



DOI: 10.22363/2313-1683-2017-14-4-451-465

УДК 378.146

ИНТЕГРАЦИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ И ОЦЕНКЕ ЗНАНИЙ ОБУЧАЕМЫХ

С.Н. Дворяткина

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина
Коммунаров ул., 28, Елец, Россия, 399770

Постановка и решение проблемы поиска теоретического обоснования и разработки эффективных дидактических механизмов организации процесса педагогического контроля и оценки знаний обучаемых может быть основана на конвергенции ведущих психолого-педагогических, математических и информационных технологий с учетом современных достижений в науке. В статье обоснована педагогическая целесообразность реализации возможностей средств информационных технологий в оценке сложного математического знания, в управлении познавательной деятельностью студентов. Исследована и реализована на практике интеграция фрактальных методов и нейросетевых технологий в совершенствовании системы педагогического контроля математических знаний обучаемых в составе автоматизированных обучающих систем (АОС). Доказано, что фрактальные методы увеличивают точность и глубину оценивания уровня обученности студентов, комплексов интеллектуальных операций и интегративных качеств, позволяющих осваивать и применять междисциплинарные знания и умения в профессиональной деятельности. Нейросетевые технологии решают проблему реализации лично-ориентированного обучения с позиций оптимальной индивидуализации математического образования и самореализации личности. Технология проектирования интегративной системы педагогического контроля знаний студентов включает следующие этапы: установление требуемых параметров обучения; определение и подготовка исходных данных для реализации интеграции фрактальной и нейросетевой технологий; разработку диагностического модуля в составе блока искусственного интеллекта АОС, заполнение структурированных системой баз данных; запуск системы для получения прогноза. Новым в разработке интегративной автоматизированной системы педагогического контроля знаний является то, что индивидуальная оценка качества обучения студентов осуществляется на основе двух параметров — глубины усвоения понятия, его взаимосвязи с другими понятиями и оценке величины синергетического эффекта интеграции знаний и деятельности обучаемых. Опыт внедрения и эксплуатации автоматизированной системы педагогического контроля и оценки знаний на основе интеграции фрактального моделирования и нейросетевых технологий позволил повысить уровень объективности оценивания знаний обучаемых, качество управления учебным процессом, его результативность в целом.

Ключевые слова: интеграция, синергетический эффект, педагогический контроль, индивидуализация, нейросетевые технологии, фрактальные методы

Введение

Цифровые технологии сильно повлияли на мир и, как следствие, наблюдаются значительные изменения в системе высшего образования, связанные с их ак-

тивным внедрением в процесс обучения. Поэтому в условиях глобальной информатизации образования одна из перспектив состоит в интеграции психолого-педагогических, математических и информационных технологий, использование творческого, инновационного потенциала данного симбиоза в рамках новой культуры обучения и оценки результатов педагогической деятельности с учетом современных достижений в науке.

Контроль сформированности профессиональных компетенций и оценка уровня знаний обучаемых являются одними из результативных методов современной педагогической практики, необходимым механизмом мониторинга функционирования и развития дидактической системы. В целях обеспечения эффективности управления познавательной деятельностью, развития личности студента необходимо оперативно решать комплексную задачу получения сведений об учащихся как о субъекте обучения, состоянии их опыта, личностных качеств, знаний, умений, навыках. Современный уровень развития информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) позволяет переадресовать данную задачу компьютерным системам, генерировать образовательные результаты в форме различных информационных сообщений.

Психолого-функциональные аспекты педагогического контроля и комплексной оценки знаний достаточно глубоко разработаны отечественными и зарубежными дидактами (Аванесов, 2015; Болотов и др., 2013; Шадриков, Кузнецова, 2011; Усова, 2007). В настоящее время широко внедряются новые методики диагностирования знаний обучаемых, их продвижения в учении, установления интеллектуального потенциала обучающегося на основе ИКТ. В частности, это следующие методы и средства: автоматизированные системы управления качеством подготовки специалистов, электронные системы квалиметрии профессиональных знаний, автоматизированные системы тестового контроля (САТ-системы), рейтинговые системы оценки знаний и др. Как показал анализ научной литературы, по мнению многих современных специалистов в области информатизации образования, например, О.А. Козлова (Козлов, 2017), А.И. Кибзуна (Кибзун, Иноземцев, 2014), В.Л. Латышева (Латышев, 2009), В.М. Монахова (Монахов, 2014), И.В. Роберт (Роберт, 2016), И.Д. Рудинского (Рудинский, Давыдова, 2014) и др., данные системы позволяют не только количественно, но и в большинстве случаев качественно оценить уровень усвоения учебного материала. Теоретико-методологической основой разрабатываемых и внедряемых исследователями в учебный процесс автоматизированных систем педагогического контроля выступают современные методы математической статистики, теории принятия решений, нечеткой логики, искусственного интеллекта и др.

