

ЭМЕРГЕНТНОЕ ОБУЧЕНИЕ И НЕГЭНТРОПИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

О. В. Андриюшкова¹

¹ Химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы прогнозирования результатов образовательного процесса в условиях реализации эмергентной системы обучения, которая представляет собой форму организации и управления образовательной деятельностью в условиях системного подхода к использованию возможностей e-learning и традиционного преподавания в аудитории (лаборатории, практикуме). Предложен энтропийный подход к оценке качества педагогического процесса, и дано обоснование для выбора критериев качества с точки зрения энтропии и негэнтропии. Приведен пример набора критериев для естественно-научной дисциплины в условиях преподавания на определенном направлении/специальности. При этом классификация критериев с точки зрения уменьшения или увеличения прогнозируемости результатов обучения способствует упорядочению и предсказуемости образовательного процесса, что в свою очередь сопровождается повышением качества обученности студентов.

Предложен способ расчета негэнтропии образовательного процесса для прогнозирования результатов обучения. Например, если выбрать среди критериев только те, которые зависят от самой образовательной организации, а значит, могут быть изменены в ту или другую сторону в соответствии с целями и задачами, стоящими перед университетом/институтом/факультетом, то появляется возможность прогнозирования результатов обучения внутри образовательной организации.

Статья будет интересна преподавателям и организаторам учебного процесса вне зависимости от уровня образования, использующим онлайн-курсы в своей практике очного обучения.

Ключевые слова: электронное обучение, эмергентное обучение, дистанционные образовательные технологии, качество обучения, энтропия, негэнтропия, прогнозирование результатов обучения.

Для цитирования:

Андриюшкова О. В. Эмергентное обучение и негэнтропия образовательного процесса // Информатика и образование. 2018. № 6. С. 4–10.

Статья поступила в редакцию: 4 мая 2018 года.

Статья принята к печати: 20 июня 2018 года.

Сведения об авторе

Андриюшкова Ольга Владимировна, канд. хим. наук, доцент, зав. лабораторией методики преподавания химии кафедры общей химии химического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова; o.andryushkova@gmail.com

Энергия мира не изменяется.
Энтропия мира стремится к максимуму.

Клаузиус

Введение

Современные цифровые технологии сегодня активно внедряются в образовательный процесс. Это и онлайн-курсы в различных форматах, и виртуальная и дополненная реальности, а также попытки применить блокчейн и возможности социальных сетей для обучения и т. д. Однако в статье Н. Касперской [1] высказывается мнение, что стремление только догонять и слепо заимствовать чужие технологии приведет к технологическому отставанию, а цифровой разрыв (digital divide) [2, 3] и зависимость от внешних технологий, в том числе в образовании, будут при этом только увеличиваться. Известно, что в среде учителей и преподавателей вузов до сих пор устойчиво убеждение, что отечественная система образования, отточенная за десятки лет, является лучшей в мире и надо ее лучшие наработки непременно вернуть в рос-

сийское образовательное пространство. В то же время практический опыт последнего десятилетия показал, что несистемное и спонтанное применение электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ), когда акцент делается только на стремлении использования по максимуму возможностей интернета и гаджетов в ущерб дидактическим особенностям, например естественно-научных дисциплин, не дает ожидаемого эффекта в качестве образования. Среди причин, вызывающих отторжение у преподавателей использования ЭО и ДОТ в своей деятельности, несмотря на требования федеральных нормативных документов, упоминаются, например:

- неустойчивая работа платформ;
- «недружественность» интерфейса;
- неактуальность содержания и его быстрое устаревание;
- увеличение внеаудиторной нагрузки на разработку контента;
- увеличение неупорядоченности или хаоса в процессе организации и управления процессом обучения.

