

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕГЭНТРОПИИ

О. В. Андриюшкова¹, С. Г. Григорьев²

¹ *Химический факультет Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова*
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

² *Московский городской педагогический университет*
129226, Россия, г. Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, д. 4, корп. 1

Аннотация

Рассматриваются вопросы оценки качества обученности студентов, а также прогнозирования результатов обучения на основании расчета негэнтропии как интегрального информационного показателя, отображающего объективные данные об используемой модели обучения. Предлагается рассматривать модель эмергентного обучения как обобщенное отображение учебного процесса при обоснованном сочетании электронного и традиционного обучения. Для построения многокритериальной системы оценки качества учебного процесса предложено рассматривать все составляющие педагогической системы во взаимосвязи друг с другом на первом и последующих иерархических уровнях. Предложено выделить объект педагогической системы (обучающихся) в особую категорию, взаимодействующую с остальными элементами методической системы, таким образом, система обучения формируется как «студенто-ориентированная». Предлагаемая методика оценки и прогноза качества обучения опирается на построение иерархической структуры критериальной системы качества. На первом этапе были обозначены базовые критерии, влияющие на качество обученности студента, которые представлены с помощью диаграммы Исикавы. На основании экспертной оценки определены весовые коэффициенты с точки зрения «важности» критерия для качества обученности студента. На следующем этапе были выделены критерии второго и третьего уровней и определены их численные значения. В случаях, когда невозможно однозначно оценить весовой коэффициент критерия, были приведены системы уравнений для расчета функций принадлежности нечеткого множества. На третьем этапе были рассчитаны интегральные значения негэнтропии для трех направлений обучения и для модельной ситуации.

Ключевые слова: электронное обучение, комбинированное обучение, смешанное обучение, эмергентное обучение, нечеткое множество, качество обучения, негэнтропия.

DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-10-37-45

Для цитирования:

Андриюшкова О. В., Григорьев С. Г. Методика оценки качества обучения на основе негэнтропии // Информатика и образование. 2019. № 10. С. 37–45.

Статья поступила в редакцию: 8 ноября 2019 года.

Статья принята к печати: 19 ноября 2019 года.

Сведения об авторах

Андриюшкова Ольга Владимировна, канд. хим. наук, доцент, зав. лабораторией методики преподавания химии кафедры общей химии, химический факультет, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Россия; o.andryushkova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1566-3427

Григорьев Сергей Георгиевич, доктор тех. наук, профессор, член-корреспондент РАО, зав. кафедрой информатики и прикладной математики, Институт цифрового образования, Московский городской педагогический университет, Россия; grigorsg@mgpu.ru; ORCID: 0000-0002-0034-9224

1. Введение

Цифровизация в различных сферах деятельности человека уверенно набирает обороты и активно внедряется в образование. Таким образом, на современном этапе развития образования, спровоцированного распространением массовых открытых онлайн-курсов (МООК) и цифровой трансформацией образовательных организаций, появилась возможность создания методик и технологий обучения, которые учтут ошибки и просчеты, обнаруженные на предыдущих этапах применения технологий дистанционного и электронного обучения. Поэтому для повышения качества образовательного процесса, различные аспекты которого обсуждаются в [1–5], закономерен поиск моделей обучения, позволяющих опереться на лучшие дидактические наработки отечественных педагогов, с одной стороны, и использовать обширные возможности ИКТ, с другой.

Системный подход, являющийся одним из основных методологических принципов, обосновывающих исследовательскую деятельность в педагогике, широко используется сегодня на этапах проектирования, организации и управления учебным процессом. Под **системой** понимают выделенное на основе определенных признаков упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, объединенных общей целью функционирования и единства управления, и выступающее во взаимодействии со средой как целостное явление [6]. Возрастание эффективности в деятельности целостной системы, полученной в результате интеграции отдельных взаимосвязанных компонентов, происходит благодаря возникновению новых свойств, первоначально не характерных для ее исходных составляющих, и это явление называется **эмерджентностью**. Представляется логичным, что системный подход в педагогике должен приводить к появлению эмерджентного обучения [7], которое

можно рассматривать как систему, состоящую из специфических методов, средств и форм обучения, а также содержания, спроектированного и реализованного в соответствии с обозначенными индикаторами достижения компетенций. Баланс в соотношении между традиционным обучением и элементами с использованием ИКТ должен строиться, по-видимому, на анализе соответствующих ФГОС или самостоятельно устанавливаемых вузом образовательных стандартов, а также на базовых категориях [7], влияющих на качество обученности студента.

Выделенные в педагогической литературе [6] основные структурные компоненты образовательных систем — преподаватель, обучающиеся, цели, содержание, средства, методы и формы — определяют в целом систему деятельности преподавателя и обучающегося. В этом списке под средствами обучения ранее понимали в основном материально-техническое обеспечение учебного процесса, однако за последние десятилетия произошло проникновение в образовательный процесс компьютерных средств обучения, причем вместо стационарных персональных компьютеров в классах обучающиеся на занятиях используют собственные устройства для выхода в интернет. Различные девайсы используются как для первичного поиска информации по интересующей тематике, так и для самостоятельного обучения, например, на массовых открытых онлайн-курсах. Таким образом, роль электронного гаджета в качестве средства обучения существенно возросла и трансформировалась. И из второстепенного компонента в иерархии структурных составляющих образовательных систем «средства» выдвинулись на обособленную позицию, причем их функции теперь заключаются не только в передаче информации, но также в ее накоплении и структурировании. Более того, как показывает практика, электронные системы обучения способны влиять за счет системообразующих связей на формирование и трансформацию целей обучения, форматы представления содержания, методы и формы обучения. Логично, что существенно преобразовавшиеся цифровые средства обучения трансформируют свойство образовательной системы в целом.

Таким образом, на современном этапе развития образования наблюдаются «самопроизвольное» внедрение, распространение и применение электронных устройств в образовательном процессе. Попытки регламентировать эти процессы и управлять ими регулярно запаздывают по сравнению с наступательным и опережающим развитием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Например, с широким применением и востребованностью онлайн-курсов потребовалась новая версия приказа о порядке использования электронного обучения и ДОТ [8], в котором, однако, отсутствует точное определение понятия «онлайн-курс», ключевого элемента в онлайн-образовании, по причине его неоднозначности и постоянного изменения.

«Самопроизвольными» с точки зрения классической термодинамики и в соответствии со вторым законом термодинамики являются процессы, про-

текающие в прямом направлении за счет увеличения энтропийного фактора, что сопровождается увеличением «неупорядоченности» в системе. Следовательно, внедрение новых технологий, даже самых потенциально эффективных, должно приводить к росту энтропии внутри изолированной системы.

В [9] подчеркивается, что усвоение информации происходит при интенсивной интеллектуальной работе, сопровождающейся ростом нейронной сети, значит, процесс обучения не может быть «самопроизвольным», поскольку способствует уменьшению неупорядоченности в системе, о чем еще писал Г. Льюис: «процесс получения информации представляет собой уменьшение энтропии».

С точки зрения наук об информации энтропия также является показателем разнообразия. Таким образом, понятия «информационная энтропия» и «термодинамическая энтропия» оказались близкими, но не идентичными. В работах [10–14] показана противоречивость в описании энтропии и неэнтропии в информационной области и рекомендуется энтропию соотносить не с системой, а с информационной ситуацией. А поскольку энтропийный подход оценивает информационную емкость сообщения, в [12] предложено разграничивать содержательную информацию (неэнтропию) и информацию, снимающую неопределенность (энтропию).

2. Выбор критериев прогнозируемости образовательного процесса

Для оценки качества образовательного процесса или его сравнения с подобной системой обучения либо моделью возможно на первом этапе выбрать ограниченный набор критериев, который можно использовать, например, для экспресс-анализа. Так, на рисунке 1 результаты описания учебного процесса по дисциплине представлены в виде лепестковой диаграммы, при этом ранжирование каждого критерия проведено в интервале от 1 до 10, данные же о числе зачетных единиц взяты из учебных планов. Определение набора критериев для конкретной дисциплины и их численных показателей в условиях преподавания дисциплины/курса на определенном направлении/специальности позволяет найти наиболее гармоничное сочетание традиционной и электронной составляющих для появления эффекта эмерджентности и приближает к модельной (наиболее благоприятной) ситуации.

Подобное представление информации по критериям позволяет сравнивать подготовленность к запуску процесса обучения, например, для новых направлений, анализировать причины «провалов» по отдельным критериям и либо искать способы их устранения, либо обосновывать их неучет для применяемой модели обучения.

При этом классификация критериев по направленности с точки зрения уменьшения или увеличения упорядоченности учебного процесса должна способствовать его прогнозируемости, сопровождающейся повышением качества обученности студентов [7].