На взгляд автора, наиболее эффективной и продуктивной стратегией в современных условиях развития ИКТ служит тесная интеграция процесса обучения и контроля, которая реализуется в современных АОС. Возможность индивидуализации обучения в контексте личностно-ориентированного подхода является одним из важнейших преимуществ использования АОС (Козлов, 2017; Роберт, 2016; Углев, 2010). С помощью адаптивных и интеллектуальных технологий обучающая система учитывает индивидуальные способности студента, его предыдущие, текущие знания и умения. На основе данных, полученных о студенте, процесс его

обучения осуществляется оптимальным путем, так как происходит выбор одной из возможных образовательных траекторий. Подобный выбор из множества вариантов решения указанной задачи неосуществим без применения современных компьютерных средств, основанных на нейросетевых технологиях (Грушевский и др., 2008). Такого рода технологии работают по аналогии с принципами организации и функционирования нейронов головного мозга человека.

Нейросетевые технологии можно использовать в целях формирования индивидуальной траектории обучения, автоматизации процессов педагогического контроля за результатами учебно-познавательной деятельности и ее коррекции. В то же время существенно увеличить точность и глубину оценивания уровня обученности студентов, а также комплексов интеллектуальных операций и интегративных качеств, дающих возможность осваивать и применять междисциплинарные знания и умения в профессиональной деятельности, позволят методы фрактальной геометрии (Dvoryatkina et al., 2017). Основываясь на базовых свойствах фрактала — самоподобие и сохранение инварианта, методы фрактальной геометрии можно применить для количественной и качественной оценки сложных структур учебных элементов посредством их представления в виде фрактальных моделей. Подобное отождествление изучаемого нового математического понятия не с отдельным элементом, изображаемым точкой некоторого содержательно-информационного пространства, а с целым множеством элементов, распределенных с переменной плотностью в рассматриваемом понятийном пространстве, позволит раскрыть внутреннюю структурную бесконечность, высвечивая многоаспектный характер изучаемых дескрипторов. Фрактальные методы наиболее близки к природным и биологическим процессам. Если мозг рассматривать как сложную систему нейронов, то его динамику, по предположению, можно описать с помощью нелинейной математики нейронных сетей. При интеграции в работу АОС нейросетевых технологий одновременно активизируются две нейросети — нейросеть обучающегося и нейросетевой алгоритм АОС. Это приводит к тому, что конечный результат достигается с минимальными временными затратами и максимальной эффективностью процесса обучения. Более того, наблюдается эффект резонанса с высокоамплитудным нарастанием синергетического эффекта.

Автор полагает, что разработка технологии педагогического контроля и оценки уровня знаний, основанной на интеграции фрактальных и нейросетевых технологий, — перспективное направление в исследовании процесса квалиметрии знаний обучаемых. В связи с изложенным, *цель исследования* состоит в теоретическом обосновании и разработке эффективных дидактических механизмов организации процесса педагогического контроля/оценки знаний обучаемых на основе конвергенции педагогической науки и современных технологий.

Нейросетевые технологии и фрактальные методы в педагогике

Термин «нейронные сети» сформировался в середине XX в. в среде американских исследователей, изучавших принципы организации и функционирования нейронных сетей. Так, например, исследователи У.С. Мак-Калох и В. Питтс

(McCulloch, Pitts, 1943) создали модель нейрона и сформулировали основные положения теории функционирования головного мозга; Д. Хебб (Hebb, 1949) установил правила обучения нейронной сети; Ф. Розенблатт (Rosenblatt, 1962) предложил возможный вариант технической реализации первого в мире нейрокомпьютера; Дж. Хопфилд (Hopfield, 1982) изобрел ассоциативную нейронную сеть. Под *нейронными сетями* в науке понимают вычислительные структуры и алгоритмы, которые моделируют простые процессы, ассоциируемые с процессами человеческого мозга. Данные системы способны к адаптивному обучению путем анализа положительных и отрицательных воздействий. Элементарным преобразователем в данных сетях является искусственный нейрон (или просто нейрон), названный по аналогии с биологическим прототипом (Круглов, Борисов, 2002). В настоящее время исследования, связанные с изучением искусственных нейронных сетей, находятся в стадии интенсивного развития. Данная область знания стимулирует развитие не только технических, но и гуманитарных дисциплин (экономика, финансы, бизнес и др.), обеспечивая их новыми инструментами и представлениями.

В качестве возможной альтернативы западным взглядам на нейронные сети, рассмотрим адаптацию нейросетевых технологий к организации процесса обучения в целом и педагогическому контролю знаний в частности. Структура действий обучающей системы базируется на принципах функционирования нейронной сети. Выстраиваемая АОС индивидуальная траектория для каждого обучаемого подобна структуре прохождения импульса возбуждения по нейронной сети. Причем чем более «развита» нейросеть, тем быстрее будет достигнут конечный образовательный результат. Если отдельные участки траекторий у разных обучаемых будут совпадать, то модулем прогнозирования будет реализован уже известный системе алгоритм. В случае ошибки операции прогнозирования, которая выявляется модулем контроля, траектория обучения снова выходит за рамки ранее использовавшегося «штампа». В данном случае возможен вариант применения реализовавшегося для другого обучаемого участка траектории. И так может происходить многократно. Цель работы АОС заключается не только в приведении уровня знаний многих обучаемых к «единому знаменателю» в рамках установленных отклонений, но и в минимизации временных затрат на процесс обучения.