И этот список можно продолжить. Однако из осознания возникшего противоречия, возможно, именно на сегодняшнем этапе развития образования, на его новом витке, спровоцированном распространением массовых открытых онлайн-курсов и всеобщей «цифровизацией», появляется уникальная возможность возникновения новых методик и технологий обучения. Закономерно ожидать, что эти методики и технологии учтут все ошибки, упущения и просчеты, выявленные на предыдущих этапах применения электронных технологий. В этой ситуации понятен поиск компромиссных вариантов и моделей, позволяющих опереться на лучшие дидактические наработки отечественных педагогов, с одной стороны, и в то же время использовать обширные возможности информационно-коммуникационных технологий и цифровой революции в образовании, с другой, при условии стремления к достижению заданного результата, например, повышения качества обученности студента по дисциплинам естественно-научного профиля.

Настоящая работа посвящена поиску моделей и критериев, позволяющих добиться гармонизации в смысле взаимного согласования и упорядочения между классическим традиционным обучением и ЭО. В работе также предлагается систематизировать критерии качества обученности студентов с точки зрения снижения энтропии или неупорядоченности педагогической системы в целом, использовать предварительную диагностику.

Эмергентность и эмергентное обучение

Системный подход, являющийся одним из основных методологических принципов, обосновывающих исследовательскую деятельность в педагогике, широко используется сегодня на этапах проектирования и организации учебного процесса, так как позволяет разделять и изучать каждый элемент педагогической системы в отдельности, разделять его на подсистемы и анализировать.

Среди исследователей нет единого взгляда на компонентный состав педагогических систем, что, по-видимому, связано с различными подходами в выборе подсистем, а именно в статике или динамике предполагается изучать педагогическую систему. *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* [4, 5]. Возрастание эффективности в деятельности целостной системы, полученной в результате интеграции отдельных взаимосвязанных компонентов, происходит благодаря возникновению новых свойств, первоначально не присущих ее исходным составляющим, что называют **системным эффектом**, или **эмерджентностью**. Представляется логичным, что системный подход в педагогике должен приводить к появлению эмерджентного обучения.

В [6] *под эмерджентным, или эмергентным, обучением* предложено *понимать форму организации и управления образовательной деятельностью в условиях системного подхода к использованию возможностей информационно-коммуникационных*

технологий, электронного обучения и традиционного преподавания в аудитории (лаборатории, практикуме). Таким образом, появление качественно нового набора свойств, характеризующих образовательный процесс в условиях эмергентного обучения, является результатом **гармоничной интеграции** информационно-коммуникационных технологий, e-learning (электронного обучения), m-learning (мобильного обучения), blended learning (комбинированного обучения), дистанционных образовательных технологий и классического традиционного обучения в учебной аудитории (лекционном зале, лаборатории, практикуме).

Тогда с точки зрения педагогики учебный процесс с использованием эмергентного обучения (em-learning) можно рассматривать как систему, состоящую из специфических методов, средств и форм обучения, а также содержания, спроектированного и реализованного в соответствии с обозначенными целями. 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 [7], а также на базовых категориях [8], влияющих на качество обученности студента.

Для получения системного эффекта при реализации эмергентной системы обучения необходимо также придерживаться пяти основных принципов системного подхода [9, 10]: целостности, иерархичности, структуризации, множественности и системности.

В качестве системообразующего фактора, способного объединить все компоненты эмергентного обучения в единый комплекс, может выступать платформа (электронная система обучения), обладающая широким набором модулей, функционал которых постоянно расширяется и пополняется [11–17]. Требования к платформам с течением времени усложнялись: от способности обеспечить разработку и доставку электронных курсов, коммуникации, текущую аттестацию, выработку навыков межличностного общения в условиях командной деятельности к способности решать проблему управления учебной деятельностью студента. Примеры различных платформ приведены в работах [18–21].

Среди основных модулей, присущих современным платформам, можно выделить следующие:

- модуль управления процессом обучения на основе учебных планов, графиков, групп, когорт, сообществ, потоков и пр.;
- модуль разработки и доставки контента, содержащий методический, текстовый, графический и видеоматериал, ссылки на интернет-ресурсы, библиографию и пр.;
- модуль для проведения и записи вебинаров;
- модуль для проведения текущего, промежуточного, итогового и пр. контроля;
- модуль, позволяющий осуществлять обратную связь в онлайн-овом и офлайн-овом режимах (консультации, семинары, форумы, чаты и пр.).

