

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РЕЙТИНГОВЫМ ОЦЕНКАМ СОСТОЯНИЯ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ ИХ МОНИТОРИНГА

О.М. Полещук

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

Приведен анализ моделей рейтингового оценивания зеленых насаждений в условиях больших городов, разработанных автором, которые основаны на формализации состояния видов растений с помощью лингвистических переменных, моделирующих оценочные действия экспертов в нечетких условиях. Первая модель, разработанная автором ранее, позволяет найти рейтинговые оценки зеленых насаждений, сравнивая их состояния друг с другом. Вторая модель, разработанная в настоящей статье, позволяет найти рейтинговые оценки видов растений на основе их идеального состояния. Для этого определяется расстояние между лингвистическими переменными, формализующими реальное состояние вида растений и его идеальное состояние. Поскольку состояния зеленых насаждений сравниваются с идеальным состоянием, а не между собой, то полученная рейтинговая оценка одного вида растений не зависит от данных, полученных при оценке других видов. Разработанные модели дают возможность их альтернативного применения в зависимости от поставленных целей и задач.

Ключевые слова: нечеткая информация, рейтинговая оценка, вид растений

Ссылка для цитирования: Полещук О.М. Анализ подходов к рейтинговым оценкам состояния видов растений в нечетких условиях их мониторинга // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 128–134. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-128-134

Одной из основных задач экологического мониторинга является задача экспертного оценивания состояния зеленых насаждений. Процесс получения экспертных оценок состоит в визуальном исследовании насаждений и отнесении состояния каждого отдельного растения к одному из уровней вербальной шкалы: «старый сухостой», «свежий сухостой», «усыхающее», «сильно ослабленное», «средне ослабленное», «умеренно ослабленное», «здоровое без признаков ослабления».

Использование экспертами вербальных (лингвистических) шкал при оценке качественных (нечисловых) характеристик (в частности, состояния вида растений) вносит в процесс оценивания неопределенность в виде нечеткости, поэтому возникает необходимость использования аппарата теории нечетких множеств для формализации и обработки нечеткой информации (информации с нечеткими данными).

В настоящее время разработаны методы формализации нечеткой информации [1, 2], модели рейтингового и кластерного анализа состояний видов растений в нечетких условиях [3–5].

Недостаток разработанной модели [5] заключается в том, что рейтинговые оценки являются результатом сравнительного анализа видов растений друг с другом, что не всегда дает реальную картину. Например, выбирается совокупность видов растений, которые плохо адаптированы

к условиям большого города. В результате получают вариационный ряд, членами которого являются виды, расположенные в порядке возрастания их рейтинга. Полученные рейтинги не позволяют оценить реальную картину, поскольку рассматривается совокупность, в которой все виды плохо адаптированы к урбанистическим условиям. В настоящей статье предлагается устранить недостаток, состоящий в зависимости рейтинговых оценок от рассматриваемой совокупности видов растений.

Цель работы

Цель работы — разработка модели рейтингового оценивания видов растений на основе их идеального состояния и сравнительный анализ этой модели и модели, разработанной автором ранее.

Основные понятия и определения

Нечетким множеством \tilde{A} называется множество пар вида

$$\{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) : x \in X\}, \text{ где } \mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0, 1] \text{ [6].}$$

Если значения нечеткого множества принадлежат действительной прямой, то нечеткое множество называется нечетким числом. Из определения следует, что каждому значению $x \in X$ соответствует значение функции принадлежности $0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$, которое отражает степень уверенности (возможности) того, что $x \in \tilde{A}$.

Нечеткие числа используются для построения лингвистических переменных, формализующих

значения качественных (нечисловых) характеристик или описывающих значения количественных (числовых) характеристик в лингвистических терминах.

Лингвистической переменной называется пятерка $\{Y, T(Y), U, V, S\}$, где Y — название переменной; $T(Y) = \{Y_j, j = 1, m\}$ — терм-множество переменной Y , т. е. множество термов, или названий лингвистических значений переменной Y (каждое из этих значений — нечеткая переменная со значениями из универсального множества); V — синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной Y ; S — семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной с названием из $T(Y)$ нечеткое подмножество универсального множества U [6].

Функции принадлежности нечетких чисел, соответствующих термам лингвистической переменной, определяются четырьмя параметрами, если используется нечеткое T -число $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_L, b_R)$. Первые два параметра являются абсциссами левой и правой вершин верхнего основания трапеции, а последние два параметра являются длинами левого и правого крыльев трапеции. Функции принадлежности нечетких чисел, соответствующих термам лингвистической переменной, определяются тремя параметрами, если используется треугольное нечеткое число $\tilde{B} = (b, b_L, b_R)$. Первый параметр является абсциссой вершины треугольника, а последние два параметра являются длинами его левого и правого крыльев.

Семантическим пространством называется лингвистическая переменная с фиксированным терм-множеством [7].

В работе [8] для нечеткого числа $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_L, b_R)$ был определен взвешенный отрезок $[\beta_1, \beta_2]$, в работе [9] для нечеткого числа был определен агрегирующий показатель ϑ :

$$\beta_1 = b_1 - \frac{1}{6}b_L; \beta_2 = b_2 + \frac{1}{6}b_R; \quad (1)$$

$$\vartheta = \frac{b_1 + b_2}{2} + \frac{(b_R - b_L)}{12}. \quad (2)$$

В работе [10] определено расстояние между нечеткими числами $\tilde{C} = (c_1, c_2, c_L, c_R)$, $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_L, b_R)$ со взвешенными отрезками $[\alpha_1, \alpha_2]$, $[\beta_1, \beta_2]$:

$$d(\tilde{C}, \tilde{B}) = \sqrt{(\alpha_1 - \beta_1)^2 + (\alpha_2 - \beta_2)^2}. \quad (3)$$

В работах [1, 11] разработаны методы формализации состояния видов растений на основе лингвистических переменных. Если оценивается состояние K растений, из которых состояние k_i , $l = 1, 7$ растений оценено l -м уровнем шкалы

с уровнями A_l , $l = 1, 7$: «старый сухостой», «свежий сухостой», «усыхающее», «сильно ослабленное», «средне ослабленное», «умеренно ослабленное», «здоровое без признаков ослабления», тогда функция принадлежности $\mu_l(x)$, $l = 1, 7$ уровня A_l , $l = 1, 7$ строится таким образом, что площадь фигуры (трапеции или треугольника), ограниченной графиком этой функции, равна $a_l = \frac{k_l}{K}$, $l = 1, 7$.

Точки пересечения имеют только соседние функции, ординаты точек пересечения составляют 0,5, абсциссы точек пересечения равны соответственно $a_1, a_1 + a_2, a_1 + a_2 + a_3, \dots, \sum_{l=1}^m a_l, \sum_{l=1}^m a_l, 1 - a_7$.

Предположим, что K растений содержат k_i , $i = 1, m$ растений i -го вида, $\sum_{i=1}^m k_i = K$. Из k_i , $i = 1, m$ растений состояние k_{il} , $i = 1, m, l = 1, 7$ растений оценено l -м уровнем шкалы. Введем обозначения $a_{il} = \frac{k_{il}}{k_i}$, $i = 1, m, l = 1, 7$.

Тогда функция принадлежности λ_i , $i = 1, m$ нечеткой рейтинговой оценки i -го вида растений находится, согласно работе [12], следующим образом

$$\lambda_i = a_{i1}\mu_1 + \dots + a_{i7}\mu_7 = \sum_{l=1}^7 a_{il}\mu_l, \quad i = 1, m. \quad (4)$$

Для нечетких чисел с функциями принадлежности λ_i , $i = 1, m, \mu_1, \mu_7$ определяются агрегирующие показатели по формуле (2). Использование этой формулы позволяет сохранить информационные особенности нечетких чисел по сравнению с использованием метода центра тяжести [13]. Полученные числа обозначены соответственно через v_i , $i = 1, m, \xi_1, \xi_7$. Нормированная рейтинговая оценка i -го вида растений находится, согласно работе [14], следующим образом

$$E_i = \frac{v_i - \xi_1}{\xi_7 - \xi_1}, \quad i = 1, m. \quad (5)$$

Постановка задачи и ее решение

Предположим, что оценивается состояние m видов растений, при этом используется шкала с уровнями A_l , $l = 1, 7$: «старый сухостой», «свежий сухостой», «усыхающее», «сильно ослабленное», «средне ослабленное», «умеренно ослабленное», «здоровое без признаков ослабления». Состояние растений оценивают эксперты на основе визуального исследования.

