

Когнитивные средства в обучающе-тестирующих системах, основанных на смешанных диагностических тестах¹

Аннотация. Дается краткий обзор электронных систем обучения и способов оценки их качества. Для повышения качества обучения и точности его оценки применяются различные средства визуализации, включая когнитивные. Предложен подход к созданию гибридной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы, основанный на смешанных диагностических тестах и когнитивных средствах. Разработаны средства для обучения: 2- и 3-симплекс, секторная диаграмма с отображением дополнительных зависимостей DiADep, круговая диаграмма «Мишень». Применение указанных средств позволяет повысить точность оценки результатов обучения, выявить новые закономерности в процессе обучения, наблюдать за динамикой усвоения учебного материала, моделировать влияние различных факторов на эффективность обучения, проводить оценку результатов обучения студентов. Обсуждаются перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: электронные обучающие системы, обучающе-тестирующие системы, смешанные диагностические тесты, когнитивные средства, оценка качества обучения.

Введение

Стремительное распространение компьютерных технологий практически во все сферы жизни привело к появлению новых тенденций, в том числе в сфере образования [1-5]. Активно создаются и развиваются площадки дистанционного обучения (Coursera, edX, Intuit), интеллектуальные обучающие системы (ИОС), интерактивные обучающие курсы [6, 7]. К 2020 г. число пользователей сетевых образовательных проектов достигнет более 1 млрд. Разработчики таких проектов внедряют онлайн-курсы, процесс обучения становится более индивидуализированным, его содержание подстраивается под особенности конкретного пользователя (студента, респондента). Онлайн-курсы включают не только просмотр видео-лекций, в них активно используются игровые технологии,

социальные технологии общения с экспертами, организована обратная связь «студент-преподаватель».

Актуальность получения оценки качества обучения в настоящее время не вызывает сомнений. Механизм такой оценки связан с восприятием результатов всеми участниками образовательного процесса (студенты, родители, преподаватели, работодатели). Для оценки уровня усвоения содержания образовательной программы, а, следовательно, и индивидуальной образовательной траектории, необходимо правильно провести оценку достижений конкретного студента. Для этого могут быть применены различные методы, например, устные и письменные экзамены, опрос, тестирование, рейтинг. При этом в дистанционной системе обучения количественные методы измерений, позволяющие принимать решения и при необ-

¹Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты №13-07-00373-а и №13-07-98037-р_сибирь_a) и частично РФФИ (проект № 14-07-00673-а) и РГНФ (проект №13-06-00709).

ходимости корректирующие воздействия, становятся первоочередными. Таким образом, дистанционное обучение невозможно эффективно организовать без использования интеллектуальных обучающе-тестирующих систем (ИОТС), позволяющее как донести до студента учебный материал (обучение), так и оценить уровень усвоения студентом данного материала (тестирование).

Для отображения результатов обучения могут быть использованы различные средства визуализации, включая когнитивные средства, предложенные в публикациях А.А. Зенкина [8] и Д.А. Поспелова [9, 10]. Применение средств когнитивной графики (КГ) для визуализации данных и знаний, генерации новых вариантов решений существенно упрощает анализ информационных структур и закономерностей в данных и знаниях. Способствует ускорению процесса принятия и обоснования решений при повышении их качества для различных проблемных и междисциплинарных областей: образование, психология, социология, экономика, радиоэлектроника, строительство, проектирование, генетика, медицина, экобиомедицина, экология, геология, экогеология и др. [6, 11-14].

Применение когнитивных средств в сфере образования позволяет представить результат обучения в виде, дающем возможность повысить точность оценки результатов обучения, выявить новые закономерности в процессе обучения, проследить динамику усвоения материала, промоделировать влияние различных факторов (методы обучения, формы обучения, педагогические и мотивационные технологии) на эффективность обучения, провести оценку достижений конкретного студента.

В ИОТС для исследователей и преподавателей важно понимать какое воздействие на академическую успеваемость респондента могут оказать когнитивные инструменты визуализации. Визуальное представление персональных результатов в сопоставлении с результатами учебного сообщества расширяет взаимодействие среди студентов, поощряет конкуренцию и положительно влияет на доверие (микроклимат) внутри группы [15]. Для визуализации результатов усвоения содержания образовательной программы используются различные графические инструменты CourseVis [16], Parallel Introspective Views [17], Progressor [17], 2-simplex [18], 3-simplex unfolding [14], 3-simplex [19], eMUSE [20], Target [21].

Впервые в мировой практике предлагается подход к созданию гибридной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы (ГИОТС), основанной на смешанных диагностических тестах (СДТ), представляющих собой оптимальное сочетание безусловных и условных составляющих [22]. Преимущества использования СДТ заключаются в применении последовательности предъявляемых к решению задач, от которой также существенно зависит объем усвоенного материала (дидактических единиц) и в том, что принятие решений осуществляется одновременно с построением смешанного диагностического теста [22].

При создании интеллектуальной системы с когнитивными графическими средствами для анализа закономерностей в данных и знаниях целесообразно предусмотреть процедуру оптимизации составления тестовых заданий и последовательности их предъявления, а также инструментарий, реализующий эту процедуру. Оптимизацию предлагается проводить в плане сокращения временных затрат на прохождение сеанса тестирования. Это возможно при адаптации тестовых заданий по трудности к уровню подготовки тестируемой группы.