Таким образом, на сегодняшний день платформы для онлайн-обучения являются многомодульными системами и способны выполнять комбинации функ-

ций: от разработки электронных образовательных ресурсов до управления обучением и использования сервисов социальных сетей для учебных целей.

Выделенные в педагогической литературе [22] 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, традиционно состоящее из ручки и бумаги, мела и доски и т. п. Однако за последние десятилетия произошло проникновение в образовательный процесс компьютерных средств обучения, когда вместо стационарных ПК в терминальных классах образовательных организаций обучающиеся на занятиях используют собственные ноутбуки, планшеты, смартфоны и другие устройства, причем часто это не единственный девайс.

Различные устройства используются как для первичного поиска информации по интересующей тематике, так и для самостоятельного обучения, например, на массовых открытых онлайн-курсах (МООК) [23]. Таким образом, роль электронного гаджета в качестве средства обучения существенно возросла и трансформировалась. Из последнего компонента в иерархии структурных составляющих образовательных систем — «средства» — гаджет выдвинулся на обособленную позицию, причем его функции теперь заключаются не только в передаче информации (коммуникативная), но также в ее накоплении (аккумулятивная, агрегирующая) 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. Таким образом, логично, что существенно преобразовавшиеся средства обучения изменяют свойства образовательной системы в целом.

Итак, на современном этапе развития образования можно констатировать продолжающееся «самопроизвольное» внедрение, распространение и применение электронных устройств в учебном процессе. Попытки же регламентировать и управлять этими процессами постоянно отстают от наступательного и опережающего развития ЭО и ДОТ. Например, с широким применением и востребованностью онлайн-курсов потребовалась новая версия приказа об использовании ЭО и ДОТ [24], в котором, однако, отсутствует точное определение понятия «онлайн-курс», ключевого элемента в онлайн-образовании, по причине его постоянной трансформации и развития.

«Самопроизвольными» же с точки зрения классической термодинамики и в соответствии со вторым законом термодинамики являются процессы, протекающие в прямом направлении за счет увеличения энтропийного фактора, что сопровождается, как известно, увеличением «неупорядоченности» или «хаоса» в системе. Из вышесказанного следует, что самопроизвольное внедрение любых новых технологий, даже самых потенциально эффективных, как в систему образования, так и в индустрию должно приводить к росту энтропии внутри изолированной системы (термодинамический подход), именно по-

этому необходимо разработать научно обоснованные критерии изменения уровня упорядоченности в системе.

С точки зрения когнитивной науки, изучающей мозг и сознание [25], известно, что обучение происходит исключительно при интенсивной интеллектуальной работе и сопровождается ростом нейронной сети, увеличением связей, узлов и пучков. Последнее означает, что процесс обучения не может быть «легким» и «самопроизвольным», так как приводит к уменьшению неупорядоченности и увеличению предсказуемости или прогнозируемости в системе, о чем и писал Г. Льюис: «Процесс получения информации представляет собой уменьшение энтропии».

Энтропия и негэнтропия

Применительно к естественным наукам второй закон термодинамики отражает сделанное человечеством открытие: все системы самопроизвольно меняются в сторону уменьшения их способности к изменению, т. е. стремятся к состоянию равновесия. Например, тепло переносится от более нагретого тела к более холодному, растворимое вещество равномерно распределяется по всему объему раствора, химическая реакция протекает в направлении минимального изменения термодинамических свойств реагентов. И список примеров можно продолжать. Также следует подчеркнуть, что второй закон — закон статистический и соблюдается при «большом» количестве рассматриваемых событий в изолированных системах.

Энтропия системы (от греч. энтроп — превращение) — это мера ее приближения к состоянию равновесия. Связь между энтропией и вероятностью описывается уравнением: $S = A \cdot \ln W + B$ (где W — вероятность события, а A и B — постоянные) или уравнением Больцмана: $S = k \cdot \ln W$ (где k — постоянная Больцмана). Связь термодинамической энтропии с вероятностью позволила утверждать, что самопроизвольные процессы протекают от состояния с низкой вероятностью к состоянию с высокой вероятностью осуществления. При этом число возможных *микросостояний* системы W , с помощью которых можно реализовать *макросостояние* n , рассчитывается как: $W(N, n) = \frac{N!}{n! \cdot (N - n)!}$, где N — общее число объектов в системе. Существует ряд закономерностей, используемых для теоретического предсказания изменения энтропии в различных процессах, например, энтропия изменяется с ростом массы и сложности системы, а также при фазовых переходах.

С точки зрения наук об информации энтропия также является показателем неопределенности, разнообразия, хаоса, направления смещения равновесия в системе. В работах физиков Лео Сциларда и Леоны Бриллюэна, разрешивших известный парадокс Максвелла, утверждается, что интеллект, которым должен был бы обладать «демон Максвелла», является одним из видов памяти. Тогда накопление информации эквивалентно расходованию энергии, поэтому накопление знаний «демоном Максвелла» приводит все-таки к возрастанию энтропии и второй закон не нарушается. Так был открыт путь к постро-

ению теории информации, а появившееся понятие информационной энтропии и термодинамическая энтропия оказались чем-то похожи, но все-таки это суть не одно и то же. В работах [26–30] показана противоречивость в описании энтропии и негэнтропии в информационной области. Анализ, проведенный в работе [31], показал, что энтропию надо соотносить не с системой, а с информационной ситуацией. Поскольку энтропийный подход оценивает не количество информации, а информационную емкость сообщения, предлагается разграничивать содержательную информацию (негэнтропию) и информацию, снимающую неопределенность (энтропию) [31]. Таким образом, наблюдается дальнейшее развитие теории энтропии применительно к взаимосвязи информационной ситуации и количества информации, определяемой через энтропию.

После рассмотрения понятий термодинамической и информационной энтропий становится понятно, что эти понятия взаимосвязаны, например, «демон Максвелла» также противопоставляет термодинамическую энтропию информации, и получение некоторого количества информации приводит к уменьшению энтропии. Надо отметить, что энтропия помимо термодинамической и информационной также бывает алгоритмической, дифференциальной и топологической. Все типы имеют общую основу, но применяются для решения различных задач. Так, в работах [32, 33] показано, что для случайных процессов энтропия возрастает тем больше, чем выше уровень «непредсказуемости», и предложено использовать следующую трактовку энтропии: «вероятность → непредсказуемость → информативность».

В общем случае энтропия рассчитывается как:

$$H_b(S) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_b p_i. \quad (1)$$

Если b равно 2, то информация измеряется в «битах», если 3 — в «тритах», если равно e — в «натах», 10 — в «хартли». В формуле (1):

S — исходный алфавит с символами от a_1 до a_n ;
 p_i — вероятность события a_i ($p_i = p(a_i)$).

В статье Т. Л. Качановой, Б. Ф. Фомина [34] описана технология аналитического ядра физики открытых систем, позволяющая выполнять анализ больших массивов эмпирических данных о жизнедеятельности открытых систем и автоматически производить научно достоверное знание о системе [см. также 35–37], причем для понимания процессов и рационального объяснения были рассмотрены открытые природные, общественные и антропогенные системы.

В работе Ю. Н. Каргина [38] показаны возможности информационного подхода при конструировании педагогического теста, оценке его эффективности. А в статье Т. И. Новичихиной [39] обоснованы основные положения энтропийного подхода на примере различных систем и сформулирован закон сохранения информации.

