

## РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА MATLAB

### IMPLEMENTATION OF THE MODEL OF FUZZY EVALUATION OF THE FORMATION OF COMPETENCES USING THE MATLAB PACKAGE

**Екатерина Юрьевна Кунц** **Ekaterina Yuryevna Kunts**

аспирант

zentcova@sibsutis.ru

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Новосибирск, Россия

Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk, Russia

**Алексей Николаевич Полетайкин** **Aleksey Nikolayevich Poletaykin**

кандидат технических наук, доцент

alex.poletaykin@gmail.com

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар, Россия

Kuban State University, Krasnodar, Russia

**Юлия Владимировна Шевцова** **Yuliya Vladimirovna Shevtsova**

кандидат технических наук, доцент

shevcova\_yuliya@mail.ru

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Новосибирск, Россия

Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk, Russia

**Аннотация.** Рассматривается математизированный подход к оцениванию выраженности индикаторов достижения компетенций. Для этого разработана система нечеткого вывода на основе параметризованных дескрипторных моделей компетенций. Исследования модели при помощи пакета Matlab Fuzzytech позволили определить оптимальный комплекс методов реализации этапов процедуры вывода.

**Abstract.** The article considers a mathematical approach to the evaluation of the severity of indicators of achievement of competencies. For this, a fuzzy inference system based on parameterized descriptor competency models has been developed. Studies of the model using the Matlab Fuzzytech package made it possible to determine the optimal set of methods for implementing the stages of the output procedure.

**Ключевые слова:** индикатор достижения компетенции, нечеткая дескрипторная модель, нечеткий логический вывод, экспертные суждения.

**Keywords:** indicator of competency, fuzzy descriptor model, fuzzy inference, expert judgment.

В настоящее время в высшей школе одной из важных задач является оценивание результатов освоения (РО) образовательной программы (ОП). Согласно ФГОС (см., например, [1]), в результате освоения ОП у выпускника должны быть сформированы установленные этой программой компетенции. Необходимо учитывать многообразие форм и видов контроля, а также этапность формирования компетенций, поэтому данная задача имеет важное значение. Кроме того, активное участие в этом процессе человека приводит к значительной субъективности процедуры оценивания. Следовательно, актуальной является и задача разработки инструментов для эффективного и объективного оценивания результатов обучения (компетенций).

На данный момент накопилось достаточно много работ, посвященных решению заявленных задач. В России данными исследованиями занимались Т. С. Ильина, В. С. Канев, А. Н. Полетайкин (оценивание сформированности компетенций на основе системного подхода, с учетом личностных качеств обучающихся) [2]; Н. В. Пустовой, Е. А. Зима (формирование компетенций современного инженера в условиях перехода на двухуровневую систему образования) [3]; В. М. Белов, Н. Г. Созоров, О. М. Керб (разработка концепции, удовлетворяющей фундаментальным принципам гуманизации образования и в то же время позволяющая успешно работать в различных инновационных парадигмах, не исключая при этом и традиционные подходы) [4]; О. Е. Пермяков, С. В. Менькова, Г. В. Борисова (создание методики на основе интерполяции финского опыта оценки квалификации работников) [5]. Предложенные указанными авторами методики оценивания во многом утратили свою актуальность в связи с внедрением новых образовательных стандартов ФГОС 3++, в настоящее время требуется их дальнейшее развитие с учетом произошедших изменений, необходимо включить в их структуру новое понятие – стандарты «дескрипторы», определяемые как качественные критерии оценивания, описывающие уровень проявления индикаторов достижения компетенций (ИДК) – низкий, средний, высокий, что дает основания для определения степени его выраженности у обучающегося [6].

Целью настоящего исследования является повышение достоверности и объективности

оценивания результатов освоения образовательной программы студентами за счет создания новой научно обоснованной нечеткой модели.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

*Задача 1* – с применением системного подхода [2, 7] разработать структуру экспериментальной компетенции и соотнесенных с ней ИДК, а также построить дескрипторную модель компетенции.

*Задача 2* – разработать нечеткую модель оценивания выраженности ИДК с применением методики нечеткого логического вывода.

*Задача 3* – с помощью пакета математического моделирования Matlab провести исследование нечеткой модели на предмет использования разных способов получения исходных оценочных данных и методов нечеткого вывода.

