Нечетко-множественный прогноз образовательных результатов на основе показателей использования цифровых образовательных ресурсов

Грошев А.Р.¹, Грошева Т.А.², Безуевская В.А.¹

¹ Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

² Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

АННОТАЦИЯ:

Разработана нечетко-множественная модель прогнозирования результатов деятельности образовательных учреждений на основе системы нечетко-логических выводов с несколькими входными переменными. Для построения модели использованы результаты мониторинга цифровой образовательной среды 206-ти общеобразовательных организаций 16-ти муниципальных образований Ханты-Мансийского автономного округа в отношении направлений использования цифровых (электронных) образовательных ресурсов при реализации образовательной деятельности на уровне начального общего, основного общего и среднего общего образования. Модель позволяет на основе числовых значений 12-ти показателей, характеризующих использование цифровых образовательных ресурсов в образовательном процессе, спрогнозировать наиболее вероятное значение индекса образовательных результатов для конкретной образовательной организации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровые образовательные ресурсы, индекс образовательных результатов, система нечетко-логических выводов.

Fuzzy-multiple forecast of educational results based on indicators of the use of digital educational resources

Groshev A.R.¹, Grosheva T.A.², Bezuevskaya V.A.¹

¹ Surgut State University, Russia

² Ugra State University, Russia

Введение

В 2019-ом году Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (Округ, Югра) на системной основе приступил к реализации регионального проекта «Цифровая образовательная среда» [1] как составного элемента портфеля проекта «Образование». Сроки реализации регионального проекта «Цифровая образовательная среда» определены с 1 января 2019-го года по 31 декабря 2024-го года.

Цель проекта – «создание условий для внедрения к 2024-ому году современной и безопасной цифровой образовательной среды (ЦОР),

обеспечивающей формирование ценности к саморазвитию и самообразованию у обучающихся образовательных организаций всех видов и уровней, путем обновления информационно-коммуникационной инфраструктуры, подготовки кадров, создания федеральной цифровой платформы» [1].

Планируемым результатом регионального проекта должно стать создание современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней. В связи с этим одной из важнейших задач является объективный мониторинг цифровой образовательной среды общеобразовательных организаций, установление качественных и количественных зависимостей между показателями использования цифровых образовательных ресурсов (ЦОР) и результатами деятельности образовательных организаций.

В апреле 2019 года на территории Округа по заданию Департамента образования и молодежной политики, а также при поддержке муниципальных органов, осуществляющих управление в сфере образования 16 муниципальных образований Югры, был осуществлен мониторинг цифровой образовательной среды образовательных организаций, реализующих основные образовательные программы начального общего, основного общего и среднего общего образования [2]. В отчете представлен обзор цифровых образовательных ресурсов, используемых в образовательном процессе школами автономного округа, дана подробная характеристика направлений использования по двадцати наиболее используемым ресурсам. Представлены результаты

ABSTRACT:

A fuzzy-multiple model of predicting the results of educational institutions based on a system of fuzzy-logical conclusions with several input variables has been developed. To build the model, we used the results of monitoring the digital educational environment of 206 educational institutions of 16 municipalities of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug in relation to the directions of using digital (electronic) educational resources in the implementation of educational activities at the level of primary general, basic general and secondary general education. The model allows predicting the most probable value of the index of educational results for a specific educational organization based on the numerical values of 12 indicators characterizing the use of digital educational resources in the educational process.

KEYWORDS: digital educational resources, index of educational outcomes, system of fuzzy-logic conclusions

JEL Classification: C15, C59, I21

Received: 04.09.2019 / Published: 30.09.2019

© Author(s) / Publication: PRIMEC Publishers

For correspondence: Groshev A.R. [79180063605@yandex.ru]

CITATION:

Groshev A.R., Grosheva T.A., Bezuevskaya V.A. [2019] Nechetko-mnozhestvennyy prognoz obrazovatel'nykh rezultatov na osnove pokazateley ispolzovaniya tsifrovyykh obrazovatel'nykh resursov [Fuzzy-multiple forecast of educational results based on indicators of the use of digital educational resources]. Voprosy innovatsionnoy ekonomiki. 9. [3]. – 1025-1036. doi: 10.18334/vinec.9.3.40985

контекстного анализа использования цифровых образовательных ресурсов школами автономного округа с применением группировки организаций по результатам оценки качества образования с использованием методики оценки индекса образовательных результатов.

