

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ СТЕПЕНИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ВОЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

DOI: 10.25629/НС.2020.03.10

Баранчук Н. А., Гусеница Я. Н.

Военный инновационный технополис «ЭРА»

г. Анапа, Россия

Аннотация. В работе авторами представлена методика оценивания степени сформированности компетенций военных специалистов, которая базируется на построении функций принадлежности оценок, полученных по результатам промежуточной аттестации обучающегося по двух и четырехбалльной системам оценивания, а также нечетко-стохастических графов формирования компетенций. Авторами доказана эффективность данной методики на основе вычислений степени сформированности компетенций, используя матричный метод оценивания качества сложных систем, отличительной особенностью которого представляется получение искомого результата операциями нечетких множеств вместо арифметических.

Ключевые слова: военные специалисты, компетенции, оценивание, нечеткие множества, нечетко-стохастический граф, матричный метод.

Введение

В настоящее время развитие системы вооружения Вооруженных Сил (ВС) Российской Федерации (РФ) идет по пути перевооружения войск (сил) высокотехнологическими образцами вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), основанными на применении технологичного искусственного интеллекта и новых физических принципах [3].

Вместе с тем, образцы ВВСТ нового поколения являются значительно сложнее и дороже, чем их предшественники. В связи с этим повышаются требования к военным специалистам, эксплуатирующим эти образцы ВВСТ.

Подготовка военных специалистов проводится в высших военно-учебных заведениях Министерства обороны (МО) РФ, а также военных учебных центрах в гражданских высших учебных заведениях.

Подготовка предполагает непрерывное обучение с учетом обеспечения каждого военного специалиста индивидуальной карьерно-образовательной траекторией профессиональной деятельности.

Основная цель подготовки военных специалистов заключается в формировании у обучающегося профессиональной компетентности, которая определяется совокупностью компетенций, отражающих требования к квалификации. При этом важным вопросом является количественное оценивание степени сформированности компетенций.

К настоящему времени в России проведен ряд серьезных исследований, посвященных раскрытию многообразных аспектов процесса получения оценок качества подготовки специалистов в различных областях профессиональной деятельности, в том числе в военной сфере [1, 2, 4-6, 8-10, 12-14]. Однако, несмотря на огромный интерес исследователей, задача оценивания степени подготовленности военных специалистов является недостаточно освещенной.

Методика

В связи с этим предлагается методика, которая не имеет указанные выше недостатки и предполагает выполнение следующих этапов:

1. Определение оценочных шкал.
2. Построение сетевых моделей.
3. Расчет степени сформированности компетенций военных специалистов.

Оценочные шкалы являются отображением положительных вещественных чисел из интервала $[0,1]$ на область значений лингвистической переменной $p_{\langle 2 \rangle ij} \in \{\langle \text{незачтено} \rangle, \langle \text{зачтено} \rangle\}$ и $p_{\langle 4 \rangle ij} \in \{\langle \text{неудовлетворительно} \rangle, \langle \text{удовлетворительно} \rangle, \langle \text{хорошо} \rangle, \langle \text{отлично} \rangle\}$. Данные переменные отражают оценки уровня обученности специалистов по учебным дисциплинам соответственно по двухбалльной и четырехбалльной системам оценивания.

Необходимым условием определения оценочных шкал является создание экспертной группы. В состав экспертной группы могут привлекаться профессорско-преподавательский состав кафедр высших военных учебных заведений, осуществляющих подготовку военных специалистов, а также представители органов военного управления ВС РФ, выступающих в качестве заказчиков этих военных специалистов. При этом на основе критериев и шкал, представленных в табл. 1, каждый привлекаемый эксперт оценивается коэффициентом компетентности с помощью следующего выражения [7]:

$$q_i = \frac{\sum_{l=1}^L c_{il}}{\sum_{l=1}^L C_l},$$

где c_{il} – вес i -го эксперта по l -му критерию; C_l – предельный вес l -го критерия; L – общее количество критериев.