В связи с вышесказанным появляется закономерный вопрос: корректно ли использование энтропийного подхода к оценке качества педагогического процесса? Возможно ли сформировать набор критериев либо классифицировать уже имеющиеся [40, 41], применение которых приводило бы к теоретически

предсказуемому и практически наблюдаемому понижению или повышению энтропии, а в случае педагогической системы — к прогнозируемости образовательного процесса?

Выбор критериев прогнозируемости образовательного процесса

В работе [40] предложен ограниченный набор критериев, способствующих повышению качества обученности студентов:

- число зачетных единиц на дисциплину и индикаторы достижения компетенции;
- форма образования;
- ЭОР кафедры;
- электронная библиотека;
- скорость устаревания контента;
- виртуальная лаборатория;
- техническая и технологическая поддержка;
- интерактивные тренажеры с настраиваемыми параметрами;
- компетенции ППС в ИКТ;
- компетенции ППС в педагогических технологиях;
- базовая и ИКТ-подготовленность студента;
- психологическая готовность студента для работы в ЭСО;
- способность к обучению.

На основании эмпирических обобщений дано ранжирование каждого критерия в интервале от 1 до 10, результаты представлены в виде диаграммы на рисунке 1. Определение набора критериев для конкретной дисциплины и их численные показатели в условиях преподавания конкретной дисциплины на определенном направлении/специальности позволяют найти наиболее адекватное сочетание традиционной и электронной составляющих для реализации эмергентного обучения и приближения к модельной или наиболее благоприятной ситуации.

При этом классификация критериев по направленности с точки зрения уменьшения или увеличения прогнозируемости должна способствовать упорядочению и предсказуемости образовательного процесса, что в свою очередь логично должно сопровождаться увеличением качества обученности студентов. В таблице приведены примеры критериев, способствующих уменьшению и увеличению прогнозируемости учебного процесса в целом.

Интуитивно понятно, что критерии, приведенные в таблице, можно разделить на способствующие качеству учебного процесса либо, напротив, приводящие к неупорядоченности и непредсказуемости достижения результатов обучения, тем не менее цель работы заключалась в попытке расчета интегрального параметра, позволяющего сравнивать различные педагогические системы или формы и модели обучения.

По-видимому, прогнозируемость (Π) в образовательном процессе, так же как и в информационной системе, будет пропорциональна негэнтропии (J), которая в свою очередь может быть рассчитана как:

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

где k_i — соответствующий критерий, диапазон измерения которого находится в интервале от 1 до 10.



Рис. 1. Набор критериев, влияющих на качество обученности студентов в условиях эмергентного учебного процесса для специальностей «Лечебное дело» и «Фармация»

Таблица

Критерии, способствующие изменению энтропии системы

№ п/п	Критерии	Уменьшение прогнозируемости учебного процесса	Увеличение прогнозируемости учебного процесса
1	Цели, задачи курса и формируемые компетенции	Не обозначены цели, задачи курса и формируемые компетенции	Четко сформулированы цели, задачи курса и формируемые компетенции
2	Целевые группы	Отсутствие ориентированности на целевые группы обучающихся	Четкие рекомендации по целевой аудитории
3	Единая платформа, имеющая модули разработки, организации и управления обучением: • регистрация на курс; • доставка ЭОР (в том числе видео); • контроль знаний (текущий, промежуточный, итоговый); • проктеринг; • запись на экзамен; • чат, форум; • вебинар	Использование разнообразного ПО для выполнения этих целей, причем в каждой программе требуется дополнительная авторизация	Режим «одного окна», переход между модулями для пользователей внутри единой системы без дополнительной авторизации
4	Обучающая деятельность преподавателя	Низкая интерактивность в общении с обучающимися во время учебного процесса в ЭСО	Использование активных форм обучения (метод проектов, технология развития критического мышления и пр.), высокая мотивация, консультирование в онлайн-овом и офлайн-овом режимах
5	Требования, шаблоны, сертификация ЭОР, в том числе образовательного видео	Отсутствие нормативно-методической документации для разработки, производства, апробации и сертификации ЭОР	Наличие комплекта нормативно-методической документации для разработки, производства, апробации и сертификации ЭОР, в том числе образовательного видео
6	Фонд оценочных средств	Не полностью обеспечивает текущий, промежуточный и итоговый контроль, не учитывает индикаторы достижения компетенций	Охватывает все изучаемые темы/модули/разделы, коррелирует с планируемыми результатами обучения по дисциплине
7	Балльно-рейтинговая система	Отсутствует	Систематически используется и совершенствуется с учетом обратной связи
8	Обратная связь, техническая и технологическая поддержка	Отсутствие или в офлайн-овом режиме	В онлайн-овом и офлайн-овом режимах, по запросу пользователей

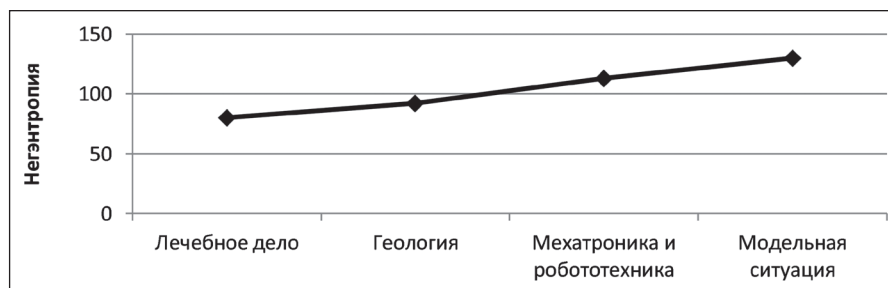


Рис. 2. Расчетное значение негэнтропии для различных направлений/специальностей

Например, если выбрать среди вышеперечисленных критериев только те, которые зависят от самой образовательной организации, а значит, могут быть изменены в ту или другую сторону в соответствии с целями и задачами, стоящими перед университетом/институтом/факультетом, то можно сравнить прогнозируемость образовательного процесса для различных специальностей. На рисунке 2 представлены результаты расчетного значения негэнтропии с учетом 13 выбранных критериев для трех специальностей/направлений.

Выводы

Таким образом, для осуществления эмергентного обучения, характеризующегося интегральным эффектом от гармоничного сочетания базовых составляющих ИКТ, e-learning и традиционных классических форм обучения, необходимо установление набора критериев, влияющих непосредственно на качество обученности студента. С одной стороны, эти критерии отчасти являются результатом предварительной диагностики готовности образовательной организации к применению современных педагогических технологий, а с другой, могут быть использованы для настройки соответствующей организационной модели обучения, характеризующейся высокой прогнозируемостью и упорядоченностью образовательного процесса.