*Задача 1* решена в отношении кластера из двух общих профессиональных компетенций ОПК-1 и ОПК-3 по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи согласно ФГОС [1]. Для разработки компетентностной модели, включая состав и структуру компетенций, была применена оптимизационная модель на основе классического генетического алгоритма, подробно описанная в работе А. Н. Полетайкина [7]. В результате была получена экспериментальная компетенция ОПК-3, состав и структура которой показаны соответственно в табл. 1 и на рис. 1.

Согласно логике построения компетентностной модели [2, 7] в структуре ОПК-3 выделяется ядро и база. Базовые РО (3-1, У-2 и Н-2) включаются в структуру в результате связывания компетенций. 3-2 является дополнительным

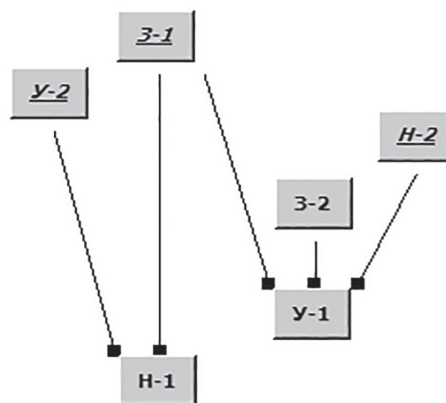


Рис. 1. Структура ОПК-3

Состав ОПК-3 в разрезе элементарных результатов обучения

Шифр РО	Формулировка РО
З-1	Знать основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах, основные виды сигналов, используемых в телекоммуникационных системах, особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем
З-2	Знать принципы, основные алгоритмы и устройства цифровой обработки сигналов; принципы построения телекоммуникационных систем различных типов и способы распределения информации в сетях связи
У-1	Уметь использовать базовые средства обеспечения информационной безопасности, формировать перечень мер и средств по защите информации
У-2	Уметь применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера
Н-1	Владеть навыками оценки необходимости в информационной безопасности, использования базовых технологий защиты, использования знаний в области основ информационного законодательства и области стандартизации
Н-2	Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач

результатом освоения программы. Ядерные РО (У-1 и Н-1) отличаются наличием входящих связей, которые на схеме обозначены черной точкой (см. рис. 1).

Структурные схемы ИДК, построенные вертикальным способом [6] с применением оптимизационной модели, представлены на рис. 2. Дескрипторная модель ОПК-3, разработанная в соответствии с [6], показана в табл. 2.

Задача 2 решена с применением нечеткой модели, рассмотренной в работе А. Н. Полетайкина [8]. Основу нечеткой модели составляет нечеткий контроллер, осуществляющий нечеткий вывод по Мамдани. В качестве исходных данных он получает оценки РО (см. табл. 1), а также нечеткие экспертные суждения относи-

тельно выраженности эпитетов в составе дескрипторной модели (см. табл. 2). Все процедуры фаззификации и дефаззификации выполняются с применением единой функции принадлежности, показанной на рис. 3.

Сообразно разработанной дескрипторной модели (см. табл. 2) были выделены 14 высказываний, понимаемых в терминах нечеткой модели как лингвистические переменные, 10 из которых задействованы в антецедентах (табл. 3), а 4 — в консеквентах (табл. 4) нечетких продукций.

Также введены 6 дополнительных нечетких переменных о1 — о6, содержащих фаззифицированные значения РО из табл. 1. Разработана двухуровневая система нечеткого вывода: уро-

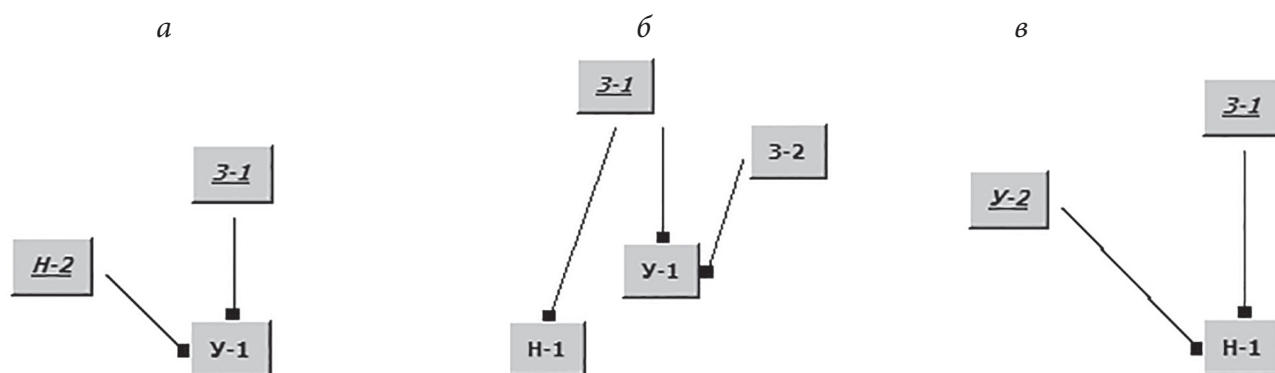


Рис. 2. Структура индикаторов достижения компетенций ОПК-3:  
а — ОПК-3.1; б — ОПК-3.2; в — ОПК-3.3

## Дескрипторная модель ОПК-3

Компоненты ИДК			Уровень выраженности ИДК
Объект контроля	Активность	Эпитеты	
ОПК-3.1. Знание видов и параметров сигналов, способность преобразования чисел в различные системы счисления, применение знаний физики и математики при решении практических задач			
Виды и параметры сигналов	Знание	Уверенность Детализированность	высокий, средний, низкий
	Применение знаний	Практичность Уместность	
Результаты преобразования чисел	Применение правил преобразования	Наглядность Детализированность Корректность	высокий, средний, низкий
Знание физики и математики	Применение знаний при решении практических задач	Уверенность	высокий, средний, низкий
ОПК-3.2. Умение использовать базовые средства обеспечения информационной безопасности, формировать перечень мер и средств по защите информации			
Средства обеспечения информационной безопасности	Умение использовать	Уверенность Практичность	высокий, средний, низкий
Меры и средства по защите информации	Умение формировать	Практичность	высокий, средний, низкий
ОПК-3.3. Владеть навыками оценки необходимости в информационной безопасности. Использовать знания в области основ информационного законодательства и области стандартизации, применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера			
Необходимость информационной безопасности	Оценивание	Адекватность	высокий, средний, низкий
Основы информационного законодательства в области стандартизации	Применение знаний	Корректность Уместность	высокий, средний, низкий
Знание физических законов и математических методов	Применение знаний при решении теоретических и практических задач	Уверенность	высокий, средний, низкий

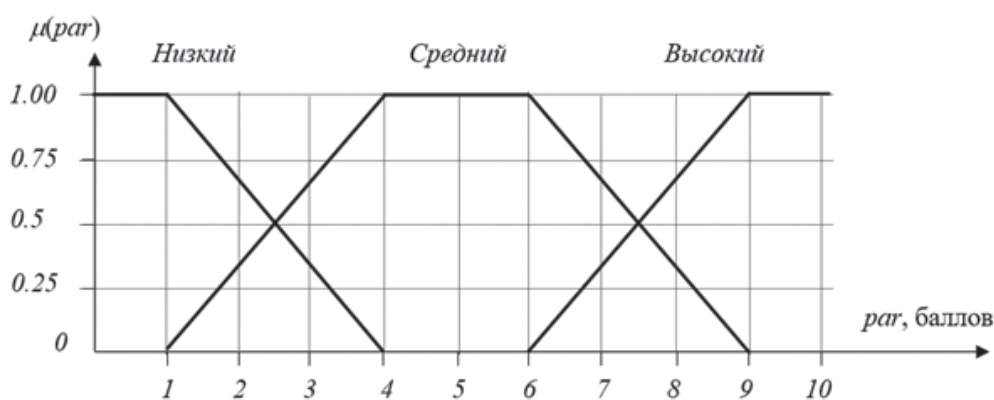


Рис. 3. График функции принадлежности лингвистической переменной «Значение параметра по десятибалльной шкале»

вень 1 включает 51 правило и формирует оценки выраженности трех ИДК, уровень 2 содержит 37 правил, использующих переменные  $\omega_1$ – $\omega_3$  как входные, и формирует оценку сформированности ОПК-3.