В мониторинге приняли участие 213 организаций, реализующих образовательные программы начального общего, основного общего, среднего общего образования на территории Югры, в том числе 206 муниципальных и 7 государственных общеобразовательных учреждений. По результатам анкетного опроса предусмотрена верификация и систематизация данных в формате *.xlsx. Из всей совокупности классификационных признаков (12 единиц), характеризующих электронный образовательный ресурс в соответствии с ГОСТ Р 52657 образовательным организациям было предложено отметить:

- направление использования по уровню образования с указанием примерного процентного отношения (аналог классификации по целевому уровню и ступени образования): начальное общее образование (НОО); основное общее образование (ООО); среднее общее образование (СОО);
- направление использования по видам деятельности с указанием примерного процентного отношения (аналог классификации по виду образовательной деятельности): (1) урочная (классная); (2) урочная (подготовка домашних заданий); (3) внеурочная; (4) внеклассная.

В качестве дополнительных характеристик ЦОР респондентам предлагалось указать на особенности использования ЦОР: (1) работа с обучающимися с ОВЗ и инвалидами; (2) работа с одаренными детьми; (3) использование в активированные дни; (4) помощь при учебных трудностях; (5) персонализация обучения; (6) иное (указать).

Методика анализа предполагает деление всей совокупности участников идентификации на 4 квартильных группы по значению индекса образовательных результатов от меньшего к большему.

Квартиль № 1 низких значений образовательных результатов в соответствии с результатами мониторинга охватывал 71 общеобразовательную организацию с общей

ОБ АВТОРАХ:

Грошев Александр Романович, доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник института экономики и управления (79180063605@yandex.ru)

Грошева Татьяна Александровна, кандидат экономических наук, доцент, директор института цифровой экономики (t_grosheva@ugrasu.ru)

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор по развитию (11144@surgu.ru)

ЦИТИРОВАТЬ СТАТЬЮ:

Грошев А.Р., Грошева Т.А., Безуевская В.А. Нечетко-множественный прогноз образовательных результатов на основе показателей использования цифровых образовательных ресурсов // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Том 9. – № 3. – С. 1025-1036. doi: [10.18334/vinec.9.3.40985](https://doi.org/10.18334/vinec.9.3.40985)

численностью контингента обучающихся в 34 208 человек, индекс образовательных результатов которых принимал значение от 0,215 до 0,510, в среднем составляя 0,453.

Квартиль № 2 охватывал 75 общеобразовательных организации с общей численностью контингента обучающихся в 56 367 человек, индекс образовательных результатов которых принимал значения от 0,510 до 0,554, в среднем составляя 0,531.

Квартиль № 3 охватывал 70 общеобразовательных организации с общей численностью контингента обучающихся в 57 465 человек, индекс образовательных результатов которых принимал значения от 0,555 до 0,604, в среднем составляя 0,579.

Квартиль № 4 охватывал 71 общеобразовательную организацию с общей численностью контингента обучающихся в 45 292 человека, индекс образовательных результатов которых принимал значения от 0,606 до 0,931, в среднем составляя 0,669.

Значения по квартилям

Результаты анализа использования ЦОР школами различных квартилей представлены в таблице. На основании представленных данных можно отметить ряд закономерностей. Так, активность использования ЦОР в урочной деятельности у школ квартиля 1 более чем на 10 процентных пунктов (на 15%) ниже, чем у школ-лидеров. Также обращает на себя внимание относительно низкий уровень активности в использовании ЦОР школами с низкими образовательными результатами в активированные дни (в 1,5 раза ниже, чем у школ-лидеров) и для целей персонализации обучения (62,6% против 72,6% у школ 4-го квартиля).

В то же время возникает вопрос об установлении числовой зависимости между параметрами использования ЦОР образовательными организациями и результатами их деятельности. В частности, практическую значимость имеет вопрос о том, как могут измениться результаты образовательной деятельности организации при изменении числовых значений исследуемых показателей использования ЦОР.

Математическая формализация проблемы может быть осуществлена на основе аппарата теории нечетких множеств и мягких вычислений, позволяющих осуществлять прогнозирование результатов в условиях ограниченного объема экспериментальных данных [3–5] (*Zade, 1976; Kramarov, Temkin, Khramov, 2017; Kramarov, Sakharova, Khramov, 2017*).

Рассмотрим реализацию модели, позволяющей на основе числовых значений 12 показателей, характеризующих использование ЦОР в образовательном процессе, спрогнозировать наиболее вероятное значение индекса образовательных результатов для конкретной образовательной организации.

Нечетко-множественная модель зависимости между параметрами использования ЦОР и образовательными результатами

На основе данных таблицы осуществим формирование системы нечетко-логических выводов из четырех правил, соответствующих каждому из выделенных квартилей.

Таблица
Анализ использования ЦОР общеобразовательными организациями ХМАО – Югры в разрезе квартильных групп индекса образовательных результатов 2018 года

№	Группа школ (квартили)	Направление использования по уровню образования (в % от общего числа)				Направление использования по видам деятельности (в % от общего числа): (1) урочная (классная); (2) урочная (подготовка домашних заданий); (3) внеурочная; (4) вне-классная				
		Н00	000	000	всего	1	2	3	4	всего
1	Группа школ с низкими образовательными результатами	59,7%	88,2%	75,2%	100,0%	65,1%	59,2%	54,2%	49,2%	100,0%
2	Группа школ с образовательными результатами ниже среднего	56,3%	88,2%	76,0%	100,0%	61,6%	63,1%	61,3%	35,5%	100,0%
3	Группа школ с образовательными результатами выше среднего	60,3%	91,0%	80,5%	100,0%	76,2%	66,1%	64,3%	40,4%	100,0%
4	Группа школ с высокими образовательными результатами	57,0%	89,4%	79,3%	100,0%	77,1%	68,7%	51,4%	44,1%	100,0%
	Все респонденты	56,7%	87,3%	75,9%	100,0%	70,8%	60,2%	58,8%	40,5%	100,0%

№	Группа школ (квартили)	Особенности использования (в % от общего числа)							
		(1) работа с обучающимися с ОВЗ и инвалидами; (2) работа с одаренными детьми; (3) использование в активированные дни; (4) помощь при учебных трудностях; (5) персонализации обучения; (6) иное (указать)						Всего	
		1	2	3	4	5	6		
1	Группа школ с низкими образовательными результатами	37,0%	69,3%	55,0%	59,7%	62,6%	14,3%	100,0%	
2	Группа школ с образовательными результатами ниже среднего	40,5%	76,7%	69,5%	59,1%	61,3%	13,3%	100,0%	
3	Группа школ с образовательными результатами выше среднего	47,3%	76,2%	65,3%	51,6%	67,5%	13,7%	100,0%	
4	Группа школ с высокими образовательными результатами	29,6%	74,9%	84,4%	53,1%	72,6%	11,7%	100,0%	
	Все респонденты	38,8%	74,2%	62,3%	55,9%	63,7%	13,6%	100,0%	

Источник: составлено авторами.

Пусть $A_i = (a_{i1} / \mu(a_{i1}); a_{i2} / \mu(a_{i2}); a_{i3} / \mu(a_{i3}))$ есть нечеткое множество, характеризующее направление использования по уровню образования с указанием примерного процентного отношения в i -ом квинтиле (аналог классификации по целевому уровню и степени образования):

a_{i1} – (НОО) начальное общее образование;

a_{i2} – (ООО) основное общее образование;

a_{i3} – (СОО) среднее общее образование;

$\mu(a_{ij})$ – значения соответствующих функций принадлежности.