Список использованных источников

1. Касперская Н. Обогнать, не догоняя. Как России сохранить цифровой суверенитет // Российская газета — Столичный выпуск. 04.03.2018. № 7510 (47). <https://rg.ru/2018/03/04/natalia-kasperskaia-nelzia-dopustit-oborota-v-rf-chuzhikh-kriptoaliut.html>
2. Короткина И. Б. Цифровой разрыв и образование на границе эпох // Формирование культурной и языковой компетентности в процессе изучения иностранного языка. Интернет и изучение иностранного языка: сборник материалов международной научной конференции. М.: МГОУ, 2014. С. 199–202. <https://elibrary.ru/item.asp?id=22645296>
3. Цифровая революция в образовании. Доклад Кипора Сингха по вопросу о праве на образование. Генеральная Ассамблея ООН. А/HRC/32/37 от 06.04.2016 г. http://www.lexed.ru/praktika/pravo-na-obrazovanie/detail.php?ELEMENT_ID=5891
4. Ильина Т. А. Системно-структурный подход к организации обучения. М.: Знание, 1973.
5. Остапенко А. А. Теория педагогической системы Н. В. Кузьминой: генезис и следствия // Человек. Сообщество. Управление. 2013. № 4.
6. Свидетельство о регистрации электронного ресурса в ИУО РАО ОФЭРНиО № 22727 от 02 мая 2017 г. «Андрюшкова О. В., Григорьев С. Г. Эмергентная или эмерджентная система обучения».
7. Указ Президента РФ от 09.09.2008 № 1332 (ред. от 05.08.2015) «Об утверждении перечня федеральных государственных образовательных организаций высшего образования, которые вправе разрабатывать и утверждать самостоятельно образовательные стандарты по всем уровням высшего образования». <http://base.garant.ru/193831/>
8. Андрюшкова О. В., Григорьев С. Г. Комбинированное обучение как результат конвергенции в условиях информатизации образования // Информатика и образование. 2017. № 2. С. 23–27.
9. Бабанская О. М., Можяева Г. В., Сербин В. А., Фещенко А. В. Системный подход к организации электронного обучения в классическом университете // Открытое образование. 2015. № 2 (109). С. 63–69.
10. Дмитриенко Т. И. Системный подход как основа конструирования учебного процесса в профессиональной подготовке будущих специалистов в вузе. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Ставрополь, 2006.
11. Батаев А. В. Обзор рынка систем дистанционного обучения в России и мире // Молодой ученый. 2015. № 17. С. 433–436. <http://moluch.ru/archive/97/21748/>
12. Богомолов В. А. Обзор бесплатных систем управления обучением // Educational Technology & Society. 2007. № 10 (3). С. 439–459. http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v10_i3/html/9_bogomolov.htm
13. Веденев В. Тенденции в развитии e-Learning на примере решений Microsoft. <https://blogs.technet.microsoft.com/tasush/2015/02/02/e-learning-1/>
14. Готская И. Б., Жучков В. М., Кораблев А. В. Аналитическая записка «Выбор системы дистанционного обучения» // РГПУ им. А. И. Герцена. <https://ra-kurs.spb.ru/2/0/2/1/?id=13>
15. Обзор платформ для организации дистанционного обучения. <http://www.uitc74.ru/blog/article/153/>
16. Демин В. А., Трайнев В. А., Трайнев О. В., Роганов Е. А., Иванов М. Н. Развитие систем дистанционного обучения в вузах (обобщение опыта и учебные рекомендации): учебное пособие. М.: МГИУ, 2010.
17. Тренды e-Learning 2016: следовать нельзя игнорировать. <http://www.ispring.ru/elearning-insights/elearning-trends-2016-follow-or-ignore/>
18. Каталог современных инструментов и методов интерактивного взаимодействия, встраиваемых в онлайн-курсы. ТПУ, PRO.ONLINE. <http://file.ineo.tpu.ru/DOCS/Catalogue.htm>
19. Топ 200 инструментов для обучения в 2017. <http://c4lpt.co.uk/top100tools/>
20. Сравнительная характеристика систем дистанционного обучения (СДО). <http://www.infotechno.ru/analizSDO.htm>
21. Kats Y. Learning Management System Technologies and Software Solutions for Online Teaching: Tools and Applications: Tools and Applications. Information Science Reference, 2010.
22. Педагогическая система: теория, история, развитие. Коллективная монография / под ред. В. П. Бедерхановой, А. А. Остапенко. М.: Народное образование, 2014.