Суть применения фрактальных методов в диагностике состоит в симбиозе качественных и количественных оценок усвоения сложных структур учебных элементов. Данный подход особенно важен для квалиметрии математического образования, где естественным образом возникающие многоступенчатые абстракции предметного содержания создают условия для освоения сложных знаниевых конструкторов, задающих ценностный императив личностного саморазвития.

Важным аспектом, который не учитывался ранее в существующих диагностических методиках, служит вопрос оценки синергетического эффекта прироста опыта и личностного развития, возникающего в результате учебно-познавательной деятельности обучаемого. Данный эффект вызван когерентным и скоординированным во времени действием разнородных по природе операционных механизмов, приводящих к качественным изменениям в личности обучаемого.

При этом синергетический эффект проявляется как дополнительный результат в контексте интеграции научного знания, а также в углублении внутренней структуры самоорганизации математического знания. Наиболее универсальной математической моделью оценки синергетического эффекта интеграции знаний и деятельности представляется следующая модель, в которой общий эффект любой деятельности выражается в виде суммы:

$$E = E_s + \sum_i E_i,$$

где E — общий эффект учебно-познавательной деятельности; E_s — синергетический эффект; E_i — эффект учебно-познавательной деятельности при усвоении i -го элемента математического знания.

Синергетический эффект может быть выражен в следующих аспектах:

— при одном и том же отрезке времени, отводимого на изучение структурных элементов математического знания, наблюдается увеличение объема знаний и достигается возможность получения «скрытого знания», объективно существующего, но субъективно неизвестного обучаемому. Данный кумулятивный знаниевый эффект формируется за счет полноты сформированности умений оперировать понятиями при решении прикладных и профессиональных задач через установление междисциплинарных связей на более глубоких уровнях интеграции;

— при одних и тех же интеллектуальных, физиологических, информационных ресурсах интеграция научного знания обеспечивает качественное обогащение интеллектуальных операций, упорядочение содержания и структуры когнитивного опыта, эффективное развитие исследовательской деятельности, саморегуляцию личностных черт обучающегося в ходе освоения сложных знаниевых структур (Дворяткина, Смирнов, 2016).

Методологической базой разработки методики оценки синергетического эффекта интеграции знаний и деятельности также будет служить фрактальный подход. Формой выражения синергетического эффекта в условиях интеграции знания является качественное обогащение мыслительных операций через формирование иерархии знаний, упорядочение содержания и структуры когнитивного опыта, усиление коммуникации и социального взаимодействия субъектов, развитие исследовательской деятельности, эффективную саморегуляцию личностных черт обучающегося, усиление мотивации обучаемых.

Процедура и методика исследования

Процесс проектирования системы педагогического контроля и оценки знаний студентов на основе фрактальных методов с использованием нейросетевой технологии включал несколько этапов. Рассмотрим подробнее их содержание и важнейшие процедуры.

1. *Определение требуемых параметров обучения на выходе из системы и допустимых отклонений*, т.е. того, что преподаватель планирует получить от системы на выходе. В частности, показателем качества усвоения учебного материала будет

выступать коэффициент глубины усвоения понятия и его взаимосвязь с другими понятиями (D) и показатель оценки синергетического эффекта (E_s).

2. *Определение и подготовка исходных данных для реализации интеграции фрактальной и нейросетевой технологий.* Данный этап включал разработку междисциплинарной фрактально-организованной базы ключевых математических понятий и создание расширяемого банка учебно-познавательных и исследовательских задач, согласованного с фрактальной структурой понятийного аппарата.

Разработка структуры системы ключевых математических понятий осуществлялась с применением фрактальных методов. Это позволило не только установить логические связи между отдельными понятиями предметной области, но и контролировать, оптимизировать процесс интеграции знания в целом. Посредством фрактального структурирования содержания учебного математического материала осуществлялся процесс установления принудительной корреляции кластеров информационного пространства на разных уровнях взаимопроникновения фрактальных структур, позволяющий установить уровень и глубину междисциплинарных связей между изучаемыми дескрипторами.

Итак, учебно-понятийные конструкты рассматривались как развивающиеся самоподобные структуры, отражающие свойство самоподобия целого в любых его делимых частях в связи с идентичной схемой построения всех структурных элементов содержания обучения. Выбор фрактального множества был обоснован тем, что именно фрактал есть подходящий конструкт эффективного сжатия и упаковки в его структуре объема усваиваемой информации. отождествляя математические понятия с фрактальным множеством, например, с салфеткой Серпинского, можно перевести представление о степени связи понятий на язык геометрических образов, наглядно иллюстрировать взаимную связь всех понятий. Модель структурного элемента знания (математического понятия) имеет вид:

$$S = \Delta \cap (\Delta_1^1 + \Delta_1^2 + \Delta_1^3) \cap \left\{ \begin{array}{l} (\Delta_2^1 + \Delta_2^2 + \Delta_2^3) \cup \\ \cup (\Delta_2^4 + \Delta_2^5 + \Delta_2^6) \cup \\ \cup (\Delta_2^7 + \Delta_2^8 + \Delta_2^9) \end{array} \right\},$$

где Δ — базовое математическое понятие, соответствующее уровню фундаментальных знаний; $\Delta_1^1, \Delta_1^2, \Delta_1^3$ — понятия, образованные после первой итерации (уровень общепрофессиональной подготовки), и соответствующие межпредметной, гуманитарной и естественнонаучной областям знаний соответственно; $\Delta_2^1, \Delta_2^2, \Delta_2^3$ — понятия, образованные после второй итерации (уровень практической самореализации), и соответствующие межпредметной области; $\Delta_2^4, \Delta_2^5, \Delta_2^6$ — понятия, образованные после второй итерации (уровень практической самореализации), и соответствующие гуманитарной области; $\Delta_2^7, \Delta_2^8, \Delta_2^9$ — понятия, образованные после второй итерации (уровень практической самореализации), и соответствующие естественнонаучной области знаний.

При этом изложение учебного материала строилось таким образом, чтобы происходило изменение, наращивание и совершенствование имеющихся математических структур, осуществлялся переход на более высокую ступень организации, когда сформированная ранее структура становится подструктурой новой, более

широкой. Процесс формирования структуры математических понятий с учетом отведенного времени обучения рассмотрен до третьего уровня со степенью сложности структуры приближенно равной 1,6. Расширение структуры содержания обучения посредством увеличения количества итераций не целесообразно по следующим причинам: ограниченности времени, отводимого на изучение материала; избыточного усложнения основного содержания образовательной области.

На основе учебного тезауруса был сформирован расширяемый банк междисциплинарных учебно-познавательных и исследовательских задач, представленный в виде матрицы. Горизонтальные уровни устанавливают реализацию диалога математической, гуманитарной и естественнонаучной культур в процессе обучения в соответствии с первой итерацией фрактальной структуры учебного элемента (понятия): математический профиль, естественнонаучный профиль, гуманитарный профиль. По вертикали выделили уровни усвоения учебного материала согласно дальнейшему росту фрактальных множеств: уровень фундаментальных математических знаний; уровень общепрофессиональной подготовки (умение применять математические знания в профессиональных дисциплинах); уровень практической самореализации (личностное и профессиональное самосознание, самооценка и саморазвитие).

Продвижение по матрице позволило рассчитать вероятность нахождения на определенном уровне освоения содержания с учетом глубины фрактального представления учебных элементов и автоматически производить коррекцию направления предлагаемого к рассмотрению задачного материала по горизонтали и по вертикали. Выполнение большинства заданий всех уровней по вертикали и горизонтали позволяет получить максимальную степень заполнения объема и глубину детализации учебного элемента.

3. *Разработка диагностического модуля в составе блока искусственного интеллекта АОС; заполнение структурированной системой баз данных.* Данный этап предусматривал разработку программного модуля АОС, ориентированного на индивидуальное оценивание качества учебно-познавательной деятельности студентов по двум параметрам — глубина знаний (D) и оценка величины наблюдаемого синергетического эффекта (E_s). Применение теории фракталов позволило решить задачу активизации квалиметрического аппарата.

Коэффициент глубины усвоения понятия и его взаимосвязь с другими понятиями (показатель междисциплинарной связанности понятий) выражается через фрактальную размерность D потока информационного кластера. Фрактальная размерность автоматически вычисляется АОС через H -показатель Херста и связана с последним простым соотношением $D + H = 2$. Расчет H -показателя Херста позволяет прогнозировать динамику процесса усвоения учебного материала. Алгоритм расчета H -показателя Херста для одномерного временного ряда, определяющего количество междисциплинарных понятий, связанных с усвоением ключевого понятия, подробно представлен в работе (Dvoryatkina, Smirnov, Lopukhin, 2017).

В основе методики оценивания синергетического эффекта лежит геометрическое представление распределения плотности вероятности понятийного пространства. Ограниченное окружностью, описанной около равностороннего тре-

угольника, замкнутое множество на плоскости, представляет собой фигуру, позволяющую оценить знаниевый объем в окрестности центрального ядра, который включает безусловно (обязательный, предоставляемый) и условно освоенный материал (не обязательный, вариативный) (рис. 1).

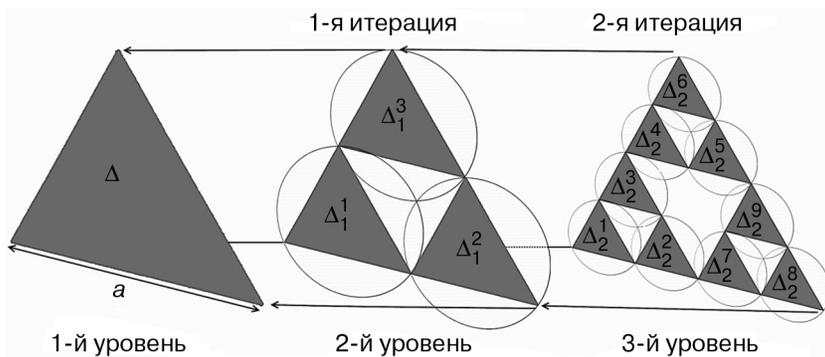


Рис. 1. Геометрическое представление синергетического эффекта на примере фрактальной понятийной модели

[Fig. 1. Geometric representation of the synergistic effect on the example of the fractal conceptual model]

Сумма разностей площадей по каждому уровню между площадью круга (минимальная область, содержащая треугольник) и площадью треугольника (структурная часть салфетки Серпинского, соответствующая одной понятийной единице) представляет оценку синергетического эффекта:

$$E_s = \sum_{j=1,3} (S_{крj^1} - S_{\Delta_j^1}) + \sum_{j=1,9} (S_{крj^2} - S_{\Delta_j^2}) + \dots + \sum_{j=1,3^n} (S_{крj^n} - S_{\Delta_j^n}).$$

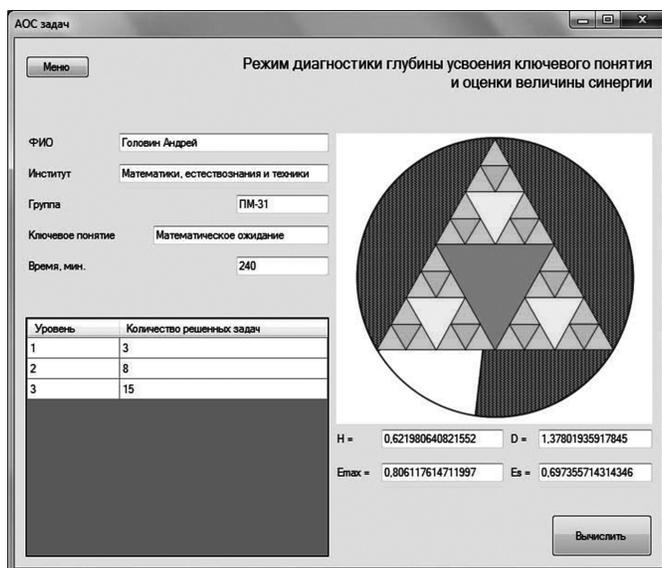


Рис. 2. Интерфейс диагностического модуля

[Fig. 2. Diagnostic Module Interface]

Площадь круга вычисляется через сторону вписанного правильного треугольника со стороной a , принятой за одну условную единицу. Например, при первой итерации сторона одного из трех треугольников равна $1/2a$, при второй — $1/4a$ и т.д.

На основе описанных ранее алгоритмов был разработан программный модуль на языке программирования C# (рис. 2).

Выбор ключевого понятия, общее время, отведенное на изучение понятия, количество усвоенных понятий за период дискретизации автоматически загружаются из блока искусственного интеллекта АОС. Блоком искусственного интеллекта прогнозируется и рассчитывается не только качество усвоения материала, но и количество итераций по фрактальному представлению математических понятий, которые использовал студент.

При визуальном представлении работы данного модуля применялся коэффициент трансформации вычисленных значений для усиления наглядности и упрощения восприятия информации неспециалистом. Для трех уровней усвоения учебного математического материала данный коэффициент приближенно равен $k \approx 0,7619$.

4. *Последним этапом был запуск системы для получения прогноза.*

Результаты исследования

Результаты, полученные после разработки и внедрения в учебный процесс высшей школы интегративной системы педагогического контроля сформированности профессиональных компетенций и оценки математических знаний студентов в составе АОС, подтверждают тезис автора о том, что достижение эффективности контроля и оценки в обучении математике и проявления при этом синергетических эффектов возможно посредством интеграции психолого-педагогических, математических и информационных технологий на основе современных достижений в науке.

Следует отметить, что разработанная интегративная автоматизированная система педагогического контроля и оценки знаний студентов на основе фрактальных методов с использованием нейросетевой технологии была внедрена в практику обучения института математики, естествознания и техники Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в период с 2015 по 2017 учебный год. В сравнительном анализе в рамках пилотного эксперимента приняли участие студенты 3-го курса очной формы обучения направления подготовки «Прикладная математика и информатика» в возрасте от 20 до 21 года. Экспериментальную выборку ($n_1 = 15$) составили студенты, проходившие обучение с внедрением в процесс обучения АОС по дисциплине «Теория вероятностей и математическая статистика». В контрольной группе ($n_2 = 10$) того же профиля эта дисциплина преподавалась с использованием традиционных методов обучения, АОС применялась только для итоговой диагностики.

В результате проведения экспериментального исследования были получены значения показателей, характеризующие качество усвоения учебного материала по теории вероятностей и математической статистике среди студентов контроль-

ной и экспериментальной групп. Диагностика качества усвоения учебно-познавательного материала определялась на основе двух параметров — коэффициента глубины усвоения понятия (D) и оценки величины синергетического эффекта (E_s). Данные интегративные показатели, количественно отражающие объем усвоенных понятий, полноту сформированности умения оперировать понятиями при решении задач, междисциплинарную связанность понятий, автоматически вычислялись системой с учетом количества правильно решенных задач по каждому уровню. Для усвоения одного ключевого понятия первого базового уровня студентам предлагалось решить три задачи, случайно отобранные системой из расширяемого банка междисциплинарных учебно-познавательных задач. Однако для перехода на следующий уровень достаточно две верно решенные задачи. Соответственно для усвоения этого же понятия на втором уровне система предлагает решить девять задач, но для дальнейшего продвижения по матрице задач достаточно решить только шесть и т.д. Далее количество верно решенных задач суммируется по всем ключевым понятиям дисциплины, и автоматически определяются искомые показатели.

Для установления эффективности разработанной технологии применим многофункциональный φ^* -критерий Фишера. Данный критерий позволяет оценить статистическую достоверность различий между процентными долями двух выборок, в которых зарегистрирован интересующий эффект. Согласно первому этапу проектирования системы педагогического контроля, установлено значение признака, — критерия для разделения испытуемых на группы, у которых «есть эффект», и — «нет эффекта». Фрактальную размерность $D = 1,4$ ($D_{\max} = 1,5236$) и оценку синергии $E_s = 0,6$ ($E_{s \max} = 0,8$) можно рассматривать как критические значения и считать, что если у испытуемых они больше критических, то «эффект есть», а если меньше, то «эффекта нет». Исходные данные были получены из интерфейса режима «Диагностика глубины усвоения ключевого понятия и оценка величины синергии» АОС, на основании обработки которых была получена полная картина экспериментальных данных (таблица).

Таблица

Распределение студентов на группы, с «проявлением» и «не проявлением» исследуемого эффекта, %
[Distribution of students into groups with “manifestation” and “no manifestation” of the effect]

| Группы | «Есть эффект»: $D \geq 1,4$ | «Нет эффекта»: $D < 1,4$ | «Есть эффект»: $E_s \geq 0,6$ | «Нет эффекта»: $E_s < 0,6$ |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Контрольная группа | 30 | 70 | 40 | 60 |
| Экспериментальная группа | 66,6 | 33,3 | 73 | 27 |

Статистическая проверка позволила отклонить нулевую гипотезу, состоящую в том, что доля лиц, у которых проявляется исследуемый эффект в экспериментальной группе не больше, чем в контрольной группе ($\varphi_{\text{эмп.}}^* = 1,83 > \varphi_{\text{кр.}}^*(0,05) = 1,64$ по показателю D и $\varphi_{\text{эмп.}}^* = 1,66 > \varphi_{\text{кр.}}^*(0,05) = 1,64$ по показателю E_s). Следует отметить, что практическая реализация системы педагогического контроля на основе интеграции фрактальных и нейросетевых технологий доказывает эффективность системы квалиметрии образовательного процесса.

Заключение

Дидактическая ценность разработанной системы педагогического контроля и оценки знаний студентов на основе ИКТ состоит в том, что интеграция фрактальных и нейросетевых технологий дает возможность существенно увеличить точность и скорость оценивания уровня обученности студентов с возможностью выявления синергетического эффекта и, как следствие, повысить эффективность обучения математике. Фрактальные методы способствуют более прочному усвоению и закреплению междисциплинарного знания, активизации различных способов восприятия информации, более глубокому и полифункциональному освоению дисциплины, обогащению учебной и профессиональной мотивации, исключая возможность механического заучивания понятийного материала, односторонность развития будущих специалистов. Нейросетевые технологии решают проблему реализации лично—ориентированного обучения с позиций оптимальной индивидуализации математического образования и самореализации личности. Существенным в разработке интегративной системы педагогического контроля и оценки знаний студентов является то, что оценка качества обучения студентов осуществляется на основе двух параметров — глубины усвоения понятия, его взаимосвязи с другими понятиями и оценки синергетического эффекта сложного математического знания и интеграции видов деятельности обучаемых.

Полученные результаты открывают возможность для дальнейшего исследования процессов педагогического контроля и оценки знаний с учетом современных достижений в науке, совершенствования и интеллектуализации систем педагогического контроля и оценки знаний, эффективной реализации предлагаемых в настоящем исследовании моделей и технологий в целях повышения необходимого уровня объективности оценивания обучаемых.

Благодарности и финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-18-10304).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аванесов В.С.* Применение педагогических измерений и новых образовательных технологий для модернизации образования // Педагогические измерения. 2015. № 1. С. 3—28.
- Болотов В.А., Вальдман И.А., Ковалева В.С., Пинская М.А.* Российская система оценки качества образования: главные уроки // Качество образования в Евразии. 2013. № 1. С. 85—122.
- Грушевский С.П., Добровольская Н.Ю., Кольцов Ю.В.* Организация учебного процесса на основе нейросетевой компьютерной обучающей системы // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2008. № 7. С. 142—148.
- Дворяткина С.Н., Смирнов Е.И.* Оценка синергетических эффектов интеграции знаний и деятельности на основе компьютерного моделирования // Современные информационные технологии и ИТ-образование. М.: МГУ, 2016. С. 35—42.
- Кибзун А.И., Иноземцев А.О.* Оценивание уровней сложности тестов на основе метода максимального правдоподобия // Автоматика и механика. 2014. № 4. С. 20—37. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4: 10.1134/S000511791404002X

- Козлов О.А., Михайлов Ю.Ф., Вершинина С.В. Управление формированием индивидуальной образовательной траектории с использованием информационных технологий // Ученые записки ИУО РАО. 2017. № 1—2 (61). С. 62—64.
- Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.
- Латышев В.Л. Критерии оценки качества образовательного компонента интеллектуальных обучающих систем // Информатизация образования и науки. 2009. № 3. С. 89—96.
- Монахов В.М. ИТ-образование и некоторые вопросы эволюции отечественной методической системы обучения математике, обеспечивающие технологизацию учебного процесса // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2014. № 10. С. 100—106.
- Рудинский И.Д., Давыдова Н.А. Перспективные направления в автоматизации подготовки тестовых заданий для контроля знаний // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. 2014. № 1(27). С. 43—47.
- Роберт И.В. Перспективные фундаментальные исследования в области информатизации образования // Ученые записки ИУО РАО. 2016. № 59. С. 78—85.
- Шадриков В.Д., Кузнецова И.В. Методика оценки уровня квалификации педагогических кадров // Методическая работа в школе. 2011. № 1. С. 3—33.
- Углев В.А. О специфике индивидуализации обучения в автоматизированных обучающих системах // Философия образования. 2010. № 2. С. 68—74.
- Усова А.В. Проверка и пути повышения качества знаний: учеб.-методич. пособие. Челябинск: Чел. гос. пед. ун., 2007. 43 с.
- Dvoryatkina S., Smirnov E., Lopukhin A. New opportunities of computer assessment of knowledge based on fractal modeling // Proceedings of the 3rd international conference on higher education advances, HEAD'17. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia, 2017. P. 854—864. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4: 10.4995/HEAD17.2017.6713
- McCalloch W.S., Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // Bull. Math. Biophys. 1943. V. 5. P. 115—133.
- Hebb D.O. The Organization of Behavior. New York: Wiley & Sons, 1949. 378 p.
- Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // Proceedings of National Academy of Sciences. 1982. Vol. 79. № 8. P. 2554—2558.
- Rosenblatt F. Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. Washington, DC: Spartan Books, 1962. 506 p.

© Дворяткина С.Н., 2017

История статьи:

Поступила в редакцию: 20 июля 2017

Принята к печати: 14 сентября 2017

Для цитирования:

Дворяткина С.Н. Интеграция фрактальных и нейросетевых технологий в педагогическом контроле и оценке знаний обучаемых // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*. 2017. Т. 14. № 4. С. 451—465. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4-451-465

Сведения об авторе:

Дворяткина Светлана Николаевна — доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры математики и методики ее преподавания Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина (Елец, Россия). E-mail: sobdvor@yelets.lipetsk.ru

INTEGRATION OF FRACTAL AND NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN PEDAGOGICAL MONITORING AND ASSESSMENT OF KNOWLEDGE OF TRAINEES

Svetlana N. Dvoryatkina

Bunin Yelets State University
Kommunarov str., 28, Yelets, Russia, 399770

Abstract. The possibility of statement and solution of the problem of searching of theoretical justification and development of efficient didactic mechanisms of the organization of process of pedagogical monitoring and assessment of level of knowledge of trainees can be based on convergence of the leading psychological and pedagogical, mathematical, and informational technologies with accounting of the modern achievements in science. In the article, the pedagogical expediency of realization of opportunities of means of informational technologies in monitoring and assessment of the composite mathematical knowledge, in the management of cognitive activity of students is proved. The ability to integrate fractal methods and neural network technologies in perfecting of a system of pedagogical monitoring of mathematical knowledge of trainees as a part of the automated training systems (ATS) is investigated and realized in practice. It is proved that fractal methods increase the accuracy and depth of estimation of the level of proficiency of students and also complexes of intellectual operations of the integrative qualities allowing to master and apply cross-disciplinary knowledge and abilities in professional activity. Neural network technologies solve a problem of realization of the personal focused tutoring from positions of optimum individualization of mathematical education and self-realization of the person. The technology of projection of integrative system of pedagogical monitoring of knowledge of students includes the following stages: establishment of the required tutoring parameters; definition and preparation of input data for realization of integration of fractal and neural network technologies; development of the diagnostic module as a part of the block of an artificial intelligence of ATS, filling of the databases structured by system; start of system for obtaining the forecast. In development of the integrative automated system of pedagogical monitoring of knowledge the fact that individual evaluation test of tutoring of students is carried out on the basis of two parameters depths of assimilation of a concept, its interrelation with other concepts and assessment of size of the synergetic effect of integration of knowledge and activity of trainees is new. Experience of introduction and operation of the automated system of pedagogical monitoring and assessment of the level of knowledge on the basis of integration of fractal model operation and neural network technologies allowed to increase the level of objectivity of estimation of trainees, quality of management of the educational process, its effectiveness in general.

Key words: integration, synergetic effect, pedagogical monitoring, individualization, neural network technologies, fractal methods

Acknowledgements

Work was carried out with the support of RNF, the project No16-18-10304.

REFERENCES

- Avanesov, V.S. (2015). Application of Educational Technologies and Pedagogical Measurements to Modernization of Education. *Pedagogicheskie izmereniya*, (1), 3—28. (In Russ.).
- Bolotov, V., Valdman, I., Kovaleva, G., & Pinskaya, M. (2013). Russian Quality Assessment System in Education: Key Lessons. *Education Quality in Eurasia*, (1), 85—122.
- Dvoryatkina, S.N., & Smirnov, E.I. (2016). Assessment of the Synergetic Effects of Integration of Knowledge and Activity on the Basis of Computer Model Operation. *The Modern Informational Technologies and IT Education* (pp. 35—42). Moscow: MSU Publ. (In Russ.).
- Dvoryatkina, S., Smirnov, E., & Lopukhin, A. (2017). New Opportunities of Computer Assessment of Knowledge Based on Fractal Modeling. *Proceedings of the 3rd international conference on higher education advances, HEAd 17* (pp. 854—864). Valensia: Universitat Politecnica de Valencia. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4: 10.4995/HEAD17.2017.6713.
- Grushevsky, S.P., Dobrovolskaya, N.Yu., & Koltsov Yu.V. (2008). Organizatsiya uchebnogo protsessa na osnove neyrosetvoy komp'yuternoy obuchayushchey sistemy. *The Bulletin of Adyge State University: Internet Scientific Journal*, (7), 142—148. (In Russ.).
- Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley & Sons.
- Hopfield, J.J. (1982). Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 79(8), 2554—2558.
- Kibzun, A.I., & Inozemtsev, A.O. (2014). Using the Maximum Likelihood Method to Estimate Test Complexity Levels. *Automation and Remote Control*, (4), 20—37. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4: 10.1134/S000511791404002X. (In Russ.).
- Kozlov, O.A., Mikhailov, Yu.F., & Verzhinina S.V. (2017). Management of Formation of Individual Educational Trajectories with Use of Information Technologies. *Scientific notes of the IME RAE*, (1—2), 62—64. (In Russ.).
- Kruglov, V.V., & Borisov, V.V. (2002). *Iskusstvennye neyronnye seti. Teoriya i praktika*. Moscow. 382 p. (In Russ.).
- Latyshev, V.L. (2009). Criteria of Estimation of Quality of Educational Component of Intellectual Teaching Systems. *Informatization of Education and Science*, (3), 89—96. (In Russ.).
- Monakhov, V.M. (2014). IT-obrazovanie i nekotorye voprosy evolyutsii otechestvennoy metodicheskoy sistemy obucheniya matematike, obespechivayushchie tekhnologizatsiyu uchebnogo protsessa. *Modern Information Technologies and IT-education*, (10), 100—106. (In Russ.).
- McCulloch, W.S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bull. Math. Biophys.* V. 5, 115—133.
- Robert, I.V. (2016). Perspective Fundamental Researches in the Field of Informatization of Education. *Scientific Notes of the IME RAE*, (59), 78—85. (In Russ.).
- Rosenblatt, F. (1962). *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Washington, DC: Spartan Books.
- Rudinskiy, I.D., & Davydova N.A. (2014). Perspectives for Automation of Knowledge Control Tests Item Preparation. *The Tidings of the Baltic State Fishing Fleet Academy: Psychological and pedagogical sciences*, (1), 43—47. (In Russ.).
- Shadrikov, V.D., & Kuznetsova, M.D. (2011). Metodika otsenki urovnya kvalifikatsii pedagogicheskikh kadrov. *Metodicheskaya rabota v shkole*, (1), 3—33. (In Russ.).
- Uglev, V.A. (2010). On the Specificity of Individualization of Training in Automated Training Systems. *Philosophy of Education*, (2), 68—74. (In Russ.).
- Usova, A.V. (2007) *Proverka i puti povysheniya kachestva znaniy*. Chelyabinsk. (In Russ.).

© Dvoryatkina, S.N., 2017

Article history:

Received 20 July 2017

Revised 24 August 2017

Accepted 14 September 2017

For citation:

Dvoryatkina, S.N. (2017). Integration of Fractal and Neural Network Technologies in Pedagogical Monitoring and Assessment of Knowledge of Trainees. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 14 (4), 451—465. doi: 10.22363/2313-1683-2017-14-4-451-465

Bio Note:

Svetlana N. Dvoryatkina — Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of Mathematics and Teaching Methods, Bunin Yelets State University (Yelets, Russia). E-mail: sobdvor@yelets.lipetsk.ru