Сформированная экспертная группа характеризуется матрицей-столбцом компетентности:

$$Q = (q_i)_{i=1..J} = \begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ q_J \end{pmatrix}.$$

Другим необходимым условием определения оценочных шкал является использование экспертных оценок. Для этого каждый i -й эксперт для каждого значения лингвистических переменных выставляет количественную оценку $x_{ij} \in [0,1]$, которая отражает относительное соотношение правильных ответов обучающихся по отношению к общему количеству ответов на контрольные вопросы по экзаменационным или зачетным билетам в рамках проведения промежуточной аттестации. Кроме того, эксперт выставляет степень уверенности в выставленной оценках $y_{ij} \in [0,1]$. В результате формируются матрицы $P_{n_2^n}$ и $P_{n_4^n}$

$$P_{n_2^n} = \left(\begin{array}{ccc} \langle x_{11}, p_{11}, y_{11} \rangle & \langle x_{12}, p_{12}, y_{12} \rangle & \dots & \langle x_{1J}, p_{1J}, y_{1J} \rangle \\ \langle x_{21}, p_{21}, y_{21} \rangle & \langle x_{22}, p_{22}, y_{22} \rangle & \dots & \langle x_{2J}, p_{2J}, y_{2J} \rangle \end{array} \right),$$

$$P_{n_4^n} = \left(\begin{array}{ccc} \langle x_{11}, p_{11}, y_{11} \rangle & \langle x_{12}, p_{12}, y_{12} \rangle & \dots & \langle x_{1J}, p_{1J}, y_{1J} \rangle \\ \langle x_{21}, p_{21}, y_{21} \rangle & \langle x_{22}, p_{22}, y_{22} \rangle & \dots & \langle x_{2J}, p_{2J}, y_{2J} \rangle \\ \langle x_{31}, p_{31}, y_{31} \rangle & \langle x_{32}, p_{32}, y_{32} \rangle & \dots & \langle x_{3J}, p_{3J}, y_{3J} \rangle \\ \langle x_{41}, p_{41}, y_{41} \rangle & \langle x_{42}, p_{42}, y_{42} \rangle & \dots & \langle x_{4J}, p_{4J}, y_{4J} \rangle \end{array} \right).$$

Таблица 1 – Критерии и шкалы определения степени компетентности экспертов

Критерий Вес	Уровень образования экспертов	Ученая степень	Ученое звание	Занимаемая должность	Опыт работы по специальности
1	Специалитет	Отсутствует	Отсутствует	преподаватель кафедры, главный инспектор (член комитета, главный эксперт, старший эксперт, старший офицер) органа военного управления	до 5 лет
2	Магистратура	Кандидат наук	Доцент, старший научный сотрудник	доцент (старший преподаватель) кафедры, начальник отдела (председатель комитета, заместитель председателя комитета, начальник группы, главный инспектор) органа военного управления	от 5 до 10 лет
3	Адъюнктура	Доктор наук	Профессор	начальник (заместитель начальника, профессор) кафедры, начальник (заместитель начальника) органа военного управления	более 10 лет

На основе матриц Q , P_{2^n} и P_{4^n} строятся матрицы W_{2^n} и W_{4^n}

$$W_{2^n} = \begin{pmatrix} \langle x_{11}, p_{11}, \tilde{y}_{11} \rangle & \langle x_{12}, p_{21}, \tilde{y}_{12} \rangle & \dots & \langle x_{1J}, p_{1J}, \tilde{y}_{1J} \rangle \\ \langle x_{21}, p_{21}, \tilde{y}_{21} \rangle & \langle x_{22}, p_{22}, \tilde{y}_{22} \rangle & \dots & \langle x_{2J}, p_{2J}, \tilde{y}_{2J} \rangle \end{pmatrix},$$

$$W_{4^n} = \begin{pmatrix} \langle x_{11}, p_{11}, \tilde{y}_{11} \rangle & \langle x_{12}, p_{12}, \tilde{y}_{12} \rangle & \dots & \langle x_{1J}, p_{1J}, \tilde{y}_{1J} \rangle \\ \langle x_{21}, p_{21}, \tilde{y}_{21} \rangle & \langle x_{22}, p_{22}, \tilde{y}_{22} \rangle & \dots & \langle x_{2J}, p_{2J}, \tilde{y}_{2J} \rangle \\ \langle x_{31}, p_{31}, \tilde{y}_{31} \rangle & \langle x_{32}, p_{32}, \tilde{y}_{32} \rangle & \dots & \langle x_{3J}, p_{3J}, \tilde{y}_{3J} \rangle \\ \langle x_{41}, p_{41}, \tilde{y}_{41} \rangle & \langle x_{42}, p_{42}, \tilde{y}_{42} \rangle & \dots & \langle x_{4J}, p_{4J}, \tilde{y}_{4J} \rangle \end{pmatrix},$$

где $\tilde{y}_{ij} = y_{ij} \cdot q_i$.

Матрицы W_{2^n} и W_{4^n} учитывают уровень компетентности экспертов. При этом столбцы в матрицах являются исходными данными для построения функций $\mu_{2^n}(x)$ и $\mu_{4^n}(x)$ принадлежности оценок, полученным по результатам промежуточной аттестации обучающегося по двух и четырехбалльной системам оценивания соответственно.

Функции $\mu_{2^n}(x)$ и $\mu_{4^n}(x)$ графически могут быть представлены соответственно в виде двух и четырех графиков. Для этого они задаются на основе столбцов матриц W_{2^n} и W_{4^n} . Так, например, для задания каждой s -й функции $\mu_{2^n,s}(x)$ необходимо отложить x_{ij} на оси абсцисс, \tilde{y}_{ij} – на оси ординат, а с помощью p_{ij} определяется к какому из графиков относится отложенная точка. Аналогично строится каждая s -я функция $\mu_{4^n,s}(x)$.

Графики функций $\mu_{2^s}(x)$ и $\mu_{4^s}(x)$ могут иметь треугольную, трапециевидную, гауссовскую и сигмоидную формы. На рисунке 1 приведен пример функций принадлежности $\mu_{4^s}(x)$ оценок четырехбалльной системе оценивания.

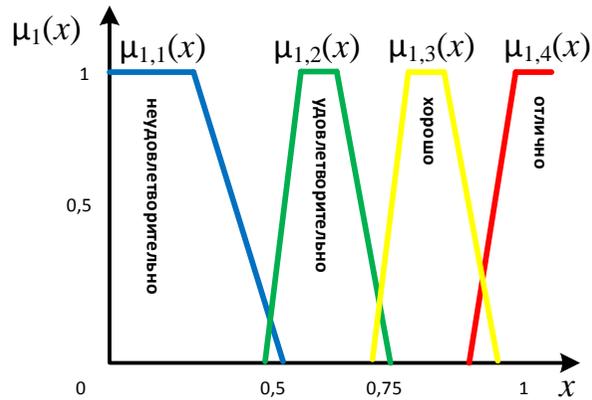


Рисунок 1 – График функций принадлежности оценок четырехбалльной системе оценивания

Сетевые модели строятся на основе матрицы компетенций военного специалиста, которые определяют взаимосвязь компетенций федеральных государственных образовательных стандартов и квалификационных требований с содержанием учебного материала основных профессиональных образовательных программ. Общий вид представления матрицы компетенций показан на рисунке 2.

Компетенции ФГОС и квалификационных требований				
↓				
Матрица компетенций				
	Виды военно-профессиональной деятельности выпускника:			
	Компетенция 1	Компетенция 2	Компетенция M
Дисциплина 1	M 1.1		M 1.2	
Дисциплина 2	M 2.1	M2.2		M2.3
Дисциплина 3	M 3.1		M 3.2	
.....			...	
Дисциплина N		M N.1		M N.M

Рисунок 2 – Общий вид представления матрицы компетенций

Матрица компетенций позволяет определить этапы формирования компетенций, которые в последствии используются при разработке учебного плана.

На основе учебного плана для каждой k -й компетенции строится ориентированный граф $G_k(V,E)$, который состоит из:

- начальной вершины v_0 – компетенции;
- вершин v – этапов, формирующих эту компетенцию;
- дуг e – связей, отражающих порядок формирования компетенции.

Пример одного из таких графов представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример представления этапов формирования k -й компетенции

Вершины каждого графа помечаются функциями принадлежности оценок, полученных обучающимся по результатам промежуточной аттестации обучающегося по четырех и двух-балльной системам оценивания. Дуги помечаются вероятностями r_{ij} переходов. При этом сумма вероятностей переходов из одной вершины в другие должна быть равна единице. В результате разметки получается нечетко-стохастический граф G_k формирования k -й компетенции, который для представленного выше примера можно описать с помощью следующей матрицы переходов между вершинами:

$$G_k = \begin{pmatrix} 0 & r_{01} \cdot P_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & r_{12} \cdot P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r_{23} \cdot P_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{34} \cdot P_3 & \dots & r_{3Z} \cdot P_Z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & r_{4Z} \cdot P_Z \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

где $P_1=1$; $P_z \in \{\mu^{2^*1}(x), \mu^{2^*2}(x), \mu^{4^*1}(x), \mu^{4^*2}(x), \mu^{4^*3}(x), \mu^{4^*4}(x)\}$ – z -я функция принадлежности оценок, полученных обучающимся по результатам промежуточной аттестации.

Для расчета степени сформированности компетенций военных специалистов используется матричный метод к количественному оцениванию качества сложной системы, предложенный в работе [10].

Сначала необходимо построить матрицу $(I_k - G_k)$, которая для представленного выше примера выглядит следующим образом

$$(I_k - G_k) = \begin{pmatrix} 1 & -r_{01} \cdot P_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & -r_{12} \cdot P_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -r_{23} \cdot P_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -r_{34} \cdot P_3 & \dots & -r_{3Z} \cdot P_Z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & -r_{4Z} \cdot P_Z \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

где I_k – единичная матрица.

Затем следует вычислить степень сформированности k -й компетенции военного специалиста:

$$W_k(x) = \frac{A_k(x)}{R_k(x)}, \tag{1}$$

где $A_k(x)$ – алгебраическое дополнение элемента с номером $(z, 1)$ матрицы $(I_k - G_k)$; $R_k(x)$ – главный определитель матрицы $(I_k - G_k)$. Следует отметить, что $W_k(x)$, $A_k(x)$ и $R_k(x)$, в отличие от модели, представленной в [11], являются нечеткими множествами, поэтому при их расчете вместо арифметических операций необходимо использовать операции над нечеткими множествами.

При необходимости можно получить четкое значение $W_k(x)$. Для этого могут быть использованы алгоритм Сугено, алгоритм Цукамото или алгоритм Мамдани.

Рассмотрим пример расчета степени сформированности компетенции военного специалиста-метролога, заключающейся в способности выполнять работы по автоматизации процессов измерений, испытаний и контроля (ПК-20).

Данную компетенцию формируют следующие дисциплины:

- «Информатика»;
- «Информационные технологии в области метрологического обеспечения вооружения и военной техники».

Этапы формирования компетенции представлены на рисунке 4.

Обучающийся по результатам промежуточной аттестации получил следующие оценки:

- по первой дисциплине «зачтено»;
- по второй дисциплине «хорошо».



Рисунок 4 – Этапы формирования компетенции

Пусть на основе экспертных данных имеем функции принадлежности оценок двухбалльной (рисунок 5) и четырехбалльной (рисунок 6) систем оценивания.

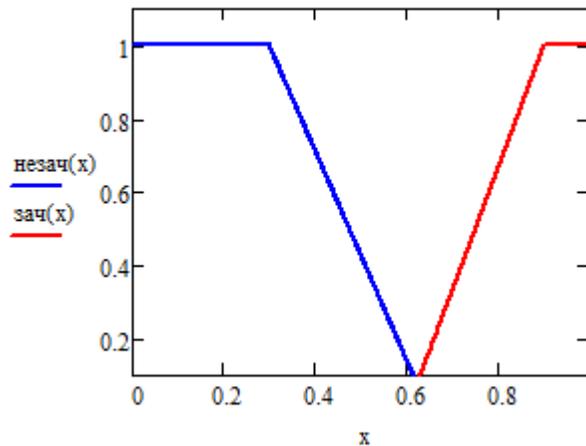
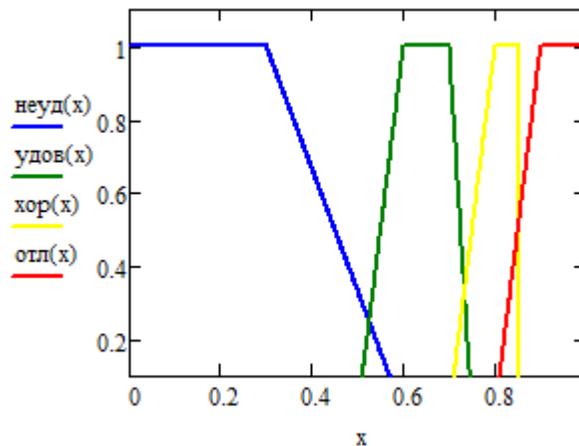


Рисунок 5 – График функций принадлежности оценок двухбалльной системе оценивания



Рисуно 6 – График функций принадлежности оценок четырехбалльной системе оценивания

Построим матрицу переходов между вершинами графа G формирования компетенции:

$$G = \begin{pmatrix} 0 & r_{01} \cdot P_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{12} \cdot P_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r_{23} \cdot P_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Построить матрицу $(I-G)$. Она будет выглядеть следующим образом

$$I - G = \begin{pmatrix} 1 & -r_{01} \cdot P_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -r_{12} \cdot P_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -r_{23} \cdot P_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

По формуле (1) вычислим степень сформированности компетенций военного специалиста-метролога в нечетком виде. Результаты представим в виде графика на рисунке 7.

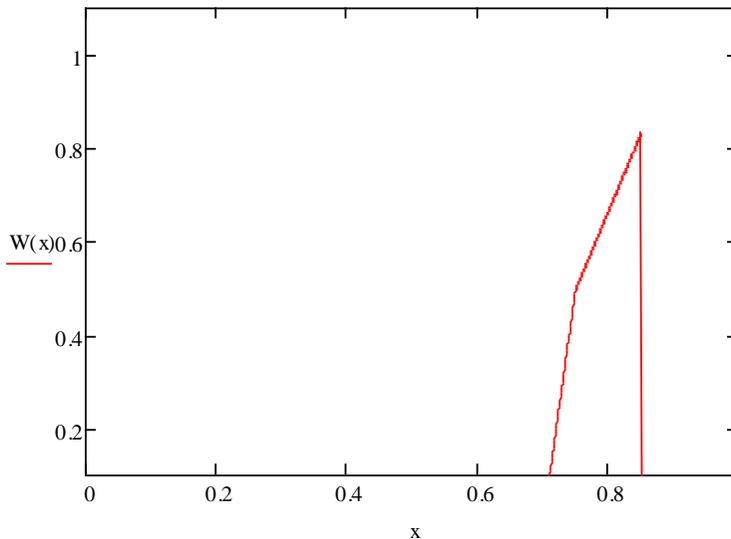


Рисунок 7 – Степень сформированности компетенций военного специалиста-метролога в нечетком виде

При использовании алгоритма Мамдани получаем четкое значение степени сформированности компетенций военного специалиста-метролога, которое равно 0,8.

Таким образом, в работе представлена методика оценивания степени сформированности компетенций военного специалиста. Данная методика базируется на построении функций принадлежности оценок, полученных по результатам промежуточной аттестации обучающегося по двух и четырехбалльной системам оценивания, а также нечетко-стохастических графов формирования компетенций. Кроме того, при вычислении степени сформированности компетенций используется матричный метод оценивания качества сложных систем. Однако, в отличие от последнего, в методике при получении искомого результата вместо арифметических операций используются операции над нечеткими множествами.