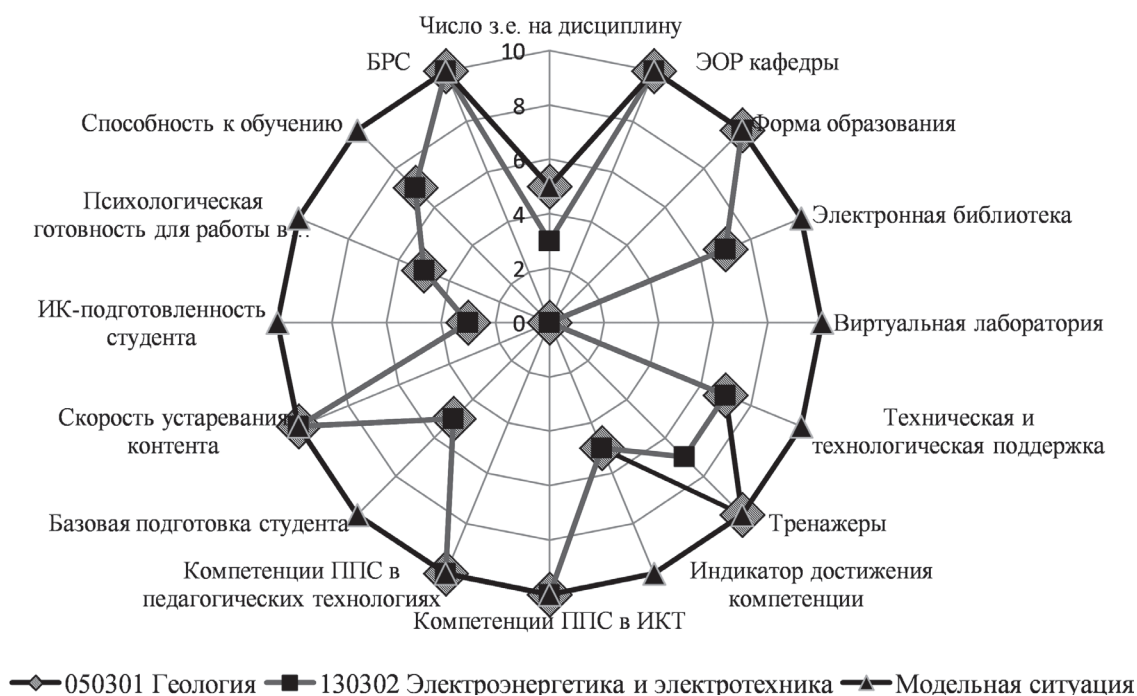


Рис. 1. Набор критериев, влияющих на качество обученности студентов

3. Построение иерархической системы критериев, описывающих учебный процесс

Построение адекватной методики оценки качества учебного процесса требует определения категорий первого уровня, влияющих на качество сформированных компетенций по дисциплине или курсу. В [15] было предложено выделить шесть таких категорий, например, для обучения по естественно-научным дисциплинам. Использование метода нормировки и экспертное оценивание весовых коэффициентов дали максимальные численные значения для такой категории, как «Практикум» (рис. 2). Далее следует «Преподаватель» как субъект в педагогической системе, что объяснимо, поскольку преподаватель выступает проектировщиком учебного процесса и от уровня его компетенций зависят категории второго уровня для

всех других базовых категорий. Следует отметить, что все элементы педагогической и методической систем нашли отражение в предложенной ниже диаграмме Исикавы [16], отображающей влияние базовых категорий на качество обученности студента.

В качестве иллюстрации универсальности предлагаемой методики оценки качества можно привести диаграмму Исикавы для оценки качества работа-андроида (рис. 3), где показаны также шесть категорий первого уровня и несколько категорий второго уровня, которые детализируют требования к объекту исследования с точки зрения обратной связи, области применения, степени автономности в принятии решений.

На следующем этапе были подробно описаны все категории второго и третьего уровней, т. е. построено дерево зависимости, пример которого приведен в таблице 1 для категории первого уровня «Преподаватель».



Рис. 2. Диаграмма Исикавы для категорий первого уровня и их весовыми коэффициентами



Рис. 3. Диаграмма Исикавы для оценки качества робота-андроида

Таблица 1

Категории второго и третьего уровней для базового критерия «Преподаватель»

Базовая категория	Категория второго уровня	Категория третьего уровня
Преподаватель	Мотивация к деятельности	Материальные аспекты
		Психологические аспекты
	Уровень компетенций в предметной области	Научная школа (число защитившихся аспирантов)
		Статьи, патенты, монографии
		Лекционный курс, пособия, учебники, авторство рекомендаций по лабораторным работам, практикумам
		Индекс Хирша
		ДПО и стажировки
	Уровень компетенций в ИКТ	Авторство онлайн-курсов (сертификаты), использование онлайн-курсов в учебном процессе
		Статьи, доклады, учебные пособия по применению электронного обучения и ДОТ в преподавании, авторские свидетельства на ПО и курсы
		Регулярное ДПО по ИКТ
	Обеспеченность средствами обучения	Для очной формы: оснащенные лаборатории
		Для электронной формы обучения: устройства, гаджеты, ПО, интернет
	Поддержка	Методическая
		Техническая
		Организационная
	Интерактивность	На очной составляющей: консультации, активные методы обучения
		На электронной составляющей: формы обратной связи, обеспеченные средой обучения

В зависимости от используемой модели обучения, формы образования, целевой аудитории и индикаторов достижения компетенций категории всех уровней будут различаться, но должны сохраняться следующие закономерности:

- категорий первого уровня должно быть не более шести-семи, учитывая метод формирования причинно-следственных связей при построении диаграммы Исикавы;
- базовые категории должны отражать основные элементы рассматриваемой системы, в данном случае педагогической системы;
- иерархичность рассматриваемой системы является признаком ее устойчивости как динамической системы, и тогда, чем подробнее выявлены все вложенные категории, тем нагляднее проявляются сильные и слабые стороны педагогической системы;
- совокупность категорий всех уровней обеспечивает эмерджентные свойства педагогической системы.

