий в моделировании образовательного процесса [17-19], в том числе с использованием ассоциативных сетей [20];

6) семантические сети в обучающих [21-23];

7) интегральный подход к построению модели [24-28];

8) другие подходы, среди которых:

- модель, основанная на дифференциальном исчислении (Н.Ф. Добрынина),

- метод оптимума номинала (Г.В. Горелова, Е.А. Карпова),

- модель, основанная на вербальном анализе решения и теории множеств (В.И. Вopcихин, Е.Н. Прошкина),

- модели на основе матричных структур (И.М. Ткаченко) и некоторые другие.

Одним из подходов к моделированию слабоструктурированных систем является когнитивное моделирование, основанное на построении и анализе когнитивных карт, которые визуально отображаются с помощью ориентированного графа, вершинами которого являются

взаимодействующие факторы в системе, а ребрам ставятся в соответствие веса, которые выражают силу связи между отдельными факторами.

Целью данной работы стало рассмотрение влияния знаний студента по дисциплинам «Физика» и «Математика» на степень освоения профильной дисциплины «Электротехника».

Взаимосвязь дисциплин радиотехнического профиля с физикой и математикой

В современном вузовском образовании очень четко прослеживаются взаимосвязи естественнонаучных дисциплин и спецдисциплин технических направлений подготовки. Курсы общей физики и высшей математики являются базовыми для таких направлений подготовки как «Радиотехника», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Строительство», «Техносферная безопасность» и многих других. В основу большинства спецдисциплин по этим направлениям подготовки ложатся основные физические понятия, а для решения прикладных задач используются методы высшей математики.

Математика формирует у учащихся ту систему научных знаний и умений, которые выполняют прикладные и инструментальные функции в процессе освоения спецдисциплин. Поскольку каждую учебную дисциплину можно рассматривать как источник различных видов межпредметных связей, то проследим связи, которые обусловлены содержанием спецдисциплин и учитываются в содержании курса математики, и, наоборот, - идущие от математики к спецдисциплинам.

Теоретический анализ курса математики позволил выявить разделы, в которых межпредметный характер содержания проявляется наиболее ярко [29]. В этом отношении речь, прежде всего, идет о разделе «Математический анализ» с системой таких основных понятий, как «функция», «предел», «производная», «дифференциал», «интеграл», «ряд», а также с постоянно совершенствующимся и развивающимся аппаратом, основу которого составляют

дифференциальное и интегральное исчисление. Подчеркнем, что освоенные студентами навыки в дифференцировании и интегрировании открывают богатые возможности для глубокого изучения колебаний и волн различной физической природы. Огромный прикладной потенциал, заложенный в теории функций комплексного переменного (комплексный анализ), позволяет комплексным числам функционировать не только в математических дисциплинах, но и служить теоретическим инструментом для таких наук, как теория цифровой обработки сигналов (ЦОС), электротехника, электродинамика и распространение радиоволн, радиотехнические цепи и сигналы и др. Раздел математики «Ряды Фурье», изучающий периодические и непериодические функции, способы разложения их на компоненты, создает благоприятные предпосылки для фундаментального усвоения разделов «Переменные токи и напряжения», «Смещения, акустические волны», которые фактически отражают типичные практические примеры применения периодических функций в инженерных расчетах [30].

Курс физики для специальностей радиотехнического профиля является основополагающим теоретическим курсом. Большинство дисциплин этого направления базируются на таких фундаментальных понятиях физики как «колебания и волны», «постоянный и переменный электрический ток», «напряжение», «мощность», «закон Ома», «закон Кирхгофа», «электрическое и магнитное поле», «фотоэффект» и т.п. Анализ учебного плана направления подготовки «Радиотехника» позволил выделить несколько дисциплин, которые явно базируются на изучении курса общей физики, поскольку их содержание характеризуется бесспорными, внутренне обусловленными межпредметными связями [31, 32]:

- Электромагнитные поля и волны;
- Физические основы электроники;
- Радиоматериалы и радиокомпоненты;
- Электроника;
- Основы теории цепей;

– Электродинамика и распространение радиоволн.

Основными разделами курса физики, на которых базируются перечисленные дисциплины, являются «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны», «Физика твердого тела».

Использование когнитивных карт для анализа освоения дисциплин радиотехнического профиля

Построим когнитивную карту для разделов математики, физики и курса «Электротехника». Обозначим вершины, соответствующие разделам, цифрами: 1 – электротехника, разделы физики: 2 – электричество, 3 – магнетизм, 4 – колебания, 5 – волны, разделы математики: 6 – матрицы, 7 – теория вероятностей и математическая статистика, 8 – производные и интегралы, 9 – дифференциальные уравнения, 10 – комплексные числа, 11 – ТФКП, 12 – ряды Фурье, 13 – СЛАУ, 14 – функции и их графики, 15 – векторная алгебра.

Экспертами была установлена взаимосвязь разделов физики (таблица 1), разделов математики (таблица 2), которые влияют на курс «Электротехника», а также взаимосвязи разделов курсов математики и физики между собой (таблица 3).

Таблица 1. Взаимосвязь разделов физики

	2	3	4	5
2				
3	+			
4	+	+		
5	+	+	+	

Степень взаимосвязи раздела j с разделом i может быть найдена по схеме:

- 1) определим количество разделов, взаимосвязанных с разделом i : n_j
- 2) примем, что каждое понятие влияет на j одинаково:

$$\omega_{ji} = 1/n_j. \quad (1)$$

Результаты анализа взаимосвязанности разделов физики и математики между собой и с курсом «Электротехника», а также расчета степеней взаимосвязей приведены в таблице 4. По матрице смежности построили когнитивную карту

Таблица 2. Взаимосвязь разделов математики

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6										
7	+		+	+				+	+	
8	+							+	+	
9	+		+		+			+		
10									+	+
11			+		+				+	+
12			+		+	+			+	
13	+		+		+					
14			+							+
15	+								+	

Таблица 3. Взаимосвязь разделов математики и физики

	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	+		+	+	+	+	+	+		+
3			+							+
4			+	+	+	+	+		+	+
5			+	+					+	+

Необходимо определить вероятности овладения дисциплиной «Электротехника» при определенных знаниях по физике и математике. Для анализа вероятности используем импульсный метод.

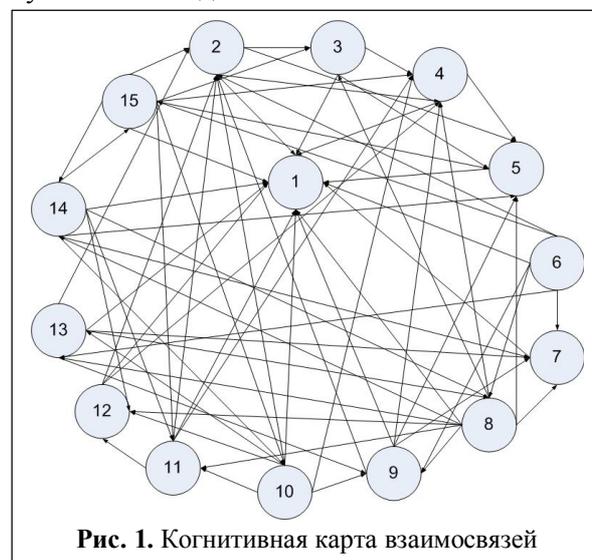


Рис. 1. Когнитивная карта взаимосвязей

Определим результаты освоения дисциплины «Электротехника» по формуле:

$$x_i[1] = x_i[0] + \sum \omega_{ij} (x_j[1] + x_j[0]),$$

где $x_i[1]$, $x_j[1]$ - степень овладения дисциплиной или разделом, $x_i[0]$, $x_j[0]$ - начальное значение владения разделом или дисциплиной, ω_{ij} - степень влияния j раздела на i -й раздел.

Таблица 4. Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
2	0	0	0	0	0	0,11	0	0	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0	0,11
3	0	0,33	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,33
4	0	0,11	0,11	0	0	0	0	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0	0,11	0,11
5	0	0,14	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0,14	0	0	0	0	0,14	0,14
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0	0	0	0,2	0,2	0
8	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0	0	0	0,33	0,33	0
9	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0	0,25	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
11	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0,25	0,25
12	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0,25	0	0	0,25	0
13	0	0	0	0	0	0,33	0	0,33	0	0,33	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5
15	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0

Рассмотрим идеальный случай, когда студент освоил все разделы математики и физики на «отлично» (100 баллов из 100), при условии, что он эти разделы изучал с нуля. Расчеты по формуле (1) сведем в таблицу 5.

Таблица 5. Результаты расчета с помощью импульсного метода

	Начальные значения	Результат освоения разделов математики и физики	Результаты освоения дисциплины «Электротехника»
1	0	0	42
2	0	100	100
3	0	100	100
4	0	100	100
5	0	100	100
6	0	100	100
7	0	100	100
8	0	100	100
9	0	100	100
10	0	100	100
11	0	100	100
12	0	100	100
13	0	100	100
14	0	100	100
15	0	100	100

Анализ результатов расчетов показал, что если студент освоил все разделы математики и физики на «отлично» (100 баллов из 100), то при изучении дисциплины «Электротехника» он должен получить не менее 42 баллов, которые он может набрать исключительно за счет освоения математических и физических основ электротехники.

В реальности, студент приходит в вуз уже с некоторыми начальными знаниями по некоторым разделам математики и физики, однако, школьный и вузовский курсы перекрываются лишь частично, допустим, что начальные знания максимально оцениваются в 20 баллов. При условии, что он не будет изучать физику и математику в вузе (случай 1), а сразу с некоторыми начальными знаниями придет к изучению курса «Электротехника», получим результат освоения этой дисциплины не менее 5,4 балла. При условии, что студент с некоторыми начальными знаниями, освоил все разделы математики и физики на «отлично» (100 баллов из 100) (случай 2), то получим результат освоения дисциплины «Электротехника» не менее 47,4 баллов. Рассмотрим еще один случай (случай 3), когда студент с некоторыми начальными знаниями по физике и математике освоит вузовские курсы на половину (50 баллов) - получим результат освоения дисциплины «Электротехника» не менее 26,4 баллов (таблица 6, 1,2,3 в таблице - случаи).

Когнитивный подход к моделированию результатов образовательной деятельности позволяет структурировать отдельную область образовательной системы, в данном случае речь идет о преимуществах дисциплин «Физика» и «Математика» при изучении профильных дисциплин в вузе. Использование когнитивной карты позволяет прогнозировать входной уровень знаний для профильных дисциплин направления подготовки в вузе.

Такой подход к моделированию удобно использовать для управления процессом усвое-

Таблица 6. Результаты анализа когнитивной карты

	Начальные значения	Результат освоения разделов математики и физики			Результаты освоения дисциплины «Электротехника»		
		1	2	3	1	2	3
1	0	0	0	0	5,4	47,4	26,4
2	20	0	100	50	12,84	100	100
3	20	0	100	50	19,96	100	100
4	20	0	100	50	15,5	100	100
5	20	0	100	50	18,52	100	100
6	0	0	100	50	0	100	100
7	20	0	100	50	16	100	100
8	20	0	100	50	16,64	100	100
9	0	0	100	50	5	100	100
10	0	0	100	50	10	100	100
11	0	0	100	50	7,5	100	100
12	0	0	100	50	5	100	100
13	20	0	100	50	13,32	100	100
14	20	0	100	50	20	100	100
15	20	0	100	50	15	100	100

ния, разбив процесс изучения дисциплин «Физика» и «Математика» на этапы, отслеживая результаты обучения на каждом этапе и корректируя программу обучения под требуемый результат.

Литература

1. Рыжкова М.Н., Платонова А.С. Методы интегральных оценок при моделировании образовательных процессов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, №2, 2016.
2. Членов А.Н., Орлов П.А. Статистическая динамическая модель процесса обучения//Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. №3: журнал. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
3. Свиридов А.П. Основы статистической теории обучения и контроля знаний: Метод. пособие. – М.: Высш. школа, 1981. - 263 с.
4. Сыгодина М.В. Моделирование процесса обучения в высшем учебном заведении: дис. канд. тех. наук. - Москва, 2005.
5. Сибикина И.В. Процедура оценки компетентности студентов вуза, обучающихся по направлению «Информационная безопасность» // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 1. С. 200-205.
6. Бартасевич И. Г. Измерение уровня знаний - основного показателя качества обучения // Вестник

АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 1, с. 37-41.