Данные, поступающие от экспертов, содержат информацию по каждому исследуемому растению. Обозначим через a_{il} , $i = 1, m, l = 1, 7$ относительное число растений i -го вида, состояние

которых оценено l -м уровнем шкалы. Если исследовано κ_i , $i = \overline{1, m}$ растений i -го вида, из них состояние κ_{il} , $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, 7}$ растений оценено l -м уровнем шкалы, тогда

$$a_{il} = \frac{\kappa_{il}}{\kappa_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, 7}.$$

Используя эти данные и метод [1], построим m лингвистических переменных с нечеткими числами \tilde{A}_{il} , $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, 7}$, формализующими уровни (термы) A_l , $l = \overline{1, 7}$. Для построения функций принадлежности лингвистических переменных используются нечеткие числа трапецеидального или треугольного типа, которые определяются соответственно четырьмя или тремя параметрами. Использование определенного типа нечетких чисел определяется данными, поступающими от экспертов.

Лингвистическую переменную, или совокупность нечетких чисел \tilde{A}_{il} , $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, 7}$, будем называть состоянием i -го вида растений.

Определим идеальное состояние видов растений, используя лингвистическую переменную с нечеткими числами $\tilde{A}_1^{id} = \tilde{A}_2^{id} = \tilde{A}_3^{id} = \tilde{A}_4^{id} = \tilde{A}_5^{id} = \tilde{A}_6^{id} = (0, 0, 0, 0)$, $\tilde{A}_7^{id} = (0, 1, 0, 0)$. Идеальным состоянием видов растений, согласно этой формализации, считается присутствие только здоровых растений без признака ослабления.

Обозначим через $[\delta_{1ib}, \delta_{2il}]$, $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, 7}$ взвешенные отрезки нечетких чисел \tilde{A}_{il} , $i = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, 7}$. Для определения взвешенных отрезков используется формула (1).

Определим взвешенные отрезки для идеального состояния видов растений. Для нечетких чисел $\tilde{A}_1^{id} = \tilde{A}_2^{id} = \tilde{A}_3^{id} = \tilde{A}_4^{id} = \tilde{A}_5^{id} = \tilde{A}_6^{id} = (0, 0, 0, 0)$ взвешенные отрезки превращаются в нулевую точку. Взвешенным отрезком нечеткого числа $\tilde{A}_7^{id} = (0, 1, 0, 0)$ является отрезок $[0, 1]$.

Рейтинговую оценку D_i , $i = \overline{1, m}$ i -го вида растений найдем, используя формулу (3), следующим образом:

$$D_i = 1 - \frac{1}{7} \left(\sum_{l=1}^6 \sqrt{(\delta_{1il})^2 + (\delta_{2il})^2} + \sqrt{(\delta_{1i7})^2 + (1 - \delta_{2i7})^2} \right). \quad (6)$$

Отличие рейтинговой оценки (6) от разработанной ранее рейтинговой оценки (5) состоит в ее независимости от данных, полученных при оценивании других видов растений.

Пример

Рассмотрим данные оценивания пяти видов древесных и кустарниковых растений (липа крупнолистная, вяз гладкий, кизильник блестящий, ясень обыкновенный, боярышник однопестичный), произрастающих в сложных экологических условиях Бульварного кольца г. Москвы. Данные получены в рамках общегородского мониторинга состояния зеленых насаждений в 1997–2001 гг.

Одной из целей исследования было определение перспективности использования этих видов для озеленения города.

Обозначим через a_l , $l = \overline{1, 7}$ относительное число растений всех видов в насаждениях Бульварного кольца, оцененных экспертами l -м уровнем шкалы с уровнями A_l , $l = \overline{1, 7}$: «старый сухостой», «свежий сухостой», «усыхающее», «сильно ослабленное», «средне ослабленное», «умеренно ослабленное», «здоровое без признаков ослабления».

Приведем относительные числа растений Бульварного кольца в рамках уровней вербальной шкалы a_l , $l = \overline{1, 7}$:

$a_l, l = \overline{1, 7}$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Относительное число	0,009	0,010	0,030	0,130	0,289	0,437	0,095

По представленным данным и согласно методу из работы [1] построим лингвистическую переменную «Состояние насаждений Бульварного кольца» (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Параметры функций принадлежности лингвистической переменной «Состояние насаждений Бульварного кольца»
Functions parameters of the linguistic variable «The state of plantations in the Boulevard Ring»

$\mu_l, l = \overline{1, 7}$	Параметры			
μ_1	0,000	0,005	0,000	0,009
μ_2	0,014	0,014	0,009	0,010
μ_3	0,024	0,034	0,010	0,030
μ_4	0,064	0,114	0,030	0,130
μ_5	0,244	0,324	0,130	0,289
μ_6	0,613	0,858	0,289	0,095
μ_7	0,953	1,000	0,095	0,000

Обозначим через a_{il} , $i = \overline{1, 5}$, $l = \overline{1, 7}$ относительные числа растений каждого из пяти видов в насаждениях Бульварного кольца, оцененных экспертами l -м уровнем шкалы (табл. 2).

Используя данные табл. 1, 2 и формулы (4), (5), вычислим нечеткие рейтинговые оценки с функциями принадлежности λ_i , $i = \overline{1, 5}$, четкие рейтинговые оценки E_i , $i = \overline{1, 5}$ и рейтинг пяти видов древесных и кустарниковых растений Бульварного кольца (табл. 3).

Найдем рейтинговые оценки пяти видов растений Бульварного кольца, используя разработанную в настоящей статье модель.

По данным табл. 2 и согласно методу из работы [1] построим пять лингвистических переменных «Состояние i -го вида растений Бульварного кольца». Параметры функций принадлеж-

Т а б л и ц а 2

**Относительные числа растений пяти видов в насаждениях
Бульварного кольца в рамках уровней вербальной шкалы**
Relative numbers of five species in the plantations of the Boulevard Ring
within the levels of the verbal scale

№ п/п	Название вида	Бульварное кольцо						
		a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	a_{i4}	a_{i5}	a_{i6}	a_{i7}
1	Липа крупнолистная	0,002	0,009	0,022	0,087	0,274	0,426	0,180
2	Вяз гладкий	0,000	0,005	0,014	0,057	0,220	0,650	0,054
3	Кизильник блестящий	0,000	0,000	0,000	0,083	0,125	0,670	0,122
4	Ясень обыкновенный	0,000	0,000	0,077	0,000	0,307	0,462	0,154
5	Боярышник однопестичный	0,000	0,000	0,000	0,040	0,240	0,680	0,040

Т а б л и ц а 3

**Нечеткие рейтинговые оценки, рейтинговые оценки и рейтинг видов
древесных и кустарниковых растений Бульварного кольца**
Fuzzy ratings, ratings and ratings of tree and shrub species in the Boulevard Ring

№ п/п	Название вида	$\lambda_i, i = \overline{1, 5}$				$E_i, i = \overline{1, 5}$	Рейтинг
1	Липа крупнолистная	0,327	0,506	0,645	0,777	0,590	5
2	Вяз гладкий	0,508	0,690	0,224	0,133	0,602	3
3	Кизильник блестящий	0,339	0,563	0,747	0,857	0,654	1
4	Ясень обыкновенный	0,318	0,507	0,653	0,788	0,592	4
5	Боярышник однопестичный	0,283	0,516	0,706	0,845	0,613	2

Т а б л и ц а 4

**Параметры функций принадлежности лингвистических переменных
«Состояние i -го вида растений Бульварного кольца»**
Functions parameters of linguistic variables
«State of the i -th plant species of the Boulevard Ring»

