

МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОЙ ЭТАЛОННОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ — САМБИСТОВ СРЕДНЕЙ ВЕСОВОЙ КАТЕГОРИИ

О.М. Полещук, М.К. Умаров

МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
poleshchuk@mgul.ac.ru

Проблема оптимизации подготовки студентов-самбистов является одной из наиболее актуальных тем тренировочного процесса, направленного на достижение значимых спортивных результатов. Учебно-методическая литература по этому вопросу не отвечает требованиям специалистов-практиков. Необходимы программы подготовки единоборцев, составленные с учетом индивидуальных показателей на каждом из этапов их тренировочного процесса и соревновательной деятельности. Для обработки информации, получения устойчивых конечных результатов и адекватных действительности выводов следует применять современные математические методы. Создана модель нечеткой эталонной формы студентов-самбистов в виде совокупности показателей их спортивной подготовки. Эту эталонную форму предлагается использовать для выработки управляющих воздействий, направленных на получение значимых спортивных достижений.

Ключевые слова: лингвистическая переменная, нечеткая эталонная форма, подготовка студентов-самбистов

Ссылка для цитирования: Полещук О.М., Умаров М.К. Модель нечеткой эталонной формы для подготовки студентов — самбистов средней весовой категории // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 2. С. 101–106. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-101-106

В настоящее время можно выделить две группы методов, которые используются для обработки информации о тренировочном процессе. К первой группе следует отнести так называемые традиционные методы математической статистики и теории экспертного оценивания [1, 2], к второй — методы на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики [3–9]. Поскольку методы разных групп имеют разную теоретико-множественную основу, необходимо рассмотреть их достоинства и недостатки.

Сложность количественного оценивания процессов подготовки единоборцев и управления этой подготовкой является следствием сложности обработки получаемых данных в силу разнородности их состава. Данные могут быть значениями количественных или качественных (нечисловых) показателей. Особенность оценивания качественных показателей состоит в учете свойств или суждений лиц, измеряющих эти показатели и принимающих решения на основании этого субъективного измерения.

Методы обработки информации тренировочного процесса первой группы не позволяют учитывать эту особенность. При применении арифметических операций к нечисловым элементам порядковых шкал может возникать неустойчивость конечных результатов из-за некорректности этих операций. Поэтому представляется проблематичным получение рейтинговых оценок на базе традиционных сверток отдельных показателей. Подобные проблемы возникают

при построении регрессионных моделей с целью прогноза показателей спортсменов. Вместе с тем у методов первой группы есть существенные достоинства: возможность использования статистической информации, наглядность, распространенность.

Методы второй группы не столь многочисленны; интерпретация выходных данных только на первый взгляд может показаться трудоемкой, поскольку окончательные результаты дают лицу, принимающему решения, больше информации и, соответственно, облегчают его задачу. Эти методы свободны от некорректности оперирования с элементами порядковых шкал. Кроме того, они позволяют индивидуализировать процесс оценивания и принятия решений с учетом особенностей личностей эксперта и спортсмена.

Интеграция возможностей методов первой и второй групп позволяет разработать новые методы, сочетающие в себе достоинства и тех и других.

Остановимся на некоторых необходимых понятиях теории нечетких множеств.

Нечетким множеством \tilde{A} называется множество пар вида [3] $\{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : x \in X\}$, где $\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0, 1]$. Нечетким числом \tilde{A} называется нечеткое множество, имеющее функцию принадлежности [3] $\mu_{\tilde{A}}(x) : R \rightarrow [0, 1]$.

Для формализации значений показателей самбистов разработаны методы, в основу которых положено понятие лингвистической переменной.

Лингвистической переменной называется пятерка [3]

$$\{X, T(X), U, V, S\},$$

где X — название переменной;

$T(X) = \{X_i, i = \overline{1, m}\}$ — терм-множество переменной X , то есть множество термов, или названий лингвистических значений, переменной X (каждое из этих значений — нечеткая переменная со значениями из универсального множества U);

V — синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной X ;

S — семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной с названием из $T(X)$ нечеткое подмножество универсального множества U .

Модель нечеткой эталонной формы студентов-самбистов

Построим модель нечеткой эталонной формы студентов-самбистов (в виде совокупности формализованных показателей) и модель рейтингового оценивания на ее основе.

Построению предшествует выявление показателей (на различных этапах тренировочного процесса), оказывающих существенное влияние на значимость спортивных достижений в самбо. Для этой цели разработана модель [10], которая основана на выборе вероятностной или возможностной функции поведения системы показателей в зависимости от порожденной этими функциями нечеткости. Построенная модель показала, что на значимость спортивных достижений в самбо существенно влияют скоростные способности студентов, их вестибулярная устойчивость, выносливость и координационные способности.

Рассмотрим N студентов-самбистов, у которых на начальном этапе тренировочного процесса оцениваются показатели $X_j, j = \overline{1, m}$, оказывающие существенное влияние на успешность Y их спортивных достижений. Будем считать, что Y принимает три лингвистических значения: Y_1 — «Отсутствие призовых мест на чемпионате Московской области по самбо среди студентов», Y_2 — «Призовые места на чемпионате Московской области по самбо среди студентов», Y_3 — «Первые места на чемпионате Московской области по самбо среди студентов». Поскольку показатели $X_j, j = \overline{1, m}$ могут быть количественными (числовыми) или качественными (нечисловыми), то для нечисловых характеристик $X_j, j = \overline{1, p}$ и Y построим

лингвистические переменные [7] с названиями $X_j, j = \overline{1, p}$, Y и терм-множествами $X_{jl}, l = \overline{1, p_j}, j = \overline{1, p}, Y_s, s = \overline{1, 3}$. Функции принадлежности термов (значений) лингвистических переменных задаются с помощью четырех параметров. Первые два параметра — абсциссы левого и правого концов верхнего основания трапеции, которая является графиком функции принадлежности. Третий и четвертый параметры — длины соответственно левого и правого крыльев трапеции. Если графиком функции принадлежности является треугольник, функция задается с помощью трех параметров.

Среди N спортсменов выделяем чемпионов Московской области по самбо среди студентов. Например, это спортсмены с номерами $i = \overline{1, M}$, которые имели на начальном этапе тренировочного процесса качественные показатели $X_j, j = \overline{1, p}$, формализованные с помощью функций принадлежности $\{\mu_j^i(x) \equiv (a_{j1}^i, a_{j2}^i, a_{jL}^i, a_{jR}^i)\}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, p}$, и нормированные максимальным значением количественные показатели $x_j, j = \overline{p+1, m}$. Этим спортсменам соответствует значение Y_3 успешности их спортивных достижений — «Первые места на чемпионате Московской области по самбо среди студентов» с функцией принадлежности $\mu_3(x) \equiv (y_{31}, y_{32}, y_{3L}, y_{3R})$.

Построим нечеткую регрессионную модель, разработанную в [10, 11]

$$\tilde{Y} = \tilde{a}_1 \tilde{X}_1 + \tilde{a}_2 \tilde{X}_2 + \dots + \tilde{a}_p \tilde{X}_p + \tilde{a}_{p+1} X_{p+1} + \dots + \tilde{a}_m X_m + \tilde{a}_0,$$

где $\tilde{X}_j, j = \overline{1, p}$ — формализованные с помощью функций принадлежности качественные показатели спортсменов, $X_j, j = \overline{p+1, m}$ — нормированные максимальным значением количественные показатели спортсменов;

$\tilde{a}_j, j = \overline{0, m}$ — неизвестные коэффициенты регрессии, которые являются треугольными нечеткими числами и определяются функциями принадлежности с тремя параметрами.

Эта модель, которая позволяет прогнозировать показатели спортсменов, используется для построения их нечеткой эталонной формы. Совокупность эталонных показателей спортсменов определяется в виде совокупности нечетких чисел $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, m}$. Для нахождения этих чисел нам понадобится понятие взвешенного отрезка, которое определено в [12]. Взвешенные отрезки нечетких чисел агрегируют информацию об этих числах и позволяют существенно упростить операции с нечеткими числами.

Согласно [12], взвешенный отрезок $[A_1, A_2]$ для числа с функцией принадлежности $\mu(x) \equiv (a_1, a_2, a_L, a_R)$ определяется следующим образом

$$A_1 = a_1 - \frac{1}{6}a_L, A_2 = a_2 + \frac{1}{6}a_R$$

и является агрегирующим отрезком для соответствующего нечеткого числа.

Обозначим соответственно через $[A_{j1}^i, A_{j2}^i]$, $i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}$, $[B_{j1}, B_{j2}]$, $j = \overline{1, m}$ и $[C_1, C_2]$ взвешенные отрезки нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j^i(x) \equiv (a_{j1}^i, a_{j2}^i, a_{jL}^i, a_{jR}^i)\}$, $i = \overline{1, M}, j = \overline{1, m}$, $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$, и $\mu_3(x) \equiv (y_{31}, y_{32}, y_{3L}, y_{3R})$, а через $[D_1, D_2]$ — взвешенный отрезок нечеткого числа, которое получается подстановкой нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$ в регрессионную модель, описанную выше.

Обозначим $(C_1 - D_1)^2 + (C_2 - D_2)^2$ через ρ_1^2 , а

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^m [(A_{j1}^i - B_{j1})^2 + (A_{j2}^i - B_{j2})^2]$$

через ρ_2^2 . Известные параметры функций принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, m}$, совокупности формализованных характеристик идем из решения оптимизационной задачи $\rho_1^2 + \rho_2^2 \rightarrow \min$ при условиях

$$x_{j1} - x_{jL} \geq 0, x_{j2} + x_{jR} \leq 1, x_{jL} \geq 0, x_{jR} \geq 0, j = \overline{1, m}.$$

Для качественных (нечисловых) показателей идентифицируем полученные нечеткие числа (с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})\}$, $j = \overline{1, p}$) с формализациями лингвистических значений X_{lj} , $l = \overline{1, p_j}, j = \overline{1, p}$ (\tilde{X}_{lj} с функциями принадлежности $\mu_{lj}(x)$, $l = \overline{1, p_j}, j = \overline{1, p}$). Обозначим взвешенные отрезки нечетких чисел \tilde{X}_{lj} через $[Q_{j1}^l, Q_{j2}^l]$, $l = \overline{1, p_j}, j = \overline{1, p}$.

Пусть

$$f^2(\mu_j(x), \mu_{lj}(x)) = (Q_{j1}^l - B_{j1})^2 + (Q_{j2}^l - B_{j2})^2, \\ l = \overline{1, p_j}, j = \overline{1, p}.$$

Нечеткое число с функцией принадлежности $\mu_j(x) \equiv (x_{j1}, x_{j2}, x_{jL}, x_{jR})$ идентифицируется с лингвистическим значением X_{sj} характеристики X_j , если

$$f^2(\mu_j(x), \mu_{sj}(x)) = \min_l f^2(\mu_j(x), \mu_{lj}(x)), l = \overline{1, p_j}.$$

Для числовых показателей X_j , $j = \overline{p+1, m}$ получаем эталонные значения в виде отрезка

$$\left[x_{j1} - \frac{1}{6}x_{jL}, x_{j2} + \frac{1}{6}x_{jR} \right].$$

Рейтинговую оценку n -го студента-спортсмена, $n = \overline{1, N}$, определим следующим образом [13]

$$r_n = 1 - \sum_{j=1}^m \omega_j \sqrt{\frac{1}{2}(B_{j1} - A_{j1}^n)^2 + \frac{1}{2}(B_{j2} - A_{j2}^n)^2},$$

где $[B_{j1}, B_{j2}]$, $j = \overline{1, m}$ взвешенные отрезки нечеткой эталонной формы;

$[A_{j1}^n, A_{j2}^n]$, $n = \overline{1, N}, j = \overline{1, m}$ — взвешенные отрезки показателей n -го студента-спортсмена.

Разработанная рейтинговая модель позволяет дифференцированно подходить к рейтинговому оцениванию студентов-спортсменов, учитывая их потенциальные возможности и используя их для выработки управляющих воздействий, направленных на получение значимых спортивных достижений.

Практический пример

В качестве входной информации были рассмотрены данные студентов первого курса на этапе начала тренировок в секции самбо Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана. Были выбраны следующие показатели: X_1 — бег на 60 м (с); X_2 — приседания на одной ноге (количество раз); X_3 — прыжок с места в длину (м); X_4 — забегания на борцовском мосту (количество раз); X_5 — лазание по канату без ног на 5 м (количество раз); X_6 — подтягивание на перекладине (количество раз); X_7 — броски манекена (количество раз за 1 мин). В качестве выходной информации были рассмотрены данные показателя успешности спортсменов Y , принимающего три значения: Y_1 — «Отсутствие призовых мест на чемпионате Московской области по самбо среди студентов», Y_2 — «Призовые места на чемпионате Московской области по самбо среди студентов», Y_3 — «Первые места на чемпионате Московской области по самбо среди студентов». Для построения нечеткой регрессионной модели были рассмотрены данные 100 студентов, которые в разные годы занимались в секции самбо Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана (МГУЛ). Из рассмотренных 100 человек 52 человека (0,52 от общего числа самбистов) не занимали призовых мест на чемпионате, 23 человека (0,23 от общего числа самбистов) занимали призовые места на чемпионате и 25 человек (0,25 от общего числа самбистов) были чемпионами Московской области по самбо среди студентов.

Поскольку вся входная информация является числовой, данные студентов по каждому

показателю были пронормированы максимальным значением. Выходная информация является нечисловой (качественной), поэтому для ее значений были построены соответствующие функции принадлежности [7, 9]. Построение функций принадлежности осуществляется на отрезке [0, 1], областью значений функций тоже является отрезок [0, 1].

В теории вероятностей существует понятие геометрических вероятностей [2]: если точка случайным образом бросается в плоскую фигуру площади S, то вероятность точки попасть в плоскую фигуру площади s равна s/S. Понятие геометрических вероятностей было применено для функций принадлежности, которые были построены таким образом, что площади фигур, ограниченные этими функциями (трапеции и треугольник), равны соответственно 0,52; 0,23; 0,25.

Обозначим через $\mu_k(x), i = \overline{1,3}$ функции принадлежности термов Y_1, Y_2 и Y_3 . Тогда

$$\begin{aligned} \mu_1(x) &\equiv (0; 0,405; 0; 0,115), \\ \mu_2(x) &\equiv (0,635; 0,115; 0,115), \\ \mu_3(x) &\equiv (0,865; 1; 0,115; 0). \end{aligned}$$

На основании входной и выходной информации была построена нечеткая линейная регрессионная модель

$$\begin{aligned} \tilde{Y} &= (0,026; 0; 0) + (0,067; 0; 0)X_1 + \\ &+ (0,619; 0,585; 0,507)X_2 + \\ &+ (0,234; 0,112; 0)X_3 + (0,019; 0,163; 0,007)X_4 + \\ &+ (0,124; 0,005; 0,007)X_5 + \\ &+ (0,036; 0; 0)X_6 + (0,034; 0,007; 0)X_7. \end{aligned}$$

В условиях разнородной входной и выходной информации построение классической регрессионной модели не представляется возможным.

После построения нечеткой линейной регрессионной модели были отобраны входные данные 25 спортсменов-чемпионов. Поскольку входные данные были только числовые, отрезки $[A_{j1}^i, A_{j2}^i], i = \overline{1, 25}, j = \overline{1, 7}$ превращаются в точки $[A_{j1}^i, A_{j2}^i], i = \overline{1, 25}, j = \overline{1, 7}$ на числовой прямой со значениями, равными нормированным показателям спортсменов-чемпионов. Эталонный образ формы спортсменов будем искать в виде $\{\mu_j(x) \equiv (x_j, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, 7}$, его взвешенные отрезки обозначим через $[B_{j1}, B_{j2}], j = \overline{1, 7}; C_1 = 0,865 - 1/6 \times 0,115 \approx 0,846; C_2 = 1 + 1/6 \cdot 0 = 1; [D_1, D_2]$ — взвешенный отрезок нечеткого числа, которое получается подстановкой нечетких чисел с функциями принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_j, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, 7}$, в регрессионную модель, описанную выше.

Обозначим $(0,846 - D_1)^2 + (1 - D_2)^2$ через ρ_1^2 , а

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^7 [(A_j^i - B_{j1})^2 + (A_j^i - B_{j2})^2]$$

через ρ_2^2 . Неизвестные параметры функций принадлежности $\{\mu_j(x) \equiv (x_j, x_{jL}, x_{jR})\}, j = \overline{1, 7}$, совокупности формализованных характеристик идем из решения оптимизационной задачи $\rho_1^2 + \rho_2^2 \rightarrow \min$.

Решение оптимизационной задачи позволило получить следующие функции принадлежности соответственно для показателей $X_1 - X_7$ (пояснения обозначений $X_1 - X_7$ см. выше).

$$\begin{aligned} \mu_1(x) &\equiv (8,2; 0,412; 0; 0,308), \\ \mu_2(x) &\equiv (13,91; 5,28; 7,34), \\ \mu_3(x) &\equiv (2,38; 1,15; 2,46), \\ \mu_4(x) &\equiv (28,19; 12,04; 0; 13,16), \\ \mu_5(x) &\equiv (3,57; 4,18; 6,31), \\ \mu_6(x) &\equiv (19,06; 19,76; 23,84), \\ \mu_7(x) &\equiv (21,09; 17,64; 9,82). \end{aligned}$$

Для перечисленных выше показателей получаем эталонные значения в виде отрезков:

$$\begin{aligned} X_1 &— [8,13; 8,25], X_2 — [13,03; 15,13], \\ X_3 &— [2,18; 2,79], X_4 — [26,18; 30,38], \\ X_5 &— [3,57; 5,32], X_6 — [15,76; 23,03], \\ X_7 &— [18,15; 22,72]. \end{aligned}$$

Выводы

Разработана модель эталонной формы студентов-самбистов на основе аппарата теории нечетких множеств. Эта модель может применяться на любом этапе тренировочного процесса для выработки управляющих воздействий, направленных на достижение значимых спортивных результатов. Новизна предложенной модели состоит в том, что она позволяет рассматривать разнородные показатели спортсменов, одни из которых могут быть количественными (длина прыжка, число бросков, число подтягиваний и т. д.), а другие — качественными (упорство, лидерство, психологическая устойчивость и т. д.), и при этом корректно оперировать с их значениями. Разработанная модель включает в себя построение нечеткой регрессионной модели, которая дает возможность прогнозировать успешность спортивной карьеры, выявлять показатели, оказывающие на нее существенное влияние, и находить зависимости между ними. Нечеткая эталонная форма студентов-самбистов позволяет определять рейтинговые оценки спортсменов

и использовать их для улучшения реальной спортивной формы. Адекватность и эффективность разработанной модели демонстрируется с помощью практического примера.

Список литературы

- [1] Ширяев А.Н. Вероятность. М.: Наука, 1980. 576 с.
- [2] Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2005. 479 с.
- [3] Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
- [4] Полещук О.М. Математическая модель обработки экспертных оценок // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2005. № 6 (42). С. 161–164.
- [5] Development of Intelligent for Monitoring and Evaluation of Peaceful Nuclear Activities / A. Ryjov, A. Belenki, R. Hooper, V. Pouchkarev, A. Fattah, L. Zadeh. Vienna: IAEA, 1998, 122 p.
- [6] Полещук О.М., Полещук И.А. Нечеткая кластеризация элементов множества полных ортогональных семантических пространств // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2003. № 1. С. 117–127.
- [7] Полещук О.М. О развитии систем обработки нечеткой информации на базе полных ортогональных семантических пространств // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2003. № 1. С. 112–117.
- [8] Zadeh L.A. Fuzzy logic and approximate reasoning // Synthese, 1975, v. 80, pp. 407–428.
- [9] Poleshchuk O. The determination of students' fuzzy rating points and qualification levels // International Journal of Industrial and Systems Engineering, 2011, v. 9, no. 1, pp. 3–20.
- [10] Полещук О.М. Линейная нечеткая регрессионная модель при условии четких входных и выходных данных // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2000. № 4. С. 138–143.
- [11] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. Multiple hybrid regression for fuzzy observed data // Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS'2008. New York City, 2008, pp. 4531224.
- [12] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. New defuzzification method based on weighted intervals // Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS'2008. New York City, 2008, pp. 4531223.
- [13] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. The determination of rating points of objects and groups of objects with qualitative characteristics // Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS-2009. New York City, 2009, pp. 5156416.

Сведения об авторах

Полещук Ольга Митрофановна — д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: poleshchuk@mgul.ac.ru

Умаров Мухамед Курешевич — доцент кафедры физической культуры и спорта МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), e-mail: murad-u@mail.ru

Статья поступила в редакцию 26.01.2017 г.

FUZZY MODEL OF STANDARD FORM FOR STUDENTS — WRESTLERS OF MIDDLE WEIGHT CATEGORIES

O.M. Poleshchuk, M.K. Umarov

BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

poleshchuk@mgul.ac.ru

The analysis of practical results of training some students — wrestlers, together with theoretical studies, showed that the problem of optimizing their training techniques is one of the most significant issues of the training process aimed at achieving remarkable sports results. The educational and methodological literature on technical and tactical training the athletes does not meet the requirements of practitioners. Consequently, it is necessary to develop some programs of training the athletes which will be tailored to the individual indicators at each stage of their training process and competitive activity. To process the data obtained, to provide sustainable outcomes and adequate results it is necessary to use the new mathematical methods. Taking the above purposes into consideration, the authors have developed an approach to create a fuzzy standard form for students — wrestlers in the form of a set of indicators of their sports training. This standard form is suggested being used to develop certain control actions, aimed at obtaining significant sports achievements.

Keywords: linguistic variable, fuzzy standard form, training some students — wrestlers

Suggested citation: Poltshchuk O.M., Umarov M.K. *Model' nechetkoy etalonnoy formy dlya podgotovki studentov-sambistov sredney vesovoy kategorii* [Fuzzy model of standard form for students — wrestlers of middle weight categories]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, vol. 21, no. 2, pp. 101–106. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-2-101-106

References

- [1] Shiryayev A.N. *Veroyatnost'* [Probability]. Moscow: Nauka Publ., 1980, 576 p. (in Russian)
- [2] Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Theory of Probability and Mathematical Statistics]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 2005, 479 p. (in Russian)
- [3] Zade L.A. *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizitel'nykh resheniy* [The concept of linguistic variable and its application to decision making]. Moscow: Mir Publ., 1976, 165 p. (in Russian)
- [4] Poleshchuk O.M. *Matematicheskaya model' obrabotki ekspertnykh otsenok* [A mathematical model for the processing of expert evaluations] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2005, № 6 (42), pp. 161-164. (in Russian)
- [5] Ryjov A., Belenki A., Hooper R., Pouchkarev V., Fattah A., Zadeh L. Development of Intelligence for Monitoring and Evaluation of Peaceful Nuclear Activities, IAEA, 1998, pp. 122.
- [6] Poleshchuk O.M., Poleshchuk I.A. *Nechetkaya klasterizatsiya elementov mnozhestva polnykh ortogonal'nykh semanticheskikh prostranstv* [Fuzzy Clustering of elements of complete orthogonal semantic spaces] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2003, № 1, pp. 117-127. (in Russian)
- [7] Poleshchuk O.M. *O razvitiy sistem obrabotki nechetkoy informatsii na baze polnykh ortogonal'nykh semanticheskikh prostranstv* [On the development of fuzzy information processing systems based on the full orthogonal semantic spaces] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2003, № 1, pp. 112-117. (in Russian)
- [8] Zadeh L.A. Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthese*, 1975, v. 80, pp. 407-428.
- [9] Poleshchuk O. The determination of students' fuzzy rating points and qualification levels. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 2011, v. 9, no. 1, pp. 3-20.
- [10] Poleshchuk O.M. *Lineynaya nechetkaya regressionnaya model' pri uslovii chetkikh vkhodnykh i vykhodnykh dannykh* [Fuzzy linear regression model with a crisp input and output data] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2000, no. 4, pp. 138-143. (in Russian)
- [11] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. Multiple hybrid regression for fuzzy observed data. Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS-2008, New York City, NY, p. 4531224.
- [12] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. New defuzzification method based on weighted intervals. Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS-2008, New York City, NY, p. 4531223.
- [13] Poleshchuk O.M., Komarov E.G. The determination of rating points of objects and groups of objects with qualitative characteristics. Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS-2009, p. 5156416.

Author's information

Poleshchuk Ol'ga Mitrofanovna — Dr. Sci. (Tech.), Prof., BMSTU, e-mail: poleshchuk@mgul.ac.ru
Umarov Mukhamed Kureshevich — associate Professor of physical education, BMSTU (Mytishchi branch), e-mail: murad-u@mail.ru

Received 26.01.2017