На основании публикаций [17–19] можно сделать вывод, что наиболее обсуждаемыми вопросами являются подбор, группировка и ранжирование критериев качества обучения. В то же время вопросы применения и расчета весовых коэффициентов для различных групп категорий остаются открытыми, хотя обработка массива экспертных данных по учету значимости разноуровневых критериев [20, 21] в иерархической педагогической системе может рассматриваться как классическая задача на применение алгоритмов нечетких множеств.

4. Расчет значения критерия с использованием алгоритмов нечетких множеств

В [22–24] показано, что алгоритмы нечетких множеств применяются для решения различных прикладных задач, в том числе для проектирования

информационных систем автоматического контроля знаний и успеваемости студентов, для автоматического извлечения информации из текстовых источников и в других сферах, где необходимо *формально описать понятия или явления, имеющие многозначные или неточные характеристики*. С этой точки зрения база экспертных мнений о важности влияния на качество обученности студентов таких категорий первого уровня, как:

- преподаватель;
- студент;
- учебно-методическое обеспечение;
- техническое и технологическое обеспечение;
- методическая и технологическая поддержка;
- внешние требования к образовательной программе и оснащенность лабораторно-практической базы, —

это база данных для обработки с помощью алгоритмов нечетких множеств.

В качестве экспертов, определяющих «важность» критериев, были приглашены преподаватели и научные сотрудники классического и технического университетов. В таблице 2 приведен фрагмент анкеты для одной из категорий.

Результаты анкетирования по категории первого уровня были обработаны методом нормировки, и численные результаты по «важности» категории приведены на диаграмме Исикавы на рисунке 1. Для критериев второго уровня расчет их численного значения осуществлялся на основании систем уравнений нечетких множеств, пример приведен в таблице 3.

Собранный массив экспертных данных был обработан с помощью алгоритмов нечеткой логики и примеров, приведенных в [23, 24], при этом также исходили из предположения, что нечеткое множество $A = \{\mu_A(x)/x\}$ представлено критериями « x » и μ , последняя называется функцией принадлежности этого критерия. Результаты расчета функций принадлежности для категорий второго уровня «Внешние требования» для пяти направлений и специальностей приведены в таблице 4.

Таблица 2

Фрагмент экспертной анкеты по категории «Преподаватель»

Критерий	Очень важен	Довольно важен	Скорее важен, чем не важен	Скорее не важен, чем важен	Совсем не важен
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	5	4	3	2	1
Мотивация к преподаванию					
Уровень компетенций в предметной области					
Уровень компетенций в педагогических технологиях					
Уровень ИКТ-компетенций					
Обеспеченность средствами обучения					
Поддержка (методическая, технологическая)					
Дополнительное профессиональное обучение					

Таблица 3

Функции принадлежности термов

Категория	Термы B_{ij}	Функция принадлежности критерия
1. Преподаватель, обеспеченность средствами обучения (предметная область + ИКТ)		
Низкая (отсутствие оборудованных лабораторий, практикумов и доступа в интернет)	B_{i1} — «низкий уровень критерия»	$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq x < 0,25; \\ 10(0,35 - x), & \text{если } 0,25 \leq x < 0,33; \\ 0, & \text{если } 0,33 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Средняя (хорошо оснащенные лаборатории, практикумы, но отсутствие доступа в интернет)	B_{i2} — «средний уровень критерия»	$\mu_2(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x < 0,33; \\ 10(x - 0,35), & \text{если } 0,35 \leq x < 0,45; \\ 1, & \text{если } 0,45 \leq x < 0,55; \\ 10(0,67 - x), & \text{если } 0,55 \leq x < 0,67; \\ 0, & \text{если } 0,67 \leq x \leq 1 \end{cases}$
Высокая (хорошо оснащенные лаборатории, практикумы, скоростной доступ в интернет, используются онлайн-курсы)	B_{i3} — «высокий уровень критерия»	$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } 0 \leq x < 0,67; \\ 10(x - 0,75), & \text{если } 0,67 \leq x < 0,75; \\ 1, & \text{если } 0,75 \leq x \leq 1 \end{cases}$

Таблица 4

Рассчитанные значения функций принадлежности

Категория		Термы B_{ij}, G_1	Значения функций принадлежности μ				
			05.03.01 Геология	31.05.01 Лечебное дело	33.05.01 Фармация	06.03.01 Биология	04.03.01 Химия
1	Внешние требования (ФГОС), внутренние требования (ООП, УП)						
1.1	Индикаторы достижения компетенции (таксономия целей обучения)						
1.1.1	Знать и воспроизводить изученный материал	G_1	1	1	1	1	1
1.1.2	Понимать и преобразовывать	G_2	0,2	0,1	0,9	1	1
1.1.3	Уметь и владеть (применять, анализировать, интерпретировать результаты)	G_3	0,5	0,5	1	1	1
1.1.4	Быть способным к самостоятельной деятельности (осуществлять синтез, изготавливать материалы и препараты, проводить экспертизу, оценивать качество, создавать и развивать методику)	G_4	0	0	1	0,9	1

5. Расчет негэнтропии как интегральной характеристики образовательного процесса

Негэнтропию (J) предложено рассчитывать по уравнению:

$$J = \sum_{i=1}^n w_i k_i,$$

где k_i — численное значение критерия, а w_i — его весовой коэффициент. Были выбраны критерии, которые зависят или формируются внутри образовательной организации, а значит, могут быть изменены в соответствии с целями и задачами, стоящими перед университетом/факультетом/институтом/кафедрой, что позволило сравнить качество образовательного процесса по химическому курсу для различных направлений. На рисунке 4 представлены результаты расчетного значения негэнтропии с учетом всех критериев для двух направлений и для модельной ситуации.