Аналогично $B_i = (b_{i1} / \mu(b_{i1}); b_{i2} / \mu(b_{i2}); b_{i3} / \mu(b_{i3}); b_{i4} / \mu(b_{i4}))$ есть нечеткое множество, характеризующее направление использования по видам деятельности с указанием примерного процентного отношения в i -ом квинтиле (аналог классификации по виду образовательной деятельности):

b_{i1} – (1) урочная (классная);

b_{i2} – (2) урочная (подготовка домашних заданий);

b_{i3} – (3) внеурочная;

b_{i4} – (4) внеклассная;

$\mu(b_{ij})$ – значения соответствующих функций принадлежности.

Наконец, $C_i = (c_{i1} / \mu(c_{i1}); c_{i2} / \mu(c_{i2}); c_{i3} / \mu(c_{i3}); c_{i4} / \mu(c_{i4}); c_{i5} / \mu(c_{i5}); c_{i6} / \mu(c_{i6}))$ есть нечеткое множество, характеризующее следующие особенности использования ЦОР в i -ом квинтиле:

c_{i1} – (1) работа с обучающимися с ОВЗ и инвалидами;

c_{i2} – (2) работа с одаренными детьми;

c_{i3} – (3) использование в активированные дни;

c_{i4} – (4) помощь при учебных трудностях;

c_{i5} – (5) персонализации обучения;

c_{i6} – (6) иное (указать);

$\mu(c_{ij})$ – значения соответствующих функций принадлежности.

Введем в рассмотрение соответствующие нечеткие лингвистические переменные A, B, C . Кроме того, введем лингвистическую переменную I , характеризующую квинтильную группу по индексу образовательных результатов. Тогда на основании таблицы система соответствующих нечетко-логических выводов может быть записана в виде:

R1: Если $A = A_1, B = B_1, C = C_1$, то $I = I_1$;

R2: Если $A = A_2, B = B_2, C = C_2$, то $I = I_2$;

R3: Если $A = A_3, B = B_3, C = C_3$, то $I = I_3$;

R4: Если $A = A_4, B = B_4, C = C_4$, то $I = I_4$;

где:

$A_1 = (a_{11} / 0,597; a_{12} / 0,882; a_{13} / 0,752)$;

$B_1 = (b_{11} / 0,651; b_{12} / 0,592; b_{13} / 0,542; b_{14} / 0,492)$;

$$\begin{aligned}
 C_1 &= (c_{11}/0,37; c_{12}/0,693; c_{13}/0,55; c_{14}/0,597; c_{15}/0,626; c_{16}/0,143) \\
 A_2 &= (a_{21}/0,563; a_{22}/0,882; a_{23}/0,76) \\
 B_2 &= (b_{21}/0,616; b_{22}/0,631; b_{23}/0,613; b_{24}/0,355) \\
 C_2 &= (c_{21}/0,405; c_{22}/0,767; c_{23}/0,695; c_{24}/0,591; c_{25}/0,613; c_{26}/0,133) \\
 A_3 &= (a_{31}/0,603; a_{32}/0,91; a_{33}/0,805) \\
 B_3 &= (b_{31}/0,762; b_{32}/0,661; b_{33}/0,643; b_{34}/0,404) \\
 C_3 &= (c_{31}/0,473; c_{32}/0,762; c_{33}/0,653; c_{34}/0,516; c_{35}/0,675; c_{36}/0,137) \\
 A_4 &= (a_{41}/0,57; a_{42}/0,894; a_{43}/0,793) \\
 B_4 &= (b_{41}/0,771; b_{42}/0,687; b_{43}/0,514; b_{44}/0,441) \\
 C_4 &= (c_{41}/0,296; c_{42}/0,749; c_{43}/0,844; c_{44}/0,531; c_{45}/0,726; c_{46}/0,117)
 \end{aligned}$$