23. Отечественные платформы MOOK. <http://openedu55.ru/mod/data/view.php?id=1082>
24. Приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 года № 816 «Об утверждении порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». <https://rg.ru/2017/09/21/minobr-prikaz816-site-dok.html>
25. Черниговская Т. В. Фонема, фуэте, формула, фотон: языки мозга и культуры: Лекция в образовательном центре «Сириус». https://sochisirius.ru/video_lectures/2
26. Кудж С. А. Системный подход // Славянский форум. 2014. № 1 (5). С. 252–257.
27. Толковый словарь по психологии. Энтропия. https://psychology_dictionary.academic.ru/9583/ЭНТРОПИЯ
28. Цветков В. Я. Информационная неопределенность и определенность в науках об информации // Информационные технологии. 2015. № 1. С. 3–7.
29. Цветков В. Я. Рассеяние в информационных процессах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5. Ч. 1. С. 141–142.
30. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A, 2012. Vol. 36. Is. 12-1. P. 2166–2170.
31. Лотоцкий В. Л. Энтропия и негэнтропия // Перспективы науки и образования. 2017. № 1 (25). С. 20–23. <https://cyberleninka.ru/article/v/entropiya-i-negentropiya>
32. Введение в понятие энтропии и ее многоликость. <https://habrahabr.ru/post/305794/>
33. Цветков О. В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. <https://www.polytechnics.ru/shop/product-details/370-cvetkov-o-v-entropijnyj-analiz-dannyx-v-fizike-biologii-i-tekhnike.html>
34. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Физика открытых систем: генерация научно-достоверного знания на больших данных / Управление и информационные технологии. Наука и образование / под общ. ред. М. Ю. Шестопадова. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. С. 91–116.
35. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Методы и технологии генерации системного знания: учеб. пособие для магистров и аспирантов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.
36. Качанова Т. Л., Фомин Б. Ф. Квалитология системного знания: учебное пособие для магистров и аспирантов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
37. Ageev V., Fomin B., Fomin O., Kachanova T., Chen C., Spassova M., Kopylev L. Physics of open systems: a new approach to use genomics data in risk assessment / The continuum of health risk assessments. In Tech, 2012. P. 135–160.
38. Каргин Ю. Н. Энтропия знаний. Конструирование модели педагогического теста // Образовательные технологии. 2014. № 4. С. 46–64.
39. Новичихина Т. И. Понятия энтропии и информации в педагогике // Вестник Алтайского государственного педагогического университета. 2010. № 2. С. 76–84.
40. Андрияшкова О. В., Григорьев С. Г. Эмергентное обучение в информационно-образовательной среде: монография. М.: Образование и Информатика, 2018.
41. Платонов В. Н. Качество электронного обучения. <https://www.facebook.com/groups/730339183723259/>

EMERGENT LEARNING AND NEGENTROPY OF EDUCATIONAL PROCESS

O. V. Andryushkova¹

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

Abstract

The article discusses the problems of forecasting the results of the educational process in the context of the implementation of the emerging education system, which is a form of organization and management of educational activities in a systemic approach to the use of e-learning and traditional teaching in the classroom (laboratory, workshop). An entropy approach to the assessment of the quality of the pedagogical process is proposed, and a rationale for the selection of quality criteria from the point of view of entropy and negentropy is given. An example of a set of criteria for a natural science discipline in the conditions of teaching in a certain direction/specialty is given. At the same time, the classification of criteria, in terms of reducing or increasing the predictability of learning outcomes, contributes to the streamlining and predictability of the educational process, which in turn is accompanied by an improvement in the quality of the students' training.

A method is proposed for calculating the negentropy of the educational process for predicting learning outcomes. For example, if you choose among the criteria only those that depend on the educational organization itself, and therefore can be changed in one way or another in accordance with the goals and objectives facing the university/faculty institute, then it becomes possible to predict the results of training within the educational organization.

The article will be of interest to teachers and organizers of the educational process, regardless of the level of education, who use online courses in their practice of full-time education.

Keywords: e-learning, emergent learning, distance educational technologies, quality of learning, entropy, negentropy, prediction of educational outcomes.

For citation:

Andryushkova O. V. Emergentnoe obuchenie i negehtropiya obrazovatel'nogo protsessa [Emergent learning and negentropy of educational process]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2018, no. 6, p. 4–10. (In Russian.)

Received: May 4, 2018.

Accepted: June 20, 2018.

About the author

Olga V. Andryushkova, Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Methods of Teaching Chemistry of the Department of General Chemistry of Faculty of Chemistry of Lomonosov Moscow State University; o.andryushkova@gmail.com