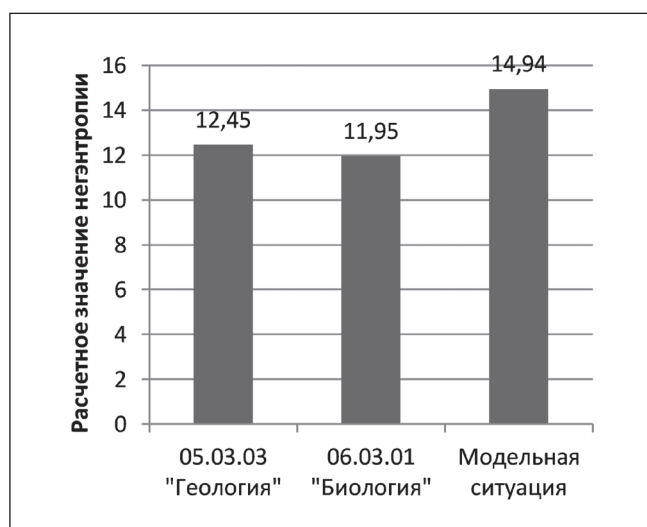


Рис. 4. Расчетное значение негэнтропии для различных направлений

6. Выводы

Предлагаемые алгоритмы построения методики являются универсальными и могут быть использованы для оценки качества как самостоятельных онлайн-курсов, так и традиционных учебных процессов с применением онлайн-курсов для поддержки обучения. Помимо этого предлагаемая методика может быть использована для построения экспертных систем, разработки стандартов качества онлайн-обучения, прогнозирования результатов обучения по дисциплине/направлению с учетом экспертного оценивания. Универсальность методики позволяет применять ее для получения интегральной оценки качества процессов, объектов и продуктов различного назначения.

Список использованных источников

1. Андреев А. А. Российские открытые образовательные ресурсы и массовые открытые дистанционные курсы // Высшее образование в России. 2014. № 6. С. 150–155.
2. Андреев А. А. Качество онлайн-обучения // Электронное обучение в непрерывном образовании 2017: Труды IV Международной научно-практической конференции (г. Ульяновск, 12–14 апреля 2017 года). Ульяновск: УлГТУ, 2017. С. 340–344.
3. Андреев А. А. Оценка качества онлайн курсов // Территория науки. 2015. № 1. С. 20–26.
4. Круглов В. И., Горленко О. А., Можая Т. П. Становление и развитие систем качества образовательных учреждений // Высшее образование в России. 2015. № 12. С. 46–51.
5. Калдыбаев С. К., Бейшеналиев А. Б. Качество образовательного процесса в структуре качества образования // Успехи современного естествознания. 2015. № 7. С. 90–97.
6. Бедерханова В. П., Остапенко А. А., Ткач Д. С., Хагуров Т. А., Кузьмина Н. В., Мазниченко М. А., Тюников Ю. С., Касатиков А. А., Янковская Н. А. Педагогическая система: теория, история, развитие. М.: Народное образование, 2014. 128 с.
7. Андришкова О. В., Григорьев С. Г. Эмергентное обучение в информационно-образовательной среде. М.: Образование и Информатика, 2018. 104 с.
8. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 года № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». <http://ivo.garant.ru/#/document/71770012/paragraph/1:0>
9. Черниговская Т. В. Фуэте, фонема, формула, фотон: языки мозга и культуры // Труды Отделения историко-филологических наук РАН. М.: Наука, 2015. С. 179–189.
10. Цветков В. Я. Информационная неопределенность и информационная определенность в науках об информации // Информационные технологии. 2015. Т. 21. № 1. С. 3–7. http://novtex.ru/IT/it2015/it115_web-3-7.pdf
11. Tsvetkov V. Ya. Information situation and information position as a management tool // European Researcher. Series A. 2012. Vol. 36. No. 12-1. P. 2166–2170. http://www.erjournal.ru/journals_n/1357196052.pdf
12. Лотоцкий В. Л. Энтропия и негэнтропия // Перспективы науки и образования. 2017. № 1. С. 20–23.
13. Цветков О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике. СПб.: ЛЭТИ, 2015. 202 с.
14. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Физика открытых систем: генерация научно-достоверного знания на больших данных // Управление и информационные технологии. Наука и образование. СПб.: ЛЭТИ, 2015. С. 91–116. http://isd-consortium.ru/publikacii/knigi/upravlenie_i_informacionnye_tehnologii_nauka_i_obrazovanie/fizika_otkrytyh_sistem_generaciya_nauchnodostovernogo_znaniya_iz_bolshih_dannyh/
15. Андришкова О. В., Григорьев С. Г. Расчет негэнтропии и весовых коэффициентов многокритериальных оценок на основе нечетких множеств // Информатика и образование. 2019. № 1. С. 40–49.
16. Диаграмма Исикавы. <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/diagramma-isikavy.html>
17. Агентство по контролю качества образования и развития карьеры. <http://www.akkork.ru/>
18. Сообщество e-Learning PRO. <http://elearningpro.ru/>
19. Сообщество Платонова В. Н. в Facebook «Online course quality». <https://www.facebook.com/groups/730339183723259/>
20. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. Is. 3. P. 338–353. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00199586590241X>
21. Рыжов П. А. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. М.: Диалог-МГУ, 1998. 116 с. <http://www.intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzySetsTheory&Applications.pdf>
22. Курзаева Л. В., Овчинникова И. Г., Чичиланова С. А. К вопросу о совершенствовании методики оценки эффективности решения задач управления качеством образования на основе экспертной информации // Фундаментальные исследования. 2015. № 6-3. С. 473–478. <https://fundamental-research.ru/pdf/2015/6-3/38644.pdf>
23. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
24. Vostroknutov I., Kaneda Y. The possibilities of using modern CASIO CG-50 graphing calculators for volumetric and complex calculations, including fuzzy calculations // 13th International Conference on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (Warsaw, 26–27 August 2018). Vol. 896. 2018. P. 702–708.

METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF THE QUALITY OF LEARNING BASED ON NEGENTROPY

O. V. Andriushkova¹, S. G. Grigoriev²

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry
119991, Russia, Moscow, Leninskie gory, 1, building 3

² Moscow City University
129226, Russia, Moscow, 2nd Selskohoziastvenny proezd, 4, building 1

Abstract

Methods for assessment of the quality of leaning are discussed, including possibilities to predict the results of the learning based on the calculation of negentropy. Negentropy is used as an integral informational index, demonstrating objective assessment

of the learning model used. We suggest to use the emergent learning model, as a generalized projection of the learning process with substantiated merging of e-learning and traditional learning. For setting up a multi-criterial system for assessment of the quality of learning, we suggest to evaluate all components of pedagogical system in interplay with each other, on the first and all following hierarchical levels. We also suggest to define students as a special category of objects in the said pedagogical system, which interacts with other elements of the system, and thus the system is organized as “student-oriented”. Suggested methodology of prediction and assessment of the learning progress relies on building an hierarchical structure of criterial system of quality. In phase one, we have chosen basic criteria influencing the quality of the learning, which are organized into the first level of Ishikawa diagram. Basing on expert’s knowledge, we then assigned each criterium a corresponding coefficient of importance for the quality of learning. In the second phase, the same was done for criteria of the second and third levels of importance. In cases when it was not possible to unequivocally assess the coefficient of importance, we present the system of equations for calculating the membership function of a fuzzy set. In the third phase, integral values of negentropy were calculated for three study courses and for a model situation.

Keywords: e-learning, blended learning, emergent learning, fuzzy set, quality of learning, negentropy.

DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-10-37-45

For citation:

Andryushkova O. V., Grigoriev S. G. Metodika otsenki kachestva obucheniya na osnove negehntrpii [Methodology for assessment of the quality of learning based on negentropy]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2019, no. 10, p. 37–45. (In Russian.)

Received: November 8, 2019.

Accepted: November 19, 2019.

About the authors

Olga V. Andryushkova, Candidate of Sciences (Chemistry), Docent, Head of the Laboratory of Methods of Teaching Chemistry of the Department of General Chemistry, Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Russia; o.andryushkova@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1566-3427

Sergey G. Grigoriev, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Corresponding Member of RAE, Head of the Department of Informatics and Applied Mathematics, Institute of Digital Education, Moscow City University, Russia; grigorsg@mgpu.ru; ORCID: 0000-0002-0034-9224