Кроме того, I_1, I_2, I_3, I_4 – нечеткие множества, характеризующие принадлежность образовательной организации, соответственно, к 1, 2, 3, 4 квартилям, имеющие вид:

$$\begin{aligned}
 \mu_1(I) &= \begin{cases} \frac{1}{0,238}(I - 0,215), & 0,215 \leq I < 0,453, \\ -\frac{1}{0,057}(I - 0,51), & 0,453 \leq I \leq 0,51, \end{cases} \\
 \mu_2(I) &= \begin{cases} \frac{1}{0,021}(I - 0,51), & 0,51 \leq I < 0,531, \\ -\frac{1}{0,023}(I - 0,554), & 0,531 \leq I \leq 0,554, \end{cases} \\
 \mu_3(I) &= \begin{cases} \frac{1}{0,024}(I - 0,555), & 0,555 \leq I < 0,578, \\ -\frac{1}{0,025}(I - 0,604), & 0,579 \leq I \leq 0,604, \end{cases} \\
 \mu_4(I) &= \begin{cases} \frac{1}{0,063}(I - 0,606), & 0,606 \leq I < 0,669, \\ -\frac{1}{0,262}(I - 0,931), & 0,669 \leq I \leq 0,931. \end{cases}
 \end{aligned}$$

Здесь предполагается, что функции принадлежности заданы нечеткими треугольными числами, поскольку в исходной постановке задачи для каждого квартиля указано среднее значение параметра (наиболее вероятное), а также его наименьшее и наибольшее возможные значения (рис.).

Работа с соответствующей системой нечетко-логических выводов осуществляется на основе общепринятого алгоритма [6, 7]:

- 1) для каждого из правил вычисляется уровень его истинности;
- 2) для каждого из правил вычисляется его индивидуальный выход;
- 3) вычисляется агрегированный выход.

Рисунок. Функции принадлежности лингвистической переменной I , характеризующей квартильную группу по индексу образовательных результатов

Источник: составлено авторами

Построенная система нечетко-логических выводов позволяет на основе числовых значений 12 показателей, характеризующих использование ЦОР в образовательном процессе, спрогнозировать наиболее вероятное значение индекса образовательных результатов для конкретной образовательной организации. Продемонстрируем применение построенной модели на конкретном примере.

Пример прогнозирования образовательных результатов на основе модели

Пусть, на основе проведенного обследования образовательной организации установлено, что входные значения лингвистических переменных есть следующие нечеткие множества:

$$A = \{a_1 / 0,58; a_2 / 0,9; a_3 / 0,77\}$$

$$B = \{b_1 / 0,76; b_2 / 0,65; b_3 / 0,63; b_4 / 0,45\}$$

$$C = \{c_1 / 0,35; c_{12} / 0,75; c_{13} / 0,8; c_{14} / 0,52; c_{15} / 0,7; c_{16} / 0,12\}$$

Требуется определить, к какому квартилю с наибольшей вероятностью относится образовательная организация, а также указать наиболее вероятный интервал, в который попадает значение лингвистической переменной I , характеризующей квартильную группу по индексу образовательных результатов.

Решение.

1. Определяем уровень истинности 1-го правила:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \min[\max(0,597 \wedge 0,58; 0,882 \wedge 0,9; 0,752 \wedge 0,77); \\ &\max(0,651 \wedge 0,76; 0,592 \wedge 0,65; 0,542 \wedge 0,63; 0,492 \wedge 0,45); \\ &\max(0,37 \wedge 0,35; 0,693 \wedge 0,75; 0,55 \wedge 0,8; 0,597 \wedge 0,52; 0,626 \wedge 0,7; 0,143 \wedge 0,12)] = \\ &= \min[\max(0,58; 0,882; 0,752); \max(0,651; 0,592; 0,542; 0,45); \\ &\max(0,35; 0,693; 0,55; 0,52; 0,626; 0,12)] = \\ &= \min[0,882; 0,651; 0,693] = 0,651, \end{aligned}$$

То есть $\alpha_1 = 0,651$.

Аналогично получим:

уровень истинности 2-го правила $\alpha_2 = 0,631$;

уровень истинности 3-го правила $\alpha_3 = 0,75$;

уровень истинности 4-го правила $\alpha_4 = 0,76$.

2. Значения функций принадлежности для индивидуальных выходов каждого из правил определяются как минимумы уровней истинности каждого из правил и функций принадлежности выходов этих правил. Результаты этого пункта можно видеть на рисунке, где жирной линией выделены функции принадлежности для индивидуальных выходов каждого из правил.

3. Агрегирование индивидуальных выходов каждого из правил осуществляется как выбор максимума из совокупности индивидуальных выходов.

Из рисунка можно видеть, что наибольшее значение функции принадлежности (0,76) соответствует 4-му квартилю. Для указанного значения индекс образовательных результатов заключен в интервале:

$$0,6539 \leq I \leq 0,7319.$$

Следующее по величине значение функции принадлежности (0,75) соответствует 3-му квартилю, и индекс образовательных результатов для него заключен в интервале:

$$0,573 \leq I \leq 0,585.$$

Наконец, найдем центр тяжести полученных нечетких множеств как наиболее вероятное значение индекса образовательных результатов:

$$I^* = \frac{0,651 \cdot 0,531 + 0,631 \cdot 0,453 + 0,75 \cdot 0,579 + 0,76 \cdot 0,669}{0,531 + 0,453 + 0,579 + 0,669} = 0,705.$$

Данное значение относится к 4-му квартилю, что подтверждает изначальный вывод.

Заключение

На основе статистических данных о показателях использования ЦОР в округе разработана нечетко-множественная модель, позволяющая спрогнозировать наиболее вероятное значение индекса образовательных результатов для конкретной образовательной организации на основе числовых значений 12 показателей, характеризующих использование ЦОР в образовательном процессе. Модель может быть существенно расширена за счет введения в рассмотрение дополнительных показателей и применения ПО, ориентированного на использование теории нечетких множеств и мягких вычислений, таких как Fuzzy Toolbox.

ИСТОЧНИКИ:

1. Паспорт проекта «Цифровая образовательная среда Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» 049-П00 от 13. 11. 2018: текст с изменениями и дополнениями. Depobr-molod.adhmao.ru. [Электронный ресурс]. URL: <https://depobr-molod.adhmao.ru/natsionalnyy-proekt-obrazovanie/regionalnyy-uroven/tsifrovaya-obrazovatel'naya-sreda/2282886/pasport-proekta> (дата обращения: 10. 06. 2019).
2. Грошева Т.А. Отчет по результатам выполнения технологической разработки «Разработка и проведение мониторинга цифровой образовательной среды общеобразовательных организаций Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (2019-ый год)»
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
4. Kramarov S., Temkin I., Khramov V. The principles of formation of united geo-informational space based on fuzzy triangulation // Procedia Computer Science, 2017. – № 120. – doi: 10.1016/j.procs.2017.11.315.
5. Крамаров С.О., Сахарова Л.В., Храмов В.В. Мягкие вычисления в менеджменте: управление сложными многофакторными системами на основе нечетких аналог-контроллеров // Научный вестник Южного института менеджмента, 2017. – № 3(19).
6. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А., Сараев П.В., Черпаков И.В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. – Липецк: ЛЭГИ, 2002.
7. Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. – СПб.: Питер, 2011.

REFERENCES:

Blyumin S.L., Shuykova I.A., Saraev P.V., Cherpakov I.V. (2002). *Nechetskaya logika: algebraicheskie osnovy i prilozheniya* [Fuzzy logic: algebraic foundations and applications] Lipetsk: LEGI. (in Russian).

- Konysheva L.K., Nazarov D.M. (2011). *Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv* [Fundamentals of the theory of fuzzy sets] SPb.: Piter. (in Russian).
- Kramarov S., Temkin I., Khramov V. (2017). *The principles of formation of united geo-informational space based on fuzzy triangulation* *Procedia Computer Science*. (120). doi: 10.1016/j.procs.2017.11.315 .
- Kramarov S.O., Sakharova L.V., Khramov V.V. (2017). *Myagkie vychisleniya v menedzhmente: upravlenie slozhnymi mnogofaktornymi sistemami na osnove nechetkikh analog-kontrollerov* [Soft computing in management: management of complex multivariate systems based on fuzzy analog controllers]. *The scientific bulletin of the Southern Institute of Management*. (3(19)). (in Russian).
- Zade L.A. (1976). *Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennykh resheniy* [The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions] M.: Mir. (in Russian).