	Липа крупнолистная				Вяз гладкий				Кизильник блестящий			
μ_{i1}	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i2}	0,003	0,007	0,002	0,009	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i3}	0,016	0,022	0,009	0,022	0,008	0,012	0,005	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i4}	0,044	0,077	0,022	0,087	0,026	0,048	0,014	0,057	0,000	0,042	0,000	0,083
μ_{i5}	0,164	0,257	0,087	0,274	0,105	0,186	0,057	0,220	0,125	0,146	0,083	0,125
μ_{i6}	0,531	0,730	0,274	0,180	0,406	0,919	0,220	0,054	0,271	0,817	0,125	0,122
μ_{i7}	0,910	1,000	0,180	0,000	0,973	1,000	0,054	0,000	0,939	1,000	0,122	0,000

ности $\mu_{il}, i = \overline{1, 5}, l = \overline{1, 7}$ этих переменных приведены в табл. 4, 5.

Используя данные табл. 4, 5 и формулу (6), определяем рейтинговые оценки пяти видов растений (табл. 6).

Анализ табл. 3 и 6, позволяет отметить, что результаты рейтингового оценивания состояния пяти видов растений Бульварного кольца, полученные в результате применения разных моделей, отличаются не значительно.

Согласно обеим моделям, лучший рейтинг имеет состояние вида кизильник блестящий,

второе место по рейтингу занимает вид боярышник однопестичный и третье место занимает вид вяз гладкий.

Применение модели, разработанной автором и представленной в статье, показало, что вид липа крупнолистная занимает четвертое место в рейтинге, и последнее место занимает вид ясень обыкновенный (см. табл. 6).

Результаты для видов липа крупнолистная и ясень обыкновенный, полученные на основе этой модели, отличаются от результатов, полученных на основе модели, разработанной автором ранее

**Параметры функций принадлежности лингвистических переменных
«Состояние *i*-го вида растений Бульварного кольца»**

**Functions parameters of linguistic variables
«State of the *i*-th plant species of the Boulevard Ring»**

	Ясень обыкновенный				Боярышник однопестичный			
μ_{i1}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i2}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i3}	0,000	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
μ_{i4}	0,077	0,077	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,040
μ_{i5}	0,077	0,231	0,000	0,307	0,060	0,160	0,040	0,240
μ_{i6}	0,538	0,769	0,307	0,154	0,400	0,940	0,240	0,040
μ_{i7}	0,923	1,000	0,154	0,000	0,980	1,000	0,040	0,000

Т а б л и ц а 6

**Рейтинговые оценки и рейтинг видов
древесных и кустарниковых растений
Бульварного кольца**

**Rating of tree and shrub plant species
in the Boulevard Ring**

№ п/п	Название вида	$D_i, i = \overline{1, 5}$	Рейтинг
1	Липа крупнолистная	0,671	4
2	Вяз гладкий	0,673	3
3	Кизильник блестящий	0,707	1
4	Ясень обыкновенный	0,670	5
5	Боярышник однопестичный	0,683	2

(см. табл. 3). Вид липа крупнолистная занимает последнее, пятое, место в рейтинге, а вид ясень обыкновенный — четвертое. Рейтинговые оценки видов липа крупнолистная и ясень обыкновенный очень близки в рамках обеих моделей.

Модель, разработанная автором и представленная в статье, основана на сравнительном анализе состояния видов с их идеальным состоянием, в то время как модель, разработанная ранее, дает возможность сравнивать состояния видов между собой, поэтому корректировка результатов после применения новой модели вполне ожидаемая.

Выводы

Зеленые насаждения, произрастающие в условиях больших городов, регулируют качество воздуха мегаполиса, депонируют углерод, регулируют микроклимат, обеспечивают сток ливневых вод, способствуют поддержке здоровья населения, создают зоны отдыха, то есть оказывают комплекс экосистемных услуг.

Важное значение при этом приобретает оценка состояния видов растений в целях принятия решений о включении наиболее устойчивых видов в план озеленения.

В статье разработана модель оценки состояния видов растений на основе их идеального состояния. Для формализации состояния растений и идеального состояния использованы лингвистические переменные с последующим определением расстояния между ними. Сравнительный анализ новой модели с моделью, разработанной автором ранее, показал ее преимущество, заключающееся в более точном и объективном подходе к определению рейтинговых оценок. Это позволило получить реальную картину без сравнительного анализа состояний растений друг с другом.

Числовой пример по оценке состояния пяти видов растений, произрастающих на Бульварном кольце г. Москвы, позволил определить рейтинговые оценки с использованием обеих моделей. Полученные практические результаты подтвердили теоретические выводы. Разработанная в статье модель может с успехом применяться не только для оценки состояния видов растений, но и для оценки других качественных характеристик экологического мониторинга.

Список литературы

- [1] Poleshchuk O., Komarov E. Expert Fuzzy Information Processing // Studies in Fuzziness and Soft Computing, 2011, v. 268, pp. 1–239.
- [2] Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P. Decision making on the basis of fuzzy models: Examples of use. Riga: Zinatne, 1990, 184 p.
- [3] Poleshchuk O. M., Komarov E. G., Darwish A. Comparative analysis of expert criteria on the basis of complete orthogonal semantic spaces // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and measurements (SCM), 2016, pp. 369–373. DOI: 10.1109/SCM.2016.7519784
- [4] Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2002. 268 с.
- [5] Darwish A., Poleshchuk O. New models for monitoring and clustering of the state of plant species based on semantic spaces // J. of Intelligent and Fuzzy Systems, 2014, v. 26, no. 3, pp. 1089–1094. DOI: 10.3233/IFS-120702

- [6] Zadeh L.A. Fuzzy logic and approximate reasoning // Synthese, 1975, v. 80, pp. 407–428.
- [7] Ryjov A. Fuzzy Linguistic Scales: Definition, Properties and Applications / Eds. L. Reznik, V. Kreinovich // Soft Computing in Measurement and Information Acquisition // Studies in Fuzziness and Soft Computing, 2003, v. 127, pp. 1–5.
- [8] 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, May 19–22, 2008, Springer, Berlin, p. 4531223.
- [9] Darwish A., Poleshchuk O., Komarov E. A new fuzzy linear regression model for a special case of interval type-2 fuzzy sets // Applied Mathematics & Information Sciences, 2016, v. 10, no 3, pp. 1209–1214. DOI:10.18576/amis/100340
- [10] 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, May 19–22, 2008, Springer, Berlin, p. 4531224.
- [11] Poleshchuk O.M., Komarov E.G., Darwish A. Assessment of the state of plant species in urban environment based on fuzzy information of the expert group // XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2017, Saint Petersburg, 23–25 May, pp. 651–654. DOI:10.1109/SCM.2017.7970678
- [12] Poleshchuk O., Komarov E. 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, Cincinnati, Ohio, June 14–17, 2009, Springer, Berlin, p. 5156416.
- [13] Yager R. R., Filev D. P. On the issue of defuzzification and selection based on a fuzzy set // Fuzzy Sets Syst., 1993, v. 55, pp. 255–272.
- [14] Poleshchuk O., Komarov E. The determination of rating points of objects with qualitative characteristics and their usage in decision making problems // International J. of Computational and Mathematical Sciences, 2009, v. 3, no. 7, pp. 360 – 364.

Сведения об авторе

Полещук Ольга Митрофановна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Высшая математика и физика», МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), poleshchuk@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 17.03.2022.

Одобрено после рецензирования 12.05.2022.

Принята к публикации 13.07.2022.

STATE OF PLANT SPECIES RATING ASSESSMENTS APPROACHES IN FUZZY CONDITIONS OF THEIR MONITORING

O.M. Poleshchuk

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

poleshchuk@mgul.ac.ru

The paper analyzes the models of rating assessment of green spaces in large cities, developed by the author. Both models are based on the formalization of the state of plant species using linguistic variables that model the evaluation actions of experts in fuzzy conditions. The first model, developed earlier by the author, allows you to find the ratings of green spaces by comparing their states with each other. Thus, the resulting rating of the state of a plant species provides information about the advantages of one species over another, but does not provide complete information about the real state of green spaces. At the same time, it is possible that all plant species from the considered population, regardless of the rating, are not resistant to harmful urban environment. The second model, developed in this article, allows you to find the ratings of plant species based on their ideal state. For this, the distance between the linguistic variables that formalize the real state of a plant species and its ideal state is determined. Since the states of green spaces are compared with the ideal state, and not among themselves, the resulting rating of one plant species does not depend on the data obtained in the evaluation of other species. The developed models allow their alternative application depending on the goals and objectives.

Keywords: fuzzy information, rating estimate, plant species

Suggested citation: Poleshchuk O.M. *Analiz podkhodov k reytingovym otsenkam sostoyaniya vidov rasteniy v nechetkikh usloviyakh ikh monitoringa* [State of plant species rating assessments approaches in fuzzy conditions of their monitoring]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 128–134.

DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-128-134

References

- [1] Poleshchuk O., Komarov E. Expert Fuzzy Information Processing. Studies in Fuzziness and Soft Computing, 2011, v. 268, pp. 1–239.
- [2] Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P. Decision making on the basis of fuzzy models: Examples of use. Riga: Zinatne, 1990, 184 p.

- [3] Poleshchuk O. M., Komarov E. G., Darwish A. Comparative analysis of expert criteria on the basis of complete orthogonal semantic spaces. Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and measurements (SCM), 2016, pp. 369–373. DOI: 10.1109/SCM.2016.7519784
- [4] Altunin A., Semuhin M. *Modeli i algoritmy prinyatiya resheniy v nechetkikh usloviyakh* [Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions]. Tumen.: Tumen State University, 2002, 268 p.
- [5] Darwish A., Poleshchuk O. New models for monitoring and clustering of the state of plant species based on semantic spaces. J. of Intelligent and Fuzzy Systems, 2014, v. 26, no. 3, pp. 1089–1094. DOI: 10.3233/IFS-120702
- [6] Zadeh L.A. Fuzzy logic and approximate reasoning. Synthese, 1975, v. 80, pp. 407–428.
- [7] Ryjov A. Fuzzy Linguistic Scales: Definition, Properties and Applications / Eds. L. Reznik, V. Kreinovich // Soft Computing in Measurement and Information Acquisition. Studies in Fuzziness and Soft Computing, 2003, v. 127, pp. 1–5.
- [8] 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, May 19–22, 2008, Springer, Berlin, p. 4531223.
- [9] Darwish A., Poleshchuk O., Komarov E. A new fuzzy linear regression model for a special case of interval type-2 fuzzy sets. Applied Mathematics & Information Sciences, 2016, v. 10, no 3, pp. 1209–1214. DOI:10.18576/amis/100340
- [10] 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, May 19–22, 2008, Springer, Berlin, p. 4531224.
- [11] Poleshchuk O.M., Komarov E.G., Darwish A. Assessment of the state of plant species in urban environment based on fuzzy information of the expert group. XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2017, Saint Petersburg, 23–25 May, pp. 651–654. DOI:10.1109/SCM.2017.7970678
- [12] Poleshchuk O., Komarov E. 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, Cincinnati, Ohio, June 14–17, 2009, Springer, Berlin, p. 5156416.
- [13] Yager R. R., Filev D. P. On the issue of defuzzification and selection based on a fuzzy set. Fuzzy Sets Syst., 1993, v. 55, pp. 255–272.
- [14] Poleshchuk O., Komarov E. The determination of rating points of objects with qualitative characteristics and their usage in decision making problems. International J. of Computational and Mathematical Sciences, 2009, v. 3, no. 7, pp. 360 – 364.

Author's information

Poleshchuk Ol'ga Mitrofanovna — Dr. Sci. (Tech.), Professor, Head of Higher Mathematics and Physics Department of BMSTU (Mytishchi branch), poleshchuk@mgul.ac.ru

Received 17.03.2022.

Approved after review 12.05.2022.

Accepted for publication 13.07.2022.