Дальнейшее направление развития предлагаемой методики связано с созданием автоматизированной системы мониторинга сформированности компетенций военных специалистов.

Литература

1. Беляева Е.О., Катаев С.Г., Тиаго да Сильва Перон, Константинова Е. Количественное оценивание уровня сформированности компетенций и модель специалиста // Научно-педагогическое образование. 2018. № 4 (22). С. 110-122.
2. Берсенадзе Б.В., Матвеев Ю.Л. Математическая (вероятностная) модель оценки уровня и степени сформированности компетенции // Сборник докладов XXIII Международной научно-технической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий». 2018. С. 77-82.
3. Буренок В.М. Стратегии развития системы вооружения вооруженных сил российской федерации в современных условиях // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2014. № 2 (82). С. 20-26.
4. Гладышева М.М., Тутарова В.Д. Оценка степени сформированности исследовательских компетенций обучающихся в процессе непрерывного профессионального образования на начальном этапе экспериментальной работы // Высшее образование сегодня. 2011 № 2. С. 39-43.
5. Горина Л.Н., Ковалева А.А. Методика организации и проведения мониторинга сформированности компетенции специалиста в области техносферной безопасности // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2010. № 3 (13). С. 330-332.

6. Данилов А.Н., Овичников А.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Об одном подходе к оцениванию уровня сформированности компетенций выпускника вуза // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 7.

7. Жуков А.О., Гусеница Я.Н., Пестун У.А. Основы экспертного оценивания: учебное пособие. – М.: ФГБНУ «Аналитический центр» Минобрнауки России, 2017. – 65 с.

8. Киричек А.В., Морозова А.В. Разработка модели оценивания уровня сформированности кластеров компетенций специалиста машиностроительного профиля // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 2-4 (292). С. 131-137.

9. Новиков В.Н., Баранчук Н.А. Совершенствование подготовки офицерских кадров к организации морально-психологического обеспечения на основе компетентностного подхода // Alma mater (Вестник высшей школы). 2017. №11. С. 17-19.

10. Пирская А.С. Методика оценивания компетенций выпускника // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 1 (77). С. 135-141.

11. Смагин В.А., Шерстобитов С.А. Оценивание длительности и количества информационной работы в цикле управляющей сети // Информация и космос. 2016. № 1. С. 75-79.

12. Татур Ю.Г. Как повысить объективность измерения и оценки результатов образования // Экономика образования. 2011. № 1. С. 60-67.

13. Темникова Е.А. Автоматизированная система оценки сформированности компетенций // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. 2016. № 16. С. 84-89.

14. Шихова О.В. Модель проектирования многоуровневых оценочных средств для диагностики компетенций студентов в техническом вузе // Образование и наука. 2012. № 2 (91). С. 23-31.

Баранчук Николай Александрович. E-mail: nikolai_baranchu@mail.ru

Гусеница Ярослав Николаевич

Дата поступления: 24.01.2020

Дата принятия к публикации 15.03.2020

**METHOD OF ASSESSING THE DEGREE OF FORMATION
OF COMPETENCES OF MILITARY SPECIALISTS**

DOI: 10.25629/HC.2020.03.10

Baranchyuk N. A., Gusenitsa Y. N.

Military Innovation Technopolis "ERA"

Anapa, Krasnodar Region, Russia

Abstract. The paper presents a method for assessing the degree of formation of competencies of military specialists, which is based on the construction of membership functions of grades obtained from the results of intermediate certification of a student using two and four-point grading systems, as well as fuzzy-stochastic graphs of competency formation. In addition, when calculating the degree of formation of competencies, a matrix method is used to evaluate the quality of complex systems. However, unlike the latter, in the method of obtaining the desired result instead of arithmetic operations are used operations on fuzzy sets.

Key words: military specialists, competence, assessment, fuzzy sets, fuzzy-stochastic graph, matrix method.

Baranchyuk Nikolay Aleksandrovich. E-mail: nikolai_baranchu@mail.ru

Gusenitsa Yaroslav Nikolaevich

Date of receipt 24.01.2020

Date of acceptance 15.03.2020