7. Лаптев В.В., Сербин В.И.. Изучение поведения моделей обучения с использованием марковского процесса // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 1, с. 42-48.

8. Лаптев В. В. Метод оценивания умений и навыков при обучении программированию // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1, с. 194-201.

9. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями). // Управление большими системами: сборник трудов. №16, 2006. С. 26-39.

10. Заболотский М.А., Полякова И.А., Тихонин А.В. Применение когнитивного моделирования

в управлении качеством подготовки специалистов//Управление большими системами. -2007. - № 16. -С. 91-98.

11. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным биологическим и экологическим задачам. М. : Наука, 1986.

12. Ажмухамедов И. М. Нечеткая когнитивная модель оценки компетенций специалиста// Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 2, с. 186-190.

13. Гаврилина Е. А., Захаров М. А., Карпенко А. П., Смирнова Е. В. Онтологический подход к тестированию уровня владения обучающимся метапредметными понятиями // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. №02. С. 136-149.

14. Мазурок Т.Л. Модель формирования знаний для автоматизированной системы управления обучением // Образовательные технологии и общество. 2013. Т. 16. № 1. С. 737-762.

15. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. – М. Сов. радио, 1980. 232 с.

16. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. — М.: Советское радио, 1968. — 328 с.

17. Лаптев В. В. Модель предметной области и оценка ее сложности в обучающей системе по программированию // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2010.

№ 2, с. 35-44.

18. Артемьева И.Л., Князева М.А., Купневич О.А.. Модель онтологии предметной области «оптимизация последовательных программ». Ч. 2. Термины для описания процесса оптимизации // НТИ. Сер – 2002. Режим доступа: http://iacp.dvo.ru/is/publications/191_1.pdf (дата обращения: 15.02.2016)

19. Артемьева И.Л., Высоцкий В.Н., Рештаненко Н.В. Модель онтологии предметной области (на примере органической химии) // НТИ. Сер – 2005. Режим доступа: http://www.iacp.dvo.ru/is/publications/A_V_R_NTI_2005.rtf (дата обращения: 10.03.2016)

20. Атанов Г. А., Пустынникова И. Н. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы. — Донецк: Изд-во ДОУ. 2002. — 504 с.

21. Осипов Г.С. Построение моделей предметных областей. Неоднородные семантические сети // Известия РАН. Техническая кибернетика. 1990. №5. с.32-45.

22. Башмаков И.А., Рабинович П.Д. Модель семантической сети для представления учебного материала в компьютерных обучающих средствах. Режим доступа: http://www.rabinovitch.ru/public1/Bashmakov_Rabinovich-Model-2002.pdf (дата обращения: 15.03.2016)

23. Перминов Н.А. Нечеткая объектно-ориентированная семантическая сеть / Международный форум информатизации - 99: Доклады международной конференции «Информационные средства и технологии». Т.3, с.37-40.

24. Гевлич И.К., Захаров А.А. Компьютерная поддержка управления качеством школьного образования // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 4 (43), вып. 2. С. 216-219.

25. Сибикина И.В. Процедура оценки компетентности студентов вуза, обучающихся по направ-

лению «Информационная безопасность» // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2011. № 1. С. 200-205.

26. Ажмухамедов И.М., Ажмухамедов А.И. Формирование рейтинговой оценки качества образования на основе нечеткой графовой модели // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 4. С. 150-157.

27. Большаков А.А., Маркелов А.Ю. Разработка модели информационных процессов при синтезе интеллектуальной обучающей системы с учетом психофизиологических характеристик обучаемых // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 180-186.

28. Платонова А.С., Самохин А.В. Информационная система для средней школы: монография. Саарбрюккен: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013. 128 с.

29. Кутарова Е. И., Самохин А. В. Формирование математической культуры студентов радиотехнического направления подготовки. / Педагогическое образование в России. – 2013. – №2. – С. 187-193.

30. Кутарова Е.И., Рыжкова М.Н. Методический подход к практической реализации преемственности при подготовке специалистов радиотехнического направления // Вестник ВлГУ. Педагогические и психологические науки. №15 (34), 2013. С. 88-95.

31. Рыжкова М.Н., Макаров К.В. Структура курса «общей физики» для машиностроительных направлений подготовки в техническом вузе // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – Режим доступа: www.science-education.ru/110-9846 (дата обращения: 15.01.2016)

32. Рыжкова М.Н., Павлова С.М. Разработка программы курса физики с учетом направления подготовки студентов в техническом вузе // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №10, часть 2. – С. 215-221.

Поступила 12 марта 2016 г.

English

Cognitive modeling of educational activity results of radio engineering students

Maria Nikolaevna Ryzhkova - Candidate of Technical Sciences Associate Professor Murom Institute (branch) Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov.

Evgenia Ivanovna Kutarova – Master student Murom Institute (branch) Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletov.

E-mail: masmash@mail.ru.

Address: 602264, Murom, Orlovskaya 23.

Abstract: Educational systems in essence are complex systems with a large number of internal interrelations. Thus these interrelations most often are qualitative or not well-defined. Most often situations that require defining an inner structure of similar systems change eventually under the influence of external factors and under the influence of a person making a decision. The article suggests a cognitive modeling mechanism of educational activity results which is based on the creative method for a cognitive map of interrelations in courses of study. The cognitive map is a method of presentation of knowledge domain which is visually displayed via directed

graph. The purpose of this work is the examination of the effect of student's knowledge of Physics and Mathematics upon the extent of mastering major Electrical Engineering. Interrelations of sciences and specialty courses in engineering training are quite clearly observed in the modern higher school education. Most of specialty courses in these majors are based on the fundamental physics notions and the advanced mathematics methods are used to handle the applied tasks. The article gives a theoretical analysis of courses in Mathematics, Physics and in Radio Engineering training; the interrelation of units is examined. The cognitive map is constructed as a result of coherence analysis between the units of courses under consideration. Cognitive map utilization enables to predict the input level of knowledge for high-quality mastering specialty courses in higher education institution. Pulse research method is used to analyze the created cognitive map. Cognitive approach to modeling of educational activity results enables to structure a separate area of the educational system. It is convenient to use such approach for the process control of training material mastering, monitoring results of teaching at each teaching phase, and adjusting teaching program for the required result. Key words: cognitive modeling, cognitive map, extent of influence, modeling of educational process.

Key words: modeling, cognitive map, the degree of influence, modeling of the educational process.

References

1. Ryzhkova M. N., Platonova A.S. Integral criterion methods when modeling educational processes - Science and education: scientific publication of Bauman Moscow State Technical University, No. 2, 2016.
2. A.N. Chlenov, Orlov P. A. Statistical dynamic model of training activity//Fires and emergency situations: prevention, liquidation. No. 3: periodical. - M.: Academy of SFS MES Russia, 2009.
3. Sviridov A.P. Fundamentals of statistical theory of training and academic performance estimate: Study guide.- M.: Vyssh. shkola, 1981. - 263 p.
4. Sygotina M. V. Teaching process modeling in a higher educational institution: thesis. Cand.Tech.Sci. - Moscow, 2005.
5. Sibikina I.V. Procedure of students competency evaluation in higher education institution majoring in Information security // ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2011. No. 1. P. 200-205K
6. Bartasevich I. G. Knowledge level control - main parameter of training quality// ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2010. No. 1, P. 37-41.
7. Laptev V. V., Serbin V. I. Studying of training models behavior with using Markovian process// ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2010. No. 1, P. 42-48.
8. Laptev V. V. Estimation method of skills and abilities when training in programming// ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2013. No. 1, P. 194-201.
9. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D. I. Cognitive modeling for solution of problems of semistructured systems (situations) management//Management of big systems: collected works. No. 16, 2006. P. 26-39.
10. Zabolotsky M. A., Polyakova I.A., Tikhonin A.V. Application of cognitive modeling in quality management of specialists training //Management of big systems.-2007. - No. 16. - P. 91-98.
11. Roberts F.S. Discrete mathematical models with annexes to social biological and ecological tasks. M.: Nauka, 1986.
12. Azhmukhamedov I. M. Indistinct cognitive model of estimation of specialist competences. ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2011. No. 2, P. 186-190.
13. Gavrilina E. A., Zakharov M. A., Karpenko A. P., Smirnova E. V. Ontological approach to testing proficiency level of mastering metasubject notions by learners // Nauka i Obrazovaniye. Bauman MSTU. Electron. periodic. 2015. No. 02. P. 136-149.
14. Mazurok T.L. Model of developing content knowledge for automated control system of teaching// Obrazovatelnye tekhnologii i obshchestvo. 2013. T. 16. No. 1. P. 737-762.
15. Rastrigin L.A. Modern principles of managing complex objects. - M. Sov. radio, 1980. 232 p.
16. Wiener N. Cybernetics: Or the Control and Communication in the Animal and the Machine - M.: Sovetskoye radio, 1968. - 328 p.
17. Laptev V. V. Subject area model and an assessment of its complexity in programming teaching system // ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2010. No. 2, P. 35-44.
18. Artemyeva I.L., Knyazeva M. A., Kupnevich O. A. Ontology model of subject area "optimization of consecutive programs". H. 2. Terms for optimization process description//NTI. Iss. - 2002. Access mode: <http://iacp.dvo.ru/is/publications/191_1.pdf> (access date: 15.02.2016)
19. Artemyeva I.L., Vysotsky V. N., Reshtanenko N. V. Ontology model of subject area (by the example of organic chemistry)//NTI. iss - 2005. Access mode: <http://www.iacp.dvo.ru/is/publications/A_V_R_NTI_2005.rtf> (access date: 10.03.2016)

20. Atanov G. A., Pustynnikova I. N. Teaching and artificial intelligence, or Fundamentals of modern didactics of higher school. - Donetsk: Publishing house o DOU. 2002. - 504 p.
21. Osipov G. S. Creation of subject areas. Heterogeneous semantic nets// Izvestiya RAN. Tekhnicheskaya kibernetika.. 1990. No. 5. P.32-45.
22. Bashmakov I.A., Rabinovich P.D. Model of semantic net for presentation of teaching material in computer learning tools. Access mode: <http://www.rabinovitch.ru/public1/Bashmakov_Rabinovich-Model-2002.pdf> (access date: 15.03.2016)
23. Perminov N. A. Indistinct object-oriented semantic net / the International forum of computerization - 99: Reports of the international conference " Informatsionnye sredstva i tekhnologii ". T.3, P. 37-40.
24. Gevlich I.K., Zakharov A.A. Computer aided quality management of school education//Bulletin of Saratov State Technical University. 2009. No. 4 (43), iss. 2. P. 216-219.
25. Sibikina I.V. Procedure of competency evaluation of higher education students majoring in Information Security // ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2011. No. 1. P. 200-205.
26. Azhmukhamedov I.M., Azhmukhamedov A.I. Development of education quality rating estimation on the basis of indistinct graph model// ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2013. No. 4. P. 150-157.
27. Bolshakov A.A., Markelov A.Yu. Development of information processes model under synthesis of intellectual teaching system taking into account psychophysiological features of learners// ASTU Bulletin. Iss.: Management, Computer and Information Sciences. 2013. No. 1. P. 180-186.
28. Platonova A.S., Samokhin A.V. Information system for secondary school: monograph. Saarbruecken: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013. 128 p.
29. Kutarova E. I., Samokhin A. V. Development of mathematical culture of students majoring in radio engineering. - Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii. - 2013. - No. 2. – P. 187-193.
30. Kutarova E.I., Ryzhkova M. N. Methodological approach to practical implementation of succession in teaching specialists in radio engineering. - VLGU bulletin Pedagogical and psychological sciences. No. 15 (34), 2013. P. 88-95.
31. Ryzhkova M. N., Makarov K.V. Structure of general physics course for mechanical engineering major in technical higher school institutions//Modern problems of science and education. - 2013. - No. 4. - Access mode: www.science-education.ru/110-9846 (access: 15.01.2016)
32. Ryzhkova M. N., Pavlova S. M. Development of physics course program with regard to students of technical higher school institutions. - Mezhdunarodny zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. - 2013. - No. 10, part 2. – P. 215-221.