Оценки знаний, умений, навыков были получены посредством методики, рассмотренной в научной работе Т. С. Ильиной, В. С. Канева и А. Н. Полетайкина [2], двумя способами с применением нечеткой классификации РО на множестве проверочных заданий: нечетким — при помощи нечеткой алгебры и дискретным — при помощи математической статистики. Всего было использовано 44 контрольных задания, 22 из которых – тестовые.

Исследование модели проведено на примере оценивания двух испытуемых: 1-й — с уровнем успеваемости выше среднего («хорошист»), 2-й — с высоким уровнем успеваемости («отличник»). Оценки РО испытуемых, соотнесен-

ных с дополнительными нечеткими переменными, показаны в табл. 5.

*Задача 3.* Модель нечеткого оценивания реализована с помощью пакета математического моделирования MatLab R2014a. Наилучшие результаты показаны в табл. 6, они были получены с использованием следующих комбинаций методов (в скобках представлены символические обозначения методов в Matlab):

- агрегирование подзаключений методом max-дизъюнкции (Max), дефаззификация методом центра тяжести (Centroid);
- агрегирование подзаключений методом граничной суммы (Sum), дефаззификация методом среднего максимума (MoM).

Уровень выраженности индикатора определяется при помощи оператора  $MaxTerm[x]$ , который идентифицирует и возвращает имя терма, имеющего максималь-

Таблица 3

Входные лингвистические переменные и их оценки у испытуемых

Символ	Символическое имя	Уровень выраженности ИДК	
		1-й испытуемый	2-й испытуемый
$\beta_1$	Уверенность знаний видов и параметров сигналов и знаний физики и математики при решении практических задач	Высокий	Высокий
$\beta_2$	Детализированность знаний видов и параметров сигналов и применения правил преобразования чисел	Средний	Высокий
$\beta_3$	Практичность применения знаний видов и параметров сигналов	Высокий	Высокий
$\beta_4$	Уместность применения знаний видов и параметров сигналов	Высокий	Высокий
$\beta_5$	Корректность применения правил преобразования чисел	Высокий	Высокий
$\beta_6$	Уверенность применения параметров сигналов и умение использовать средства обеспечения информационной безопасности и знания физических законов и математических методов при решении теоретических и практических задач	Средний	Средний
$\beta_7$	Практичность в умении использовать средства обеспечения информационной безопасности и формирования мер и средств по защите информации	Низкий	Низкий
$\beta_8$	Адекватность оценивания необходимости информационной безопасности	Высокий	Высокий
$\beta_9$	Корректность применения знаний основ информационного законодательства в области стандартизации	Низкий	Низкий
$\beta_{10}$	Уместность применения знаний основ информационного законодательства в области стандартизации	Низкий	Низкий

Выходные лингвистические переменные и параметры их связности в системе нечеткого вывода

Символ	Символическое имя	Число правил
$\omega_1$	Степень выраженности ИДК ОПК-3.1	21
$\omega_2$	Степень выраженности ИДК ОПК-3.2	14
$\omega_3$	Степень выраженности ИДК ОПК-3.3	16
$\omega_4$	Уровень сформированности компетенции ОПК-3	37

Таблица 5

Оценки дополнительных нечетких переменных

Символ	Символическое имя	Способ оценивания			
		Нечеткий	Дискретный	Нечеткий	Дискретный
		1-й испытуемый		2-й испытуемый	
$O_1$	Результат оценивания З.1	5,00	7,52	10,00	9,30
$O_2$	Результат оценивания З.2	5,00	7,39	10,00	9,05
$O_3$	Результат оценивания У.1	3,78	4,94	10,00	6,38
$O_4$	Результат оценивания У.2	5,00	6,23	10,00	7,76
$O_5$	Результат оценивания Н.1	5,00	4,76	10,00	6,20
$O_6$	Результат оценивания Н.2	5,00	5,98	10,00	7,50

Таблица 6

Результаты оценивания ИДК и компетенции ОПК-3

Испытуемый	Параметры системы вывода			Итоговые оценки ИДК и компетенции							
	Fuzzy	Agregation	Defuzzification	ОПК-3.1		ОПК-3.2		ОПК-3.3		ОПК-3	
1-й	Нет	Max	Centroid	5,4	Средний	5,0	Средний	5,9	Средний	5,2	Средний
	Да	Max	Centroid	4,9	Средний	5,0	Средний	5,0	Средний	5,0	Средний
	Нет	Sum	MoM	7,4	Средний	7,4	Средний	7,5	Высокий	5,0	Средний
	Да	Sum	MoM	5,0	Средний	5,0	Средний	5,0	Средний	5,0	Средний
2-й	Нет	Max	Centroid	6,2	Средний	5,2	Средний	6,5	Средний	5,4	Средний
	Да	Max	Centroid	6,5	Средний	5,2	Средний	6,9	Средний	6,0	Средний
	Нет	Sum	MoM	9,4	Высокий	9,2	Высокий	7,9	Высокий	8,9	Высокий
	Да	Sum	MoM	9,5	Высокий	9,4	Высокий	8,6	Высокий	9,3	Высокий

ное значение функции принадлежности (см. рис. 3):

$$\text{MaxTerm}[x]: \text{return} \max_{\{\mu_L, \mu_A, \mu_H\}} [\langle L, \mu_L \rangle, \langle A, \mu_A \rangle, \langle H, \mu_H \rangle]$$

Результаты, представленные в табл. 6, в соотнесении со средней успеваемостью испытуемых студентов выглядят наиболее адекватными при использовании методов Sum и MoM с примене-

нием нечеткого способа оценивания РО, хотя результаты, полученные с применением дискретного способа, являются более дифференцированными. В любом случае можно утверждать, что получена адекватная модель оценивания сформированности компетенций, дальнейшие исследования которой должны укрепить ее эффективность.

### Список литературы

1. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Информационные технологии и систе-

мы связи (уровень бакалавриата): приказ Министерства образования и науки РФ от 06.03.2015 г. № 174. URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/110302.pdf>. Текст: электронный.

2. *P'ina, T.* Neoclassical approach to objectivization of competency assessment / Т. P'ina, V. Kanev, A. Polietaikin. Text: print // International multi-conference on engineering. Computer and information sciences (SIBIRCON 2017). Novosibirsk, 2017. P. 72–76.

3. *Пустовой, Н. В.* Формирование компетенций современного инженера в условиях перехода на двухуровневую систему / Н. В. Пустовой, Е. А. Зима. Текст: непосредственный // Высшее образование в России. 2008. № 10. С. 3–7.

4. *Белов, В. М.* Технология ритмос как методологическая основа обучения с применением техники мгновенной обратной связи / В. М. Белов, Н. Г. Созоров, О. М. Керб. Текст: непосредственный // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник трудов 4-й Всероссийской научной конференции. Новосибирск, 20 дек., 2019 г. Новосибирск: Золотой колос, 2019. С. 233–239.

5. *Пермяков, О. Е.* Интерполяция финского опыта оценки и признания квалификации работников / О. Е. Пермяков, С. В. Менькова, Г. В. Борисова. Текст: непосредственный // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1–2. С. 35–37.

6. *Кулешова, Н. В.* Методика разработки индикаторов достижения профессиональных компетенций и построения дескрипторной модели компетенций / Н. В. Кулешова, А. Н. Полетайкин. Текст: непосредственный // Качество высшего и среднего профессионального образования в условиях перехода на ФГОС нового поколения: материалы 60-й межвузовской научно-методической конференции. Новосибирск, 25 апр. 2019 г. Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. ун-та телекоммуникаций и информатики, 2019. С. 112–118.

7. *Полетайкин, А. Н.* Гибридное математическое моделирование профессиональных образовательных программ / под ред. В. С. Канева. Москва: Горячая линия Телеком, 2020. 224 с. Текст: непосредственный.

8. *Полетайкин, А. Н.* Нечеткая дескрипторная модель оценивания выраженности индикаторов достижения компетенций / А. Н. Полетайкин, В. В. Подколзин, Н. В. Кулешова, Е. Ю. Кунц. Текст: непосредственный // Управление и высокие технологии. 2019. № 3 (47). С. 55–69.

8. *Пермяков, О. Е.* Интерполяция финского опыта оценки и признания квалификации работников / О. Е. Пермяков, С. В. Менькова, Г. В. Борисова. Текст: непосредственный // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1–2. С. 35–37.