1. Краткий обзор исследований

Основной целью применения средств визуализации является представление в графической форме промежуточных и окончательных результатов решения задач. При этом данные средства реализуют две связанные функции: иллюстративную и когнитивную. Иллюстративная функция обеспечивает визуальную адекватность графического образа оригиналу и задействует аналитические механизмы мышления. Когнитивная функция позволяет отобразить внутреннее содержание оригинала, сделать наглядной и понятной суть сложного вопроса, а также подсказать новое соображение, идею, гипотезу и решение. При этом когнитивная функция целенаправленно активизирует интуитивные и образные механизмы мышления [8].

В публикациях [17, 23] отмечается эффективность использования геометрических образов для визуализации исходных данных, что активно используется в различных областях. В статье [24] выделены основные цели визуализации (поиск отношений, тенденций) и ано-

мальных явлений (проверка гипотез, а также презентация информации).

Средства визуализации полезны как для преподавателей, так и для студентов. Следует отметить, что большинство исследований в этом направлении посвящено развитию инструментов визуализации для преподавателей и администрации вузов и только незначительная часть направлена на развитие инструментов визуализации для студентов [25, 26]. С другой стороны ИОС [6, 27] включают компоненты, которые предоставляют студентам знания (информацию) на основе мониторинга поведения студентов в рамках системы. В традиционных моделях обучения студенты лишены возможности использования этих знаний. Результаты исследований, приведенных в публикациях [25, 26], показали преимущества модели обучения, в которой визуально отображается личный статус обучения студента и статусы обучения других студентов, что особенно актуально для дистанционных технологий обучения. В такой модели студент может сравнивать свои результаты с результатами группы в среднем, а также с лучшими результатами сообщества, членом которого он является.

В статье [28] отмечено, что использование социальных технологий обучения позволяет поддерживать метакогнитивные действия студентов, такие как рефлексия, планирование и самооценка, а также повысить уровень информированности студентов и их мотивацию к обучению. Для достижения необходимого уровня подготовки студент может повторить сеанс тестирования, при этом ему будут предложены тестовые задания, отличные от ранее выполненных. Инструменты для представления результатов тестирования, обучения и мониторинга варьируются от простых, например, ленты новостей в социальных сетях (friends' walls on Facebook) и списки лидеров (charts) [20] до сложных (концептуальные когнитивные карты, сети Байеса [29] и Parallel Introspective Views [17]). Их использование позволило увеличить заинтересованность респондентов в самообучении: время, затраченное на тесты для самооценки, в среднем увеличилось на 20%.

Из вышеприведенного очевидно целесообразность использования и дальнейшего развития КГ для оценки качества обучения.

2. Когнитивные средства

В сфере образования, предлагаемые когнитивные средства применяются для различных целей: изучение усвоения образовательной программы и влияния различных факторов на процесс обучения, управление процессом обучения. Исходными данными для этих средств являются полученные с применением обучающе-тестирующих систем (www.fepo.ru) результаты тестирования, которые используются для промежуточной и итоговой оценки качества обучения [5].

Для визуализации этих данных предлагается следующий способ проведения оценки обучения. Весь курс разбивается на дидактические единицы (ДЕ), каждой из которых сопоставлено заранее заданное количество баллов. После прохождения теста, соответствующего анализируемому ДЕ (нескольким ДЕ), респондент получает то или иное количество баллов, отражающее уровень его знаний. Результат обучения оценивается по всем пройденным ДЕ в виде суммы баллов. Как правило, прохождение ДЕ обычно привязано ко времени и выполняется всеми респондентами одновременно. В связи с этим результат обучения целесообразно оценивать не в интервале от 0 до m , где m – максимально возможная сумма баллов за весь курс обучения, а в интервале от 0 до n ($n \leq m$), где n – максимально возможная сумма баллов по доступным ДЕ, что соответствует только пройденной части курса. При этом отметим, что процесс обучения можно организовать более рационально и не привязанным ко времени, применив парадигму СДТ [22, 30]. При таком подходе тест для каждой ДЕ будет состоять из двух частей: набора вопросов из безусловной составляющей СДТ, определяющей степень усвоения материала по текущей ДЕ, и набора вопросов из условной составляющей СДТ, когда каждый последующий вопрос зависит от результата ответа на предыдущий вопрос. Заметим, что для одной ДЕ может быть построено большое количество СДТ. При применении такого подхода, последовательность задаваемых вопросов может выявить у респондентов знание не только текущей ДЕ, но связанных с ней ДЕ, что позволит талантливым респондентам ускорить процесс обучения.

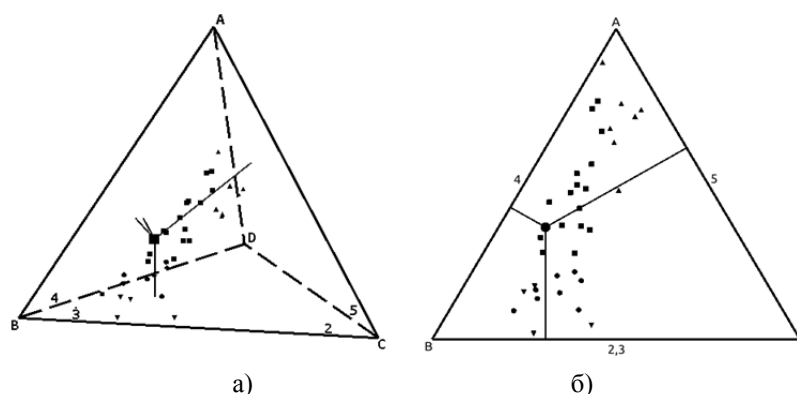


Рис. 1. Отношение исследуемого объекта к образам

а) 3-симплекс, б) 2-симплекс

Далее приводятся средства КГ из семейства n -симплексов [18, 19] и секторные круговые диаграммы [31]. Эти КГ и СДТ являются основой создаваемой ГИОТС, позволяющей сократить затраты и время на обучение при повышении его качества.