References

1. Andreev A. A. Rossijskie otkrytye obrazovatel'nye resursy i massovye otkrytye distantsionnye kursy [Russian open educational resources and massive online courses]. *Vyshee obrazovanie v Rossii — Higher Education in Russia*, 2014, no. 6, p. 150–155. (In Russian.)
2. Andreev A. A. Kachestvo onlajn-obucheniya [The quality of online learning]. *Ehlektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii 2017: Trudy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proc. 4th Int. Conf. “Elearning in continuous education”]*. Ulyanovsk, UlSTU, 2017, p. 340–344. (In Russian.)
3. Andreev A. A. Otsenka kachestva onlajn kursov [Evaluation of the quality of online courses]. *Territoriya nauki — Territory of Science*, 2015, no. 1, p. 20–26. (In Russian.)
4. Kruglov V. I., Gorlenko O. A., Mozhayeva T. P. Stanovlenie i razvitie sistem kachestva obrazovatel'nykh uchrezhdenij [The establishment and development of quality systems of educational institutions]. *Vyshee obrazovanie v Rossii — Higher Education in Russia*, 2015, no. 12, p. 46–51. (In Russian.)
5. Kaldybaev S. K., Beyshenaliev A. B. Kachestvo obrazovatel'nogo protsessa v strukture kachestva obrazovaniya [Quality of educational process in the structure of the quality of education]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya — Advances in Current Natural Sciences*, 2015, no. 7, p. 90–97. (In Russian.)
6. Bederkhanova V. P., Ostapenko A. A., Tkach D. S., Hagurov T. A., Kuzmina N. V., Maznichenko M. A., Tyunikov Yu. S., Kasatkov A. A., Yankovskaya N. A. Pedagogicheskaya sistema: teoriya, istoriya, razvitie [Pedagogical system: theory, history, development]. Moscow, Narodnoe Obrazovanie, 2014. 128 p. (In Russian.)
7. Andryushkova O. V., Grigoriev S. G. Ehmergentnoe obuchenie v informatsionno-obrazovatel'noj srede [Emergent training in the educational information environment]. Moscow, Obrazovanie i Informatika, 2018. 104 p. (In Russian.)
8. Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federatsii ot 23 avgusta 2017 goda № 816 “Ob utverzhdenii Poryadka primeneniya organizatsiyami, osushhestvlyayushimi obrazovatel'nuyu deyatel'nost', ehlektronno obucheniya, distantsionnykh obrazovatel'nykh tekhnologij pri realizatsii obrazovatel'nykh program” [Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated August 23, 2017 No. 816 “On approval of the Procedure for the use by organizations engaged in educational activities of e-learning, distance learning technologies in the implementation of educational programs”]. (In Russian.) Available at: <http://ivo.garant.ru/#/document/71770012/paragraph/1:0>
9. Chernigovskaya T. V. Fuehte, fonema, formula, foton: yazyki mozga i kul'tury [Fuehte, phoneme, formula, photon: languages of the brain and culture]. *Trudy Otdeleniya istoriko-filologicheskikh nauk RAN [Proc. Department of Historical and Philological Sciences of the Russian Academy of Sciences]*. Moscow, Nauka, 2015, p. 179–189. (In Russian.)
10. Tsvetkov V. Ya. Informatsionnaya neopredelennost' i informatsionnaya opredelennost' v naukakh ob informatsii [Information uncertainty and information certainty in information science]. *Informacionnye tehnologii — Information Technologies*, 2015, vol. 21, no. 1, p. 3–7. (In Russian.) Available at: http://novtex.ru/IT/it2015/it115_web-3-7.pdf
11. Tsvetkov V. Ya. Information situation and information position as a management tool. *European Researcher. Series A*, 2012, vol. 36, no. 12-1, p. 2166–2170. (In Russian.) Available at: http://www.erjournal.ru/journals_n/1357196052.pdf
12. Lototsky V. L. Ehntropiya i negehntrpiya [Entropy and negentropy]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya — Perspectives of Science and Education*, 2017, no. 1, p. 20–23. (In Russian.)
13. Tsvetkov O. V. Ehntropijnyj analiz dannykh v fizike, biologii i tekhnike [Entropy data analysis in physics, biology and technology]. Saint Petersburg, LEHTI, 2015. 202 p. (In Russian.)
14. Kachanova T. L., Fomin B. F. Fizika otkrytykh sistem: generatsiya nauchno-dostovernogo znaniya na bol'shikh dannykh [Physics of open systems: the generation of scientifically valid knowledge on big data]. *Upravlenie i informatsionnye tekhnologii. Nauka i obrazovanie [Management and information technology. Science and education]*. Saint Petersburg, LEHTI, 2015, p. 91–116. (In Russian.) Available at: http://isd-consortium.ru/publikacii/knigi/upravlenie_i_informacionnye_tekhnologii_nauka_i_obrazovanie/fizika_otkrytykh_sistem_generaciya_nauchnodostovernogo_znaniya_iz_bolshih_dannykh/
15. Andryushkova O. V., Grigoriev S. G. Raschet negehntrpii i vesovykh koefitsientov mnogokriterial'nykh otsenok na osnove nechetkikh mnozhestv [Calculation of the

negentropy and weight coefficients of multicriteria estimates on the basis of fuzzy sets]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2019, no. 1, p. 40–49. (In Russian.)

16. Diagramma Isikavy [Ishikawa chart]. (In Russian.) Available at: <http://www.up-pro.ru/encyclopedia/diagramma-isikavy.html>

17. Agentstvo po kontrolyu kachestva obrazovaniya i razvitiya kar'ery. [Agency for quality control of education and career development]. (In Russian.) Available at: <http://www.akkork.ru/>

18. Soobshhestvo e-Learning PRO. [e-Learning PRO community]. (In Russian.) Available at: <http://elearningpro.ru/>

19. Soobshhestvo Platonova V. N. v Facebook "Online course quality". [V. N. Platonov's community on Facebook "Online course quality"]. (In Russian.) Available at: <https://www.facebook.com/groups/730339183723259/>

20. Zadeh L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, 1965, vol. 8, is. 3, p. 338–353. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001999586590241X>

21. Ryzhov P. A. Ehlementy teorii nechetkikh mnozhestv i izmereniya nechetkosti. [Elements of the theory of fuzzy sets

and fuzziness measurements]. Moscow, Dialog-MGU, 1998. 116 p. (In Russian.) Available at: <http://www.intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzySetsTheory&Applications.pdf>

22. Kurzaeva L. V., Ovchinnikova I. G., Chichilanova S. A. K voprosu o sovershenstvovanii metodiki otsenki ehffektivnosti resheniya zadach upravleniya kachestvom obrazovaniya na osnove ehkspertnoj informatsii [To an issue of methodology improvement of assessment of efficiency of problem solution for managing education quality on the basis of expert information]. *Fundamental'nye issledovaniya — Fundamental Research*, 2015, no. 6-3, p. 473–478. (In Russian.) Available at: <https://fundamental-research.ru/pdf/2015/6-3/38644.pdf>

23. Leonenkov A. V. Nchetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy simulation in MATLAB and fuzzyTECH]. Saint-Petersburg, BKHV-Peterburg, 2005. 736 p. (In Russian.)

24. Vostroknutov I., Kaneda Y. The possibilities of using modern CASIO CG-50 graphing calculators for volumetric and complex calculations, including fuzzy calculations. *Proc. 13th Int. Conf. on Theory and Application of Fuzzy Systems and Soft Computing*. Vol. 896. 2018, p. 702–708.

НОВОСТИ

10 «государственных» технологий следующего года

Компания Gartner предложила свою версию 10 главных технологических трендов в области госуправления. При этом аналитики отметили, что упомянутые технологии, помимо прочего, важны в контексте таких общих тенденций, как необходимость достижения цифрового равенства, соблюдения норм этики и приватности, рост разрыва поколений и потребности в повышении гибкости государственных институтов. Степень важности выделенных трендов зависит от страны и существующей в ней бизнес-среды, а также от уровня органа власти (федеральный, региональный, местный и т. д.).

Итак, 10 главных «государственных» технологий:

1. *Адаптивная безопасность*. Данный подход подразумевает, что контроль рисков, управление доверием и обеспечение безопасности рассматриваются как непрерывный процесс, в рамках которого происходит предупреждение и снижение постоянно эволюционирующих киберугроз.

2. *Цифровое удостоверение личности гражданина*. В Gartner отмечают важность соответствия цифровых удостоверений требованиям безопасности и ожиданиям граждан, обладающих такими удостоверениями.

3. *Многоканальное взаимодействие*. Эффективность работы госструктур с гражданами повышается при использовании современных каналов связи — мобильных устройств, умных колонок, чат-ботов, систем дополненной реальности.

4. *Адаптивность, заложенная в архитектуру*. Для цифрового правительства нужна гибкая, способная перестраиваться среда — системы и решения, рассчитанные на выполнение не только текущих задач, но и задач будущего.

5. *Управление цифровыми продуктами*. Метод представляет собой непрерывный цикл разработки, выпуска,

контроля, обновления и вывода из эксплуатации «продуктов» для бизнес-пользователей и граждан.

6. *«Все как сервис» (XaaS)* — предоставление любых ИТ-услуг из облака по подписке. Принцип XaaS считают более удачной альтернативой модернизации устаревшей инфраструктуры, так как он обеспечивает улучшенную масштабируемость и ускоряет реализацию новых госуслуг.

7. *«Общие сервисы 2.0»*. Этим термином аналитики обозначают новый уровень совместного использования ИТ-услуг различными госструктурами, отмечая, что до сих пор попытки внедрения этой практики нередко проваливались. Внедрение «общих сервисов 2.0» подразумевает смещение акцента с экономии расходов к реализации ценных с точки зрения организации характеристик и возможностей, таких как безопасность в масштабе всей организации, управление идентификацией, различные платформы и средства аналитики.

8. *Цифровая рабочая среда*. Внедрение современных цифровых технологий в государственных учреждениях способствует уменьшению текучки и повышению удовлетворенности сотрудников.

9. *Повсеместная аналитика*. Применение средств аналитики на всех этапах бизнес-процессов в госструктурах позволит перейти от действий по результатам оценки отчетов к принятию более обоснованных решений в режиме реального времени.

10. *Дополненный интеллект*. Вместо перехода на «искусственный интеллект» эксперты рекомендуют ориентироваться на внедрение «дополненного» — человекоцентричной модели, в рамках которой люди работают вместе с системами ИИ, обеспечивая более эффективное решение когнитивных задач.

(По материалам CNews)