

# Нечеткая модель отбора профилей подготовки технических специалистов

*В статье рассмотрены вопросы формирования профилей подготовки, с учетом динамично изменяющихся требований работодателей. Предложены критерии принятия решений относительно выбора целесообразных профилей подготовки. Представлена математическая модель поддержки принятия решений на основе аппарата нечеткой логики.*

**Ключевые слова:** выбор профилей подготовки, механизмы формирования профилей, экспертная система в образовании, нечеткая модель поддержки принятия решений.

## THE FUZZY MODEL OF THE TECHNICAL SPECIALIST TRAINING PATH SELECTION

*The training path formation, deals with the employers rapidly changing requirements, is considered in this paper. The decision-making criteria of the appropriate training path selection are proposed. The fuzzy logic based mathematical model of decision support is considered.*

**Keywords:** the training path selection, the training path formation mechanisms, the educational expert system, the fuzzy model of decision support.

Для формирования у выпускников набора специализированных компетенций в вузах организуются профили подготовки технических специалистов. Содержание профиля и среда обучения, способствующая пониманию и приобретению знаний и умений, определяются конкретными кадровыми потребностями работодателей [1]. Подготовка студентов для каждой вакансии может осуществляться по разным образовательным программам, образуя множество возможных траекторий подготовки. При системной организации учебного процесса, выпускающие кафедры для множества различных вакансий осуществляют группировку траекторий подготовки в ограниченное число профилей [2].

Однако действующие подходы к формированию профиля приходится пересматривать. Это связано с многообразием требований работодателей крупного, среднего и малого бизнеса современного рынка труда. Увеличилась скорость обновления интересов работодателей. «Сейчас наше образование похоже на «систему труб» — попал в начало своей трубы и до выхода

не можешь ее покинуть. Мы должны давать возможность менять траекторию в процессе обучения» [3]. Современные подходы к формированию профилей подготовки должны обеспечить гибкость образовательного процесса, заключающуюся в:

– выборе профиля на любом этапе обучения;

– возможности перехода с одной траектории на другую, и, следовательно, необходимости сопоставления новых требований с уже реализованным к моменту принятия решений профилем обучения;

– самоопределении студента относительно выбора места и сферы будущей профессиональной деятельности и т.д.

Таким образом, сохраняется актуальность развития методологии выбора и формирования профилей, обеспечивающей гибкость и объективность принятия решений.

При условии взаимной заинтересованности сторон, профильная подготовка может осуществляться как в рамках основных образовательных программ (ООП), так и путем освоения дополнительных модулей и программ. Формирова-

ние профилей подготовки в ВУЗе осуществляется экспертами на основе:

1. Оценки достоверности, непротиворечивости и актуальности представляемых сведений о потребностях работодателей;

2. Сопоставления требуемых работодателями результатов подготовки и целей образовательных программ, составленных на основе образовательных стандартов; определение вариантов построения траекторий подготовки;

3. Исследования возможности реализации профилей в вузе, их кадрового, материально-технического, информационного и пр. обеспечения; ограничения вариантов построения траекторий подготовки;

4. Прогнозирования востребованности профилей подготовки у студентов;

5. Необходимого для профиля подготовки уровня освоения студентами компетенций, определяемого на этапах обучения;

6. Проектирования содержания траектории подготовки, и структурированной организации учебного процесса [4].



**Дмитрий Петрович Данилаев,**

к.т.н., доцент кафедры

Радиоэлектронных  
и квантовых устройств

Тел.: (843) 238-40-67

Эл. почта: danilaev.reku@kstu-kai.ru

КНИТУ-КАИ

<http://www.kai.ru/>

**Dmitry. P. Danilaev,**

Candidate of Technical Sciences,

The Head of the technical training

department, the assistant professor

of the electronic and quantum

devices department

Тел.: (843) 238-17-07

E-mail: danilaev.reku@kstu-kai.ru

Kazan National Research Technical

University named after A.N.Tupolev -

KAI (KNRTU-KAI)

<http://www.kai.ru/>



**Лиля Юноровна Емалетдинова,**

д.т.н., профессор кафедры

Прикладной математики

информатики

Тел.: (843) 231-00-86

Эл. почта: lilia@stcline.ru

КНИТУ-КАИ

<http://www.kai.ru/>

**Lilia. Yu. Emaletdinova,**

Doctor of Engineering Science, Professor,

Department of Applied Mathematics and

Computer Science

Тел.: (843) 231-00-86

E-mail: lilia@stcline.py

Kazan National Research Technical

University named after A.N.Tupolev -

KAI (KNRTU-KAI)

<http://www.kai.ru/>

Условно процесс формирования профиля можно разделить на два: принятие решения о целесообразности профиля и формирование траекторий обучения с учетом реального уровня подготовки студентов и их интересов к конкретной сфере будущей профессиональной деятельности.

Предварительная оценка целесообразности выделения профиля в рамках реализуемой образовательной программы осуществляется без составления индивидуальных планов траекторий подготовки по заявленным требованиям работодателей к компетенциям выпускников. Решение о целесообразности разработки профиля в ВУЗе принимается на основе экспертных оценок следующей информации:

1. Соответствия ФГОС;
2. Степени соответствия требованиям работодателями результатов подготовки реализуемой основной образовательной программе (ООП);
3. Степени готовности материально-технического, методического, информационного, кадрового обеспечения профиля;
4. Степени удаленности расположения работодателя;
5. Размера компенсации дополнительных затрат на реализацию профиля;
6. Реализуемости профиля за нормативный срок обучения.

Здесь соответствие профиля ФГОС и образовательной программе характеризуется двумя разными показателями, которые дополняют друг друга. Так в рамках одного стандарта, например, «Приборостроение», программа может быть ориентирована на подготовку схемотехника, конструктора, технолога или специалиста по эксплуатации и сервису. В каждом случае профили подготовки будут существенно отличаться. При этом, соответствие ФГОС еще не означает соответствие образовательной программе, тем более, если формирование профиля осуществляется на старших курсах. С другой стороны, несоответствие ФГОС исключает соответствие ООП, т.е. показатели коррелируют между собой. Это позволяет упростить модель при-

нятия решений, обобщив два показателя.

Поскольку исходная информация для принятия решения о целесообразности профиля носит нечеткий характер, то само решение также является нечетким. Поэтому необходимо использовать аппарат нечеткой логики: построить базу нечетких правил вывода [5–7].

Для построения нечеткой модели в виде базы нечетких правил вводятся следующие входные лингвистические переменные, соответствующие экспертным оценкам:

1.  $X_1$  = «Степень соответствия профиля ФГОС и реализуемой ООП» с универсальным множеством  $U(X_1) = [0,1]$ . Терм-множество  $T(X_1) = \{\text{«полное»}, \text{«высокая»}, \text{«средняя»}, \text{«низкая»}, \text{«отсутствует»}\}$ .

2.  $X_2$  = «Степень обеспечения профиля» с универсальным множеством  $U(X_2) = [0,1]$ . Терм-множество  $T(X_2) = \{\text{«полное»}, \text{«высокая»}, \text{«средняя»}, \text{«низкая»}, \text{«отсутствует»}\}$ .

3.  $X_3$  = «Степень удаленности работодателя» с универсальным множеством  $U(X_3) = [0,1]$ . Терм-множество  $T(X_3) = \{\text{«близко»}, \text{«удаленный»}, \text{«далеко»}\}$ .

4.  $X_4$  = «Размер компенсации дополнительных затрат» с универсальным множеством  $U(X_4) = [0,1]$ . Терм-множество  $T(X_4) = \{\text{«полная»}, \text{«частичная»}, \text{«отсутствует»}\}$ .

5.  $X_5$  = «Реализуемость профиля». Универсальное множество переменной  $X_5$  содержит два значения: 0 и 1. Терм-множество  $T(X_5) = \{\text{«реализуем»}, \text{«нереализуем»}\}$ .

Выход нечеткой модели формализуется лингвистической переменной  $Y$  = «Показатель целесообразности реализации профиля», с универсальным множеством  $U(Y) = [0,1]$ . Терм-множество  $T(Y) = \{\text{«полная»}, \text{«высокая»}, \text{«средняя»}, \text{«низкая»}, \text{«отсутствует»}\}$ .

Для терм-множеств каждой лингвистической переменной  $T(x_i) = \{t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^m\}$  экспертами определяются функции принадлежности  $\mu_{t_i^j}(u)$ ,  $j = 1, n$  (рис. 1) с характерными точками, имеющими следующий смысл:

•  $u_1$  – минимальное значение переменной на множестве  $U(X_i)$ ,

которое не принадлежит значению лингвистической переменной;

- $u_2$  – минимальное значение переменной, которое точно принадлежит значению лингвистической переменной;

- $u_3$  – максимальное значение переменной, которое точно принадлежит значению лингвистической переменной;

- $u_4$  – максимальное значение переменной, которое не принадлежит значению лингвистической переменной.

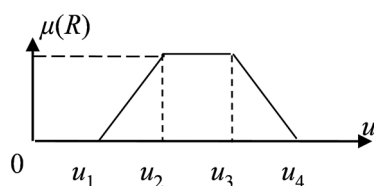


Рис. 1. Представление функций принадлежности лингвистических переменных

Пример функций принадлежности для терм-множеств входных

Значения входных переменных на множестве  $U(X_i)$

Профиль	$U(X_1)$	$U(X_2)$	$U(X_3)$	$U(X_4)$	$U(X_5)$
П1	0.8	0.97	0.58	0.75	0.95
П2	0.75	0.1	0.27	0.76	0.95
П3	0.5	0.55	0.23	0.73	1.0

и выходной лингвистических переменных приведен на рис. 2.

Система нечетко-продукционных правил модели формируется экспертом на основе обобщения опыта работы экспертного сообщества. В результате получена система, включающая 140 правил нечеткой модели. Приведем некоторые из них:

1. Если  $T(X_5)$  = нереализуем, ТО  $T(Y)$  = отсутствует.

2. Если  $T(X_1)$  = отсутствует И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = отсутствует.

3. Если  $T(X_2)$  = отсутствует И  $T(X_4)$  = отсутствует И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = отсутствует.

4. Если  $T(X_2)$  = низкая И  $T(X_4)$  = отсутствует И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = отсутствует.

5. Если  $T(X_1)$  = полное И  $T(X_2)$  = полное И  $T(X_3)$  = близко И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = полная.

6. Если  $T(X_1)$  = полное И  $T(X_2)$  = средняя И  $T(X_4)$  = полная И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = высокая.

7. Если  $T(X_1)$  = полное И  $T(X_2)$  = полное И  $T(X_3)$  = удаленный И  $T(X_4)$  = полная И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = полная.

...

140. Если  $T(X_1)$  = низкая И  $T(X_2)$  = отсутствует И  $T(X_3)$  = далеко И  $T(X_4)$  = полная И  $T(X_5)$  = реализуем, ТО  $T(Y)$  = отсутствует.

Агрегирование нечетких правил и аккумуляция решения в системе нечеткого вывода осуществим по алгоритму Мамдани [7, 8]. Дефазификация в системе нечеткого вывода позволяет перейти от функций принадлежности выходной лингвистической переменной к четкому, числовому значению оценки целесообразности профиля подготовки. Приведение к четкости проводится центроидным методом:

$$u_{\text{вых}} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{\text{вых}_i} \cdot \mu_{\Sigma}(u_{\text{вых}_i})}{\sum_{i=1}^n \mu_{\Sigma}(u_{\text{вых}_i})} \quad (1)$$

Рассмотрим более подробно конкретный пример модели выбора профилей подготовки, построенной на основе принципов нечеткой логики. Пусть исходя из потребностей работодателей для реализации в рамках рассматриваемой образовательной программы предложено три профиля подготовки П1, П2, П3, каждый из которых характеризуется своими показателями  $X_1, X_2, \dots, X_6$  (табл. 1).

Процедура нечеткого вывода для первого профиля с учетом принятых интервалов значений входных и выходной лингвистических переменных (рис. 2), приведена на рис. 3.

Вывод функции принадлежности выходной переменной по алгоритму Мамдани позволяет полу-

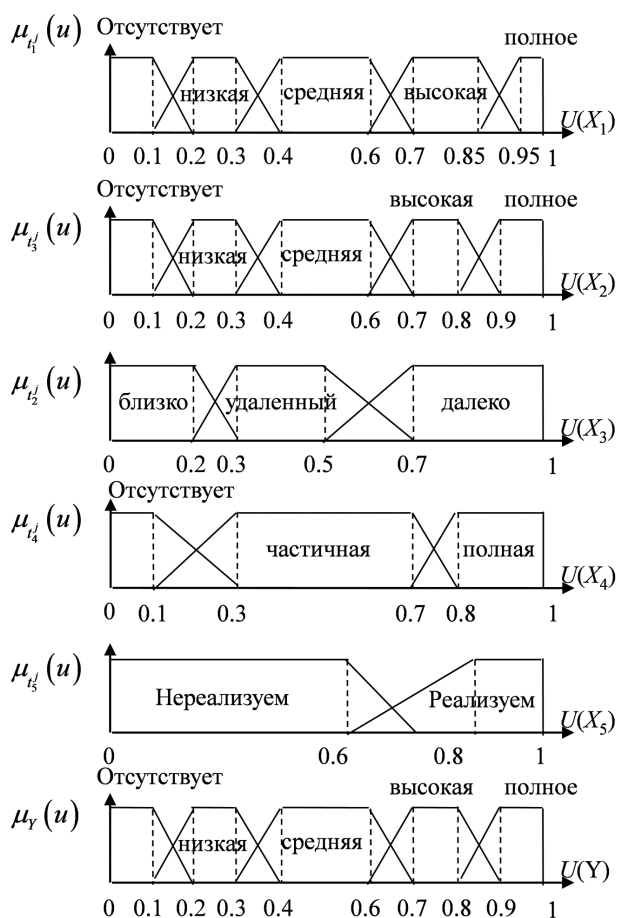


Рис. 2. Пример функций принадлежности входных и выходной лингвистических переменных

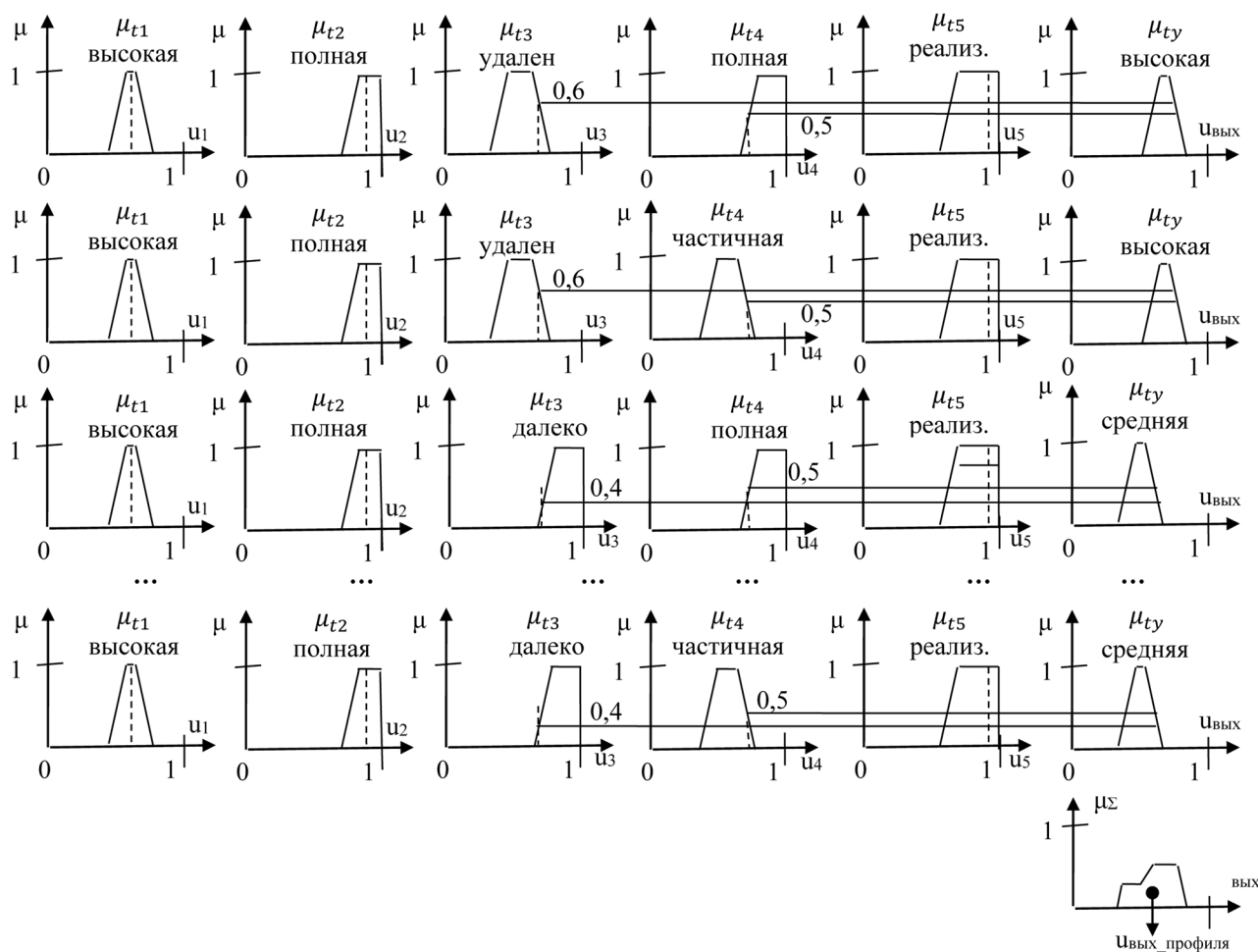


Рис. 3. Процедура нечеткого вывода по алгоритму Мамдани (на примере профиля П1)

читать точки ее перегиба:  $\mu_{\Sigma}(0,3) = 0$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,34) = 0,4$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,6) = 0,4$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,65) = 0,5$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,85) = 0,5$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,9) = 0$ . Числовая оценка целесообразности профиля подготовки в соответствии с (1):

$$u_{\text{вых}} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{\text{вых}_i} \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \approx 0,613$$

где  $u_{\text{вых}_i}$  – центр тяжести фигуры, выделенной под частью функции принадлежности, а  $S_i$  – площадь этой фигуры (рис. 4).

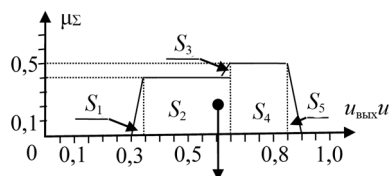


Рис. 4. Дефазификация выходной переменной для первого профиля методом Мамдани

Аналогично для второго и третьего профиля процедура нечетко-

го вывода позволяет получить вид функции принадлежности нечеткого вывода, представленный на рис. 5.а и рис. 5.б соответственно.

Точки перегиба функции принадлежности нечеткого вывода для второго профиля подготовки:  $\mu_{\Sigma}(0) = 0,4$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,16) = 0,4$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,17) = 0,3$ ;

$\mu_{\Sigma}(0,67) = 0,3$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,7) = 0$ . Значение числовой оценки целесообразности профиля подготовки:  $u_{\text{вых}} \approx 0,3232$

Точки перегиба функции принадлежности нечеткого вывода для третьего профиля подготовки:  $\mu_{\Sigma}(0,1) = 0$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,13) = 0,3$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,87) = 0,3$ ;  $\mu_{\Sigma}(0,9) = 0$ . Значение числовой

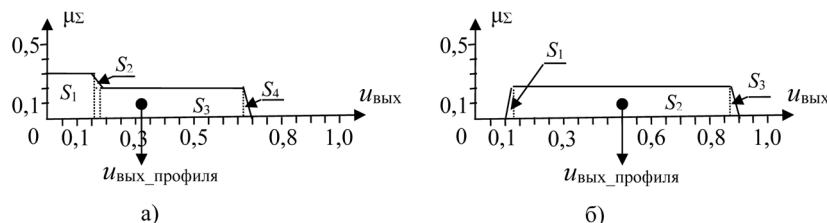


Рис. 5. Дефазификация выходной переменной методом Мамдани для: а) Профиля П2; б) Профиля П3

Таблица 2

Результаты оценки целесообразности профилей подготовки

Профиль	Численная оценка показателя	Лингвистическая оценка целесообразности
П1	0,613	Средняя
П2	0,3232	Низкая
П3	0,5	Средняя

оценки целесообразности третьего профиля подготовки:  $u_{\text{вых}} = 0,5$ .

Результаты численной оценки целесообразности профилей подготовки сведены в табл. 2.

Численные значения выходной переменной позволяют дифференцировать комплексную оценку целесообразности профиля по ряду существенных входных показателей. Сопоставление показателей целесообразности профилей позволяет выбрать наиболее предпочтительный профиль подготовки или исключить проектирование одного

или нескольких профилей с заведомо низкой целесообразностью их реализации.

## Вывод

Таким образом, применение аппарата теории нечетких множеств позволило разработать модель принятия решений относительно выбора профилей подготовки, с учетом предложенных, реальных вакансий работодателей. Данный подход позволяет проводить многомерный анализ возможных траекторий под-

готовки, и обеспечить принятие решение на основе комплексной оценки всех значимых для организации учебного процесса показателей. Причем модель может использоваться для любого числа профилей. Практическая значимость работы состоит в том, что предложенный подход легко алгоритмизировать. Предложенную модель можно положить в основу экспертной системы организации учебного процесса, в том числе, например, в системах информационного взаимодействия вузов и работодателей [9].

## Литература

1. Кроули Э.Ф., Малмквист Й., Остлунд С., Бродер Д.Р., Эдстрем К. Переосмысление инженерного образования: Подход CDIO. Пер. с англ. С. Рыбушкиной. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2015. – 504 с.
2. Опыт реализации компетентностных учебно-методических комплексов на примере отдельных современных направлений науки и техники в учебных заведениях профессионального образования. / Галиновский А.Л. и др. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2009. – 56 с.
3. Медовников Д. Мантия в машинном масле: Интервью с ректором УрФУ Виктором Кокшаровым // Эксперт Online. 14 марта 2015 г. URL: <http://expert.ru/expert/2015/12/mantiya-v-mashinnom-masle/> (Доступ свободный. Дата обращения: 23.03.2015).
4. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н., Польский Ю.Е. Организация учебного процесса в современном техническом вузе. // Высшее образование в России. – 2010. – № 6. – С. 11–17.
5. Запасная Л.А. Интеллектуальная автоматизированная система подготовки химиков-технологов: автореф... дис. канд. техн. наук. – Москва: МИТХТ, 2014. – 19 с.
6. Галеев Р.И., Фролов А.Г. Контроль знаний в условиях нечеткой информации / Вестник Казанского гос. энергетического ун-та. – 2009. – № 2. – С. 92–99.
7. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 201 с.
8. Рубанов В.Г., Филатов А.Г., Рыбин И.А. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах: Электронное пособие. URL: <http://nrsu.bstu.ru> (Доступ свободный. Дата обращения: 17.02.2015).
9. Данилаев Д.П., Емалетдинова Л.Ю. Система информационного взаимодействия вузов, работодателей и студентов // Открытое образование. – 2014. – №4. – С. 26–32.

## References

1. Krouli Je.F., Malmkvist J., Ostlund S., Broder D.R., Jedstrom K. Pereosmyslenie inzhenerного obrazovaniya: Podhod CDIO. Per. s angl. S. Rybushkinoj. – M.: Izdatel'skij dom Vysshej shkoly jekonomiki, 2015. – 504 s.
2. Opyt realizacii kompetentnostnyh uchebno-metodicheskikh kompleksov na primere otdel'nyh sovremennyh napravlenij nauki i tehniki v uchebnyh zavedenijah professional'nogo obrazovaniya. / Galinovskij A.L. i dr. – Kazan': Izd-vo Kazan. gos. tehn. un-ta, 2009. – 56 s.
3. Medovnikov D. Mantiya v mashinnom masle: Interv'ju s rektorom UrFU Viktorom Koksharovym // Jekspert Online. 14 marta 2015 g. URL: <http://expert.ru/expert/2015/12/mantiya-v-mashinnom-masle/> (Dostup svobodnyj. Data obrashhenija: 23.03.2015).
4. Danilaev D.P., Malivanov N.N., Pol'skij Ju.E. Organizacija uchebnogo processa v sovremennom tehničeskom vuze. // Vysshee obrazovanie v Rossii. – 2010. – № 6. – S. 11–17.
5. Zapasnaja L.A. Intel'lektual'naja avtomatizirovannaja sistema podgotovki himikov-tehnologov: avtoref... dis. kand. tehn. nauk. – Moskva: MITHT, 2014. – 19 s.
6. Galeev R.I., Frolov A.G. Kontrol' znanij v uslovijah nechetkoj informacii / Vestnik Kazanskogo gos. jenergetičeskogo un-ta. – 2009. – №2. – S. 92–99.
7. Kруглов V.V., Dli M.I., Golunov R.Ju. Nechetkaja logika i iskusstvennye nejronnye seti. – M.: FIZMATLIT, 2001. – 201 s.
8. Rubanov V.G., Filatov A.G., Rybin I.A. Intel'lektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravlenija. Nechetkoe upravlenie v tehničeskikh sistemah: Jelektronnoe posobie. URL: <http://nrsu.bstu.ru> (Dostup svobodnyj. Data obrashhenija: 17.02.2015).
9. Danilaev D.P., Emaletdinova L.Ju. Sistema informacionnogo vzaimodejstvija vuzov, rabotodatelej i studentov // Otkrytoe obrazovanie. – 2014. – № 4. – S. 26–32.