2.1. Семейство n -симплексов

В основе применения n -симплексов для принятия и обоснования решений, преобразования пространства признаков в пространство образов, лежит следующая теорема [32].

Теорема. Для любого набора одновременно не равных нулю чисел $a_1, a_2, \dots, a_{n+1}$, где n – размерность правильного симплекса, можно найти одну и только одну такую точку, что $h_1:h_2:\dots:h_{n+1} = a_1:a_2:\dots:a_{n+1}$, где h_i – расстояние этой точки до i -ой грани, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Семейство n -симплексов включает в себя множество различных средств, построенных на основе данной теоремы. Для отображения результатов обучения наиболее целесообразно применение двух из них: 2-симплекса [18] и 3-симплекса [19].

Средство КГ 3-симплекс представляет собой правильный тетраэдр ABCD (Рис. 1, а), на котором отображены исследуемые объекты относительно образов (классов). Под объектом будем понимать результат прохождения теста того или иного респондента. Количество объектов, которое может быть отображено с применением 3-симплекса, неограниченно. Каждой грани тетраэдра ABCD сопоставлен один образ. Количество образов равно четырем, что хорошо подходит при использовании четырехбалльной системы оценивания: 2 – «неудовлетворительно» (грань

BCD), 3 – «удовлетворительно» (грань ABC), 4 – «хорошо» (грань ABD) и 5 – «отлично» (грань ACD).

Средство КГ 2-симплекс (Рис. 1, б) представляет собой правильный треугольник ABC. Предложенное средство позволяет отображать отношение изучаемых объектов только для трех образов.

Для отображения объектов предложено использовать маркеры различной формы (треугольник, круг, квадрат и т.д.) и цвета (красный, оранжевый, желтый, зеленый). Координаты маркера, соответствующего результату тестирования респондента, вычисляются путем преобразования пространства признаков, соответствующего объекту, в пространство образов [32]. Положение маркера уникально путем сохранения: а) суммы расстояний от центра маркера до грани и б) отношений между этими расстояниями. Маркеры, лежащие на гранях, строго соответствуют оценкам респондентов: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Если маркер не лежит на грани, то оценка результата тестирования настолько же близка к оценке сопоставленной ей грани (пропорциональна расстоянию до этой грани). Под исследуемым объектом будем понимать результат тестирования респондента. Исследуемый объект отличается от других объектов увеличенным размером маркера и наличием отрезков от него до граней n -симплекса. Для отображения n -симплекса реализовано два режима отображения: цветной (ЦРО) и черно-белый, представленные в Табл. 1. Координаты маркеров инвариантны относительно режимов отображения. Отметим, что в качестве до-

Табл. 1. Правила отображения объектов с применением 3-симплекса

Оценка (образ)	Грань	Цветной режим отображения	Черно-белый режим отображения
«неудовлетворительно»	BCD	маркер красного цвета	Треугольный маркер ▼
«удовлетворительно»	ABC	маркер оранжевого цвета	Круглый маркер ●
«хорошо»	ABD	маркер желтого цвета	Квадратный маркер ■
«отлично»	ACD	маркер зеленого цвета	Треугольный маркер ▲

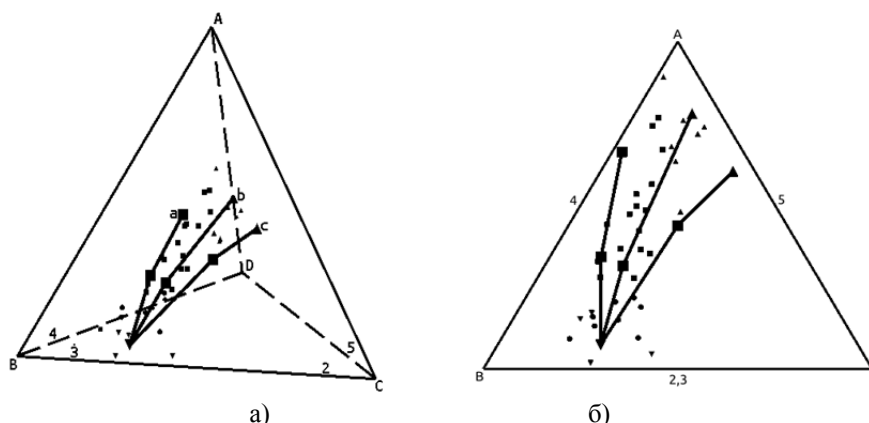


Рис. 2. Сравнение динамик для разных исследуемых процессов

а) 3-симплекс, б) 2-симплекс

полнительной опции для n -симплекса реализована функция, позволяющая визуально выделить конкретный объект из выборки. В этом случае размер маркера увеличен по сравнению с другими. В ЦРО для отображения расстояния от исследуемого объекта до соответствующей грани n -симплекса используется аналогичная цветовая палитра (красный, оранжевый, желтый и зеленый). Точки над номерами образов 2, 4 для 3-симплекса (Рис. 1, а) означают, что указанные грани 3-симплекса являются видимыми.

Предлагаемые n -симплексы целесообразно использовать для отображения и изучения динамики накопления знаний в процессе обучения. Пример визуализации подобной динамики изображен на Рис. 2. Допустим, что в начальный период обучения у респондентов выявлен (например, по результатам входного тестирования или баллам единого государственного экзамена) одинаковый уровень подготовки. Эта ситуация отображена треугольным маркером, лежащим на грани BCD. На Рис. 2 представлены три ломаные линии, обозначенные a, b, c , отображающие динамику накопления знаний для трех студентов с различной степенью обучаемости, где под степенью обучаемости понимается скорость обучения

и глубина усвоения материала. Расстояние между маркерами соответствует изменению уровня полученных знаний, выявляемому при промежуточном контроле с использованием обучающе-тестирующих систем.

Возможности n -симплекса позволяют провести классификацию объектов и объединить их в подгруппы. На Рис. 3 показаны две подгруппы: в первую включены объекты, которые показали более высокий результат, по сравнению с объектами второй подгруппы. Первая подгруппа включает четыре объекта (обозначены квадратными маркерами), соответствующие маркеры соединены толстой ломаной линией. Тонкими линиями обозначена граница для объектов, включенных в данную подгруппу. Вторая подгруппа включает четыре объекта (обозначены треугольными маркерами), маркеры соединены толстой линией, тонкие линии обозначают границу для данной подгруппы.

В ЦРО выделенные подгруппы дополнительно выделяются определенным цветом.

Преимуществами применения n -симплекса в обучающе-тестирующих системах являются:

- наглядность отображения и сравнения динамики результатов обучения;

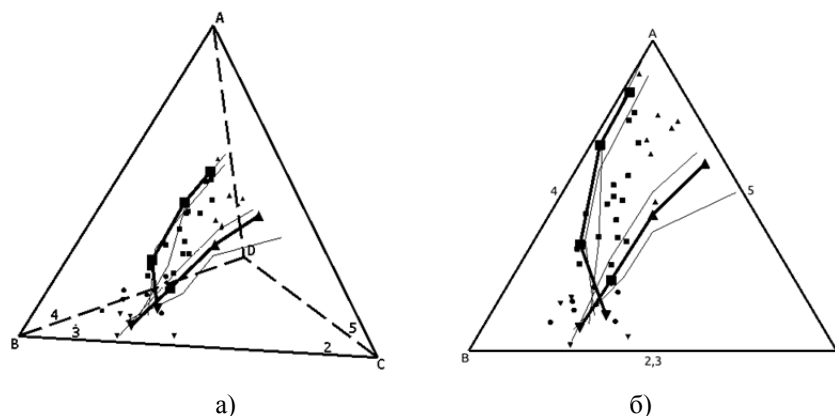


Рис. 3. Классификация объектов

а) 3-симплекс, б) 2-симплекс

- выявление и отображение текущего уровня знаний;
- возможность классификации объектов по уровню знаний, что позволяет индивидуализировать учебный процесс (например, предъявлять объектам тестовые задания различной сложности).

2.2. Секторная диаграмма с отображением дополнительных зависимостей DiADep

Для расширения возможности выявления различного рода закономерностей, включая отслеживание динамики уровня обучения, предлагается средство КГ «Секторная круговая диаграмма с отображением дополнительных зависимостей» (DiADep). Принцип построения данной диаграммы заключается в следующем. Круг разбивается на одинаковые сектора, центральный угол каждого сектора $\theta = 360^\circ/n$, где n – количество объектов (на Рис. 4, $n=8$). Факт прохождения промежуточного сеанса тестирования отмечается на диаграмме с использованием дуги окружности и двух отрезков, проведенных от центра диаграммы к концам этой дуги.

Предложенное средство КГ может быть отображено в различных режимах.

1. «Значение-Радиус». Основное значение параметра (количество баллов) сопоставлено радиусу сектора, отсекаемого дугой, соответствующей промежуточному сеансу тестирования (Рис. 4,а). Параметр (дата прохождения теста) сопоставлен цвету сектора.

2. «Значение-Цвет». Основное значение параметра (количество баллов) сопоставлено цве-

ту сектора, отсекаемого дугой, соответствующей промежуточному сеансу тестирования (Рис. 4,б). Параметр (дата прохождения теста) сопоставлен цвету сектора.

В зависимости от настроек, преобразование основного значения в цвет осуществляется: а) на основе плавного изменения насыщенности выбранного цвета, или б) сопоставления различных диапазонов для основного значения конкретным цветам и типам штриховки.

На легенде отображается информация: о возможных баллах, полученных за тест (сектор окружности на Рис. 4, а, тип штриховки на Рис. 4, б) и дате прохождения теста (тип штриховки на Рис. 4, а, сектор окружности на Рис. 4, б). На диаграммах отображены результаты трех сеансов тестирования. Для каждого объекта представлено 1-3 сектора, что соответствует количеству пройденных респондентом тестов. Например, 14 декабря 2013 г. студенты Смирнов В.В. и Попов С.А. приняли участие в тестировании впервые, в то время как для остальных студентов это было третье прохождение теста.

Для режима «Значение-Радиус» (Рис. 4, а) предусмотрено отображение пороговых значений основного значения (количество баллов) с использованием дуг, показанных пунктиром. Радиусы этих дуг сопоставлены баллам, которые необходимо набрать для достижения соответствующей оценки: «удовлетворительно» (свыше 60 баллов), «хорошо» (свыше 75 баллов) или «отлично» (свыше 90 баллов). Толстой пунктирной дугой обозначен максимальный результат (например, 100 баллов). Дополнительные значения отображаются с помощью

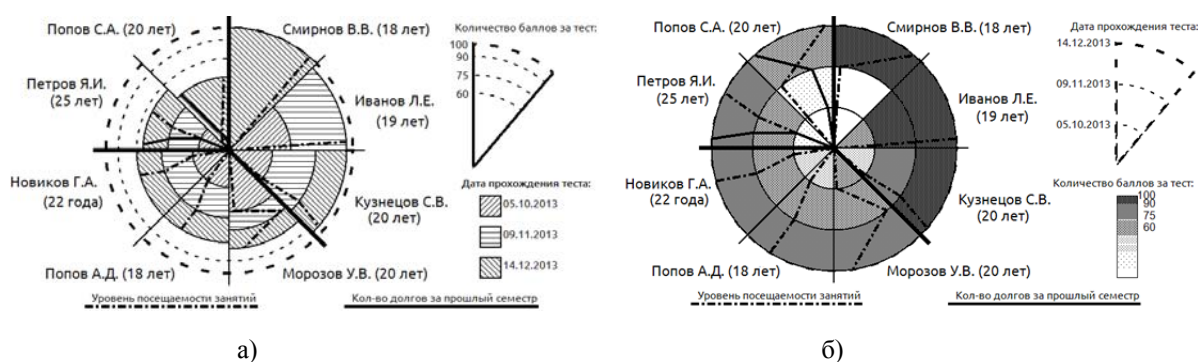


Рис. 4. Когнитивное средство DiADep для представления результатов прохождения тестов с основным параметром

а) радиус сектора, б) цвет сектора

штрихпунктирных ломаных линий. Первый отрезок ломаной линии проводится от центра диаграммы до точки пересечения с первой дугой. Последующие отрезки ломаной линии откладываются от полученной точки пересечения до пересечения со следующей дугой. Величина угла (в градусах) возрастает (убывает) с увеличением (уменьшением) выбранного дополнительного значения. Угол откладывается в отрицательном направлении (по часовой стрелке). На Рис. 4 в качестве дополнительного параметра используется «посещаемость занятий». В этом случае меньшему количеству пропусков соответствует меньший угол. Например, студент Морозов У.В. перед прохождением тестирования 05.10.2013 практически не пропускал занятия (угол близок к 45°), а в период с 05.10.2013 до 09.11.2013 количество пропусков существенно увеличилось (угол близок к 0°). Жирные линии, проведенные от центра к границе диаграммы, используются для классификации объектов на группы по указанному признаку. Например, студенты Морозов У.В., Попов А.Д. и Новиков Г.А. объединены в группу с оценкой «удовлетворительно».

Второй режим «Значение-Цвет» (Рис. 4, б) предназначен для случая, когда основной параметр обладает незначительной вариацией значений. При использовании этого режима все сектора имеют одинаковую (большую) площадь, что позволяет решить указанную проблему.

Преимуществами применения средства КГ DiADep в ИОТС являются:

1. Наглядность представления результатов прохождения теста с возможностью определения уровня усвоения учебного материала.

2. Проведение классификации объектов по выбранному признаку (например, количество попыток, время выполнения тестовых заданий).

3. Отображение дополнительных зависимостей для каждого сеанса тестирования.

2.3. Круговая диаграмма «Мишень»

Когнитивный инструмент «Мишень» (Рис. 5) позволяет визуализировать результаты тестирования с различных позиций. С одной стороны инструмент «Мишень» визуализирует процесс достижения компетентностно-ориентированных результатов обучения, а с другой – сопоставляет персональную траекторию с достижениями учебной группы или Интернет-сообщества. Инструмент «Мишень» поддерживает два режима отображения: просмотра (Рис. 5, а) и траектории (Рис. 5, б).

Пусть t_i – плановое время на выполнения i -го задания теста, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, где n – количество заданий в одном сеансе тестирования (длина теста). При этом общее время, отведенное на сеанс тестирования, равно $T_{\max} = t_1 + t_2 + \dots + t_n$. Пусть $P_{\max}$ – максимальное количество баллов, которое может быть набрано в одном сеансе тестирования. Как правило, $90 \leq T_{\max} \leq 120$ минут, $P_{\max} \leq 100$ баллов. Время, которое может потребоваться на выполнение каждого задания, оценивает эксперт. Так как тестовые задания имеют различную трудность, то в общем случае $t_i \neq t_j, \forall i \neq j, i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Для дальнейшего изложения достаточно использовать два показателя: количество набранных баллов P и время T , затраченное на выполнение задания. Эти показатели доступны после завершения сеанса тестирования. Результаты,

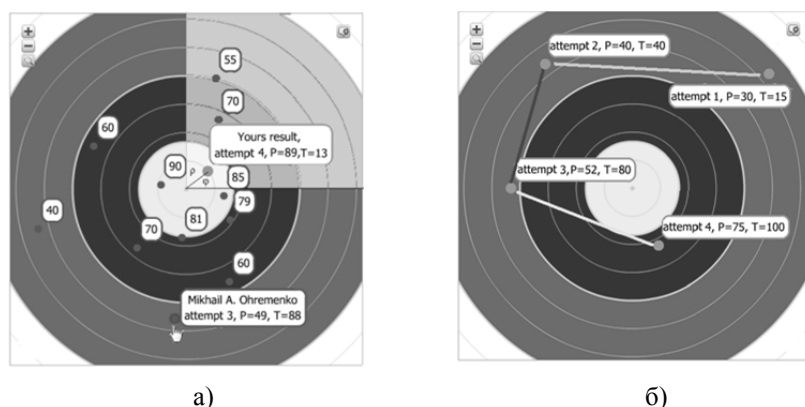


Рис. 5. Когнитивное средство Мишень

а) режим просмотра, б) режим траектории

полученные в разных сеансах тестирования, не суммируются. При необходимости $P_{\max}$ можно перевести в относительные единицы и результат измерять в процентах.

Предлагается использовать метафору «Мишени» для отображения полученных результатов на круговой диаграмме в виде маркеров (Рис. 5). Круговая диаграмма состоит из концентрических окружностей. Ее центр имеет в полярной системе координаты $(0, 0)$, радиус самой большой окружности равен $P_{\max}$. Координаты каждого маркера (ρ, φ) зависят от количества набранных баллов (полярный радиус $\rho > 0$) и времени выполнения задания (полярный угол $0 < \varphi < 2\pi$). Полярный радиус ρ и полярный угол φ обозначены на Рис. 5, а. Радиальная координата маркера ρ соответствует расстоянию от начала координат до маркера, а полярный угол φ равен углу, на который нужно повернуть в положительном направлении (против часовой стрелки) полярную ось для того, чтобы попасть в этот маркер:

$$\rho = P - P_{\max}, \varphi = 360 \cdot T / T_{\max},$$

где P – количество баллов, набранных в данном сеансе тестирования; T – время в минутах, потраченное на сеанс тестирования.

Таким образом, чем лучше результат тестирования по количеству набранных баллов, тем маркер ближе к центру диаграммы. С ростом времени T полярный угол φ также увеличивается.

По умолчанию все маркеры имеют одинаковый (в цветном режиме отображения – красный) цвет. Рядом с маркером на диаграмме отображается число, соответствующее количеству набранных баллов. Результаты текущего пользователя отображаются с использованием маркера увеличенного размера. Этот маркер также дополнен

всплывающим окном с указанием номера попытки (attempt), количества набранных баллов (P) и затраченного времени в минутах (T). На Рис. 5, а приведены результаты текущего пользователя: attempt 4, $P=89$, $T=13$. Для сравнения полученного результата с достижениями учебного сообщества необходимо навести указатель мыши на любой другой маркер, при этом во всплывающем окне будет отображена необходимая информация. Например, на Рис. 5, а указатель мыши наведен на маркер с координатами $(49, 265)$. Во всплывающем окне указаны имя и фамилия студента, результаты тестирования: студент Mikhail A. Ohremenko в попытке под номером 3 набрал $P=49$ баллов, время выполнения теста $T=88$ минут.

Цвет окружностей, представленных в диаграмме, соответствует определенному диапазону набранных баллов. Если количество баллов находится в диапазоне от 80 до 100, то окружность окрашена в белый цвет, если количество баллов от 55 до 79 – в черный, при 54 и менее баллов – в серый. Дополнительно на диаграмме могут быть отображены четыре сектора (квадранта), угловая величина дуги каждого сектора равна 90° . В первом квадранте ($0 \leq \varphi < \pi/2$) отображаются результаты (в баллах), которые были получены менее чем за 25% времени, отведенного на сеанс тестирования (например, менее 30 минут), во втором квадранте ($\pi/2 \leq \varphi < \pi$) отображаются результаты, полученные в интервале от 26 до 50% от общего времени сеанса тестирования (от 31 до 60 минут) и так далее. Количество секторов, отображаемых на диаграмме, это параметр. Значение параметра можно варьировать в зависимости от задачи,

стоящей перед исследователем (например, необходимо выявить аномальную группу субъектов (студентов), получивших высокие оценки за короткое время).

В режиме траектории (Рис. 5, б) на диаграмме «Мишень» отображается последовательность полученных результатов для одного студента в разных сеансах тестирования. На Рис. 5, б ломаной линией соединены четыре маркера. В окнах отображены результаты, полученные в четырех попытках. Данная ломаная линия отражает динамику реализации индивидуальной образовательной траектории конкретного студента.

Студенты и преподаватели получают обратную связь с применением метафоры светофора (traffic light metaphor). В ЦРО отрезки ломаной линии окрашены различными цветами. Верхний отрезок (в ЦРО – зеленый цвет), соединяющий маркеры attempt 1 и attempt 2, показывает, что оценка академических достижений конкретного студента проведена согласно индивидуальной образовательной траектории (например, на девятой неделе учебного семестра). Нижний отрезок (в ЦРО – желтый цвет), соединяющий маркеры attempt 3 и attempt 4, показывает, что оценка достижений проведена с отклонением от траектории (например, на одну неделю раньше или позднее); отрезок, соединяющий маркеры attempt 2 и attempt 3 (в ЦРО – красный цвет), показывает, что оценка достижений проведена с существенным отклонением от траектории (например, на первой неделе учебного семестра).

Таким образом, с применением вышеописанного режима средства КГ «Мишень» пользователь (студент, преподаватель) может визуализировать оценку достижений конкретного студента, проанализировать процесс достижения компетентностно-ориентированных результатов обучения студентов, при необходимости скорректировать индивидуальную траекторию процесса обучения и формирования компетенций.

Отметим преимущества средства КГ «Мишень» для визуализации результатов тестирования с применением обучающе-тестирующих систем:

1. Студенты могут взаимодействовать как с содержанием диаграммы «Мишень», так с другими участниками образовательного процесса. Интерактивность доступна в различных режимах отображения результатов: режим просмотра и режим траектории. По умолчанию отобража-

ется режим просмотра. По запросу пользователя на диаграмме могут быть скрыты или отображены результаты тестирования остальных участников. Например, на экран можно вывести как информацию о результатах, так и контактные данные другого пользователя.

2. На диаграмме «Мишень» в режиме траектории отображается последовательность результатов сеансов тестирования (Рис. 5, б). Благодаря этому пользователь может проанализировать процесс накопления знаний и планировать будущую персональную траекторию процесса обучения и формирования компетенций.

3. Студент может сравнивать персональные результаты с результатами других участников. Это свойство инструмента «Мишень» является отправной точкой для взаимодействия внутри Интернет-сообщества.

4. Студенты могут сравнивать результаты друг с другом, что является мотивацией к обучению с высокой производительностью.

Предложенное средство КГ «Мишень» используется в цветном режиме отображения в веб-приложении «Оценка результатов и компетенций» (exam.tpu.ru).

Заключение

Описано применение различных средств когнитивной графики в целях повышения качества обучения и точности его оценки. Впервые в мировой практике предложен оригинальный основанный на смешанных диагностических тестах и средствах когнитивной графики подход к созданию гибридной интеллектуальной обучающе-тестирующей системы, позволяющий сократить затраты и время на обучение при повышении его качества.

Предложенные когнитивные средства 2- и 3-симплекс, круговая диаграмма с отображением дополнительных зависимостей DiADep, круговая диаграмма «Мишень» позволяют преподавателю повысить точность оценки результатов обучения, выявить новые закономерности в процессе обучения, наблюдать за динамикой усвоения учебного материала, промоделировать влияние различных факторов на эффективность обучения, провести оценку результатов обучения, как студента, так и группы. Предложенные КГ позволяют студентам проанализировать процесс накопления знаний и спланировать свою будущую персональную программу процесса обуче-

ния, сравнить свои результаты с другими, тем самым повысив мотивацию к обучению, улучшить информированность студентов о процессе обучения в группе. Разработанные нами инструменты предлагается использовать для отображения результатов обучения, контроля и тестирования знаний. Дальнейшие исследования направлены на анализ накопленной информации об использовании вышеупомянутых инструментов и расширение их функциональных возможностей.

Литература

1. Brusilovsky P., Knapp J., Gamper J. Supporting Teachers as Content Authors in Intelligent Educational Systems. *International Journal of Knowledge and Learning* 2 (3/4), (2006), pp. 191-215.
2. Uskov V., Uskov A. Computers and Advanced Technology in Education – Perspectives for 2010-2015. *Proc. of the 13th IASTED International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2010)*, August 23-25, 2010, Maui, Hawaii, USA.
3. Graham C. Blended Learning Systems: Definition, Current Trends, Future Directions. In C. J. Bonk, & C. Graham (Eds.), *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing, (2006), pp. 3-21.
4. Ausburn L.J. Course Design Elements Most Valued by Adult Learners in Blended Online Education Environments: An American perspective. *Educational Media Int.*, 41(4), (2004), 327-337.
5. Yankovskaya A.E., Semenov M.E. Application Mixed Diagnostic Tests in Blended Education and Training. *Proceedings of the IASTED International Conference Web-based Education (WBE 2013) February 13 - 15, 2013 Innsbruck, Austria.* – 2013. pp. 935-939.
6. Смирнова Н.В., Шварц А.Ю. Мотивационно-волевой компонент модели обучаемого в следящих интеллектуальных системах. Часть 1. // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 1. – С. 65-80.
7. Салуев Т.Г., Оселедец И.В., Фадеев Р.Ю. Web-платформа для создания интерактивных обучающих курсов по вычислительным методам // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 1. – С. 46-51.
8. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. М.: Наука. 1991.
9. Поспелов Д.А. Когнитивная графика – окно в новый мир // Программные продукты и системы. 1992, №2. – С. 4-6.
10. Поспелов Д.А., Литвинцева Л.В. Как совместить левое и правое? // Новости искусственного интеллекта. 1996. №2. С.66-71.
11. Янковская А.Е. Принятие и обоснование решений с использованием методов когнитивной графики на основе знаний экспертов различной квалификации // Известия РАН. Теория и система управления, № 5, 1997, 125-126.
12. Yankovskaya A., Galkin D. Cognitive Computer Based on n-m Multiterminal Networks for Pattern Recognition in Applied Intelligent Systems. *Proceedings of Conference GraphiCon2009.* – Moscow: Maks Press, 2009. – pp. 299-300.
13. Yankovskaya A. E., Galkin D. V., Chernogoryuk G. E. Computer Visualization and Cognitive Graphics Tools for Applied Intelligent Systems. *Proceedings of the IASTED International Conferences on Automation, Control and Information Technology*, v.1. – 2010. – pp. 249-253.
14. Yankovskaya A., Krivdyuk N. Cognitive Graphics Tool Based on 3-Simplex for Decision-Making and Substantiation of Decisions in Intelligent System. *Proceedings of the IASTED International Conference Technology for Education and Learning.* – 2013. – pp. 463-469.
15. Vassileva J., Sun L. Evolving a Social Visualization Design Aimed at Increasing Participation in a Class-Based Online Community. *Int. J. of Cooperative Inf. Sys.* – 2008. – 17(4). – p. 443-466.
16. Mazza R. CourseVis: Externalising Student Information to Facilitate Instructors in Distance Learning. *Proc. of the Int. conf. in Artificial Intelligence (AIED-2003).* – Australia, 2003. – P. 279-286.
17. Hsiao I.-H. Open Social Student Modeling: Visualizing Student Models with Parallel Introspective Views. *Proc. of the 19-th Int. Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization (UMAP-2011).* – Girona, Spain, 2011. – Vol. 6787. – P. 171-182.
18. Кондратенко С.В., Янковская А.Е. Система визуализации TRIANG для обоснования принятия решений с использованием когнитивной графики. Тезисы докладов III конференции по Искусственному интеллекту. Тверь, 1992. С. 152-155.
19. Yankovskaya A.E., Yamshanov A.V., Krivdyuk N. M. Application of Cognitive Graphics Tools in Intelligent Systems. *Int. J. of Eng. and Innovative Tech.* – 2014. – Vol. 3(7). – P. 58-65.
20. Popescu E., Cioiu D. Instructor Support for Monitoring and Visualizing Students' Activity in a Social Learning Environment Computers and Information Technology Department. *Proc. of the 12-th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT).* – Rome, Italy, 2012. – P. 371-373.
21. Semenov M., Semenov D. Targets Visualisation Tool to Explore Testing Results. *Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2014): Proceedings of the 12th International Conference (28-30 May 2014, Minsk, Belarus).* – Minsk: UIIP NASB, 2014. – p. 244-248.
22. Янковская А.Е. Смешанные диагностические тесты – новая парадигма создания интеллектуальных обучающих и контролирующих систем. Новое качество образования в новых условиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Томск: ТОИПКРО, 2011. – Т.1. – С.195-203.
23. Альмухаметов В.Ф. Интеллектуальный анализ многофакторных зависимостей на основе геометрических образов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 2. – С.63-67.
24. Spence R. *Information Visualisation*. Addison-Wesley, 2001.
25. Zhang H., Almeroth K. Tracking Student Activity in Online Course Management System. *Journal of Interactive Learning Research.* – 2010. – Vol. 21(3). – P. 407-429.
26. Long Y., Aleven V. Students' Understanding of Their Student Model. *International Journal of Artificial Intelligence in Education.* – 2011. – Vol. 67(38). – P. 179-186.
27. Woolf B. *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. USA: Morgan Kaufmann Publishers/Elsevier, 2009. – 467 p.

28. Bull S., Kay J. Student Models that Invite the Learner. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2007. – Vol. 17(2). – P. 89–120.
29. Zapata-Rivera J.D., Greer J.E. Visualizing and inspecting Bayesian belief models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. – 2004. – Vol. 14. – P. 1–37.
30. Yankovskaya A.E. Design of Optimal Mixed Diagnostic Test With Reference to the Problems of Evolutionary Computation. *Proceedings of the First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications (EVCA'96)*. – Moscow, 1996. – pp. 292-297.
31. Янковская А.Е., Ямшанов А.В. Интеллектуальные обучающе-тестирующие системы с применением когнитивных технологий. XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-214. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. - 9616 с., С. 4183-4191.
32. Янковская А.Е. Преобразование пространства признаков в пространство образов на базе логико-комбинаторных методов и свойств некоторых геометрических фигур. Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии. Тез. докладов I Всесоюзной конференции. Часть II. – Минск, 1991. – С. 178-181.

Янковская Анна Ефимовна. Заведующая лабораторией интеллектуальных систем, профессор Томского государственного архитектурно-строительного университета, профессор Томского национально исследовательского государственного университета, профессор Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, профессор Сибирского государственного медицинского университета. Окончила Томский государственный университет в 1961 году. Доктор технических наук. Автор более 500 печатных работ и шести монографий. Область научных интересов: искусственный интеллект, распознавание образов, теория автоматов, дискретная математика, когнитивные средства, интеллектуальные системы, обучающе-тестирующие системы, мягкие вычисления. E-mail: ayuyankov@gmail.com

Семенов Михаил Евгеньевич. Доцент Томского политехнического университета. Окончил Томский государственный университет в 2000 году. Кандидат физико-математических наук. Автор 32 печатных работ. Область научных интересов: искусственный интеллект, распознавание образов, математическое моделирование, информационные технологии. E-mail: sme@tpu.ru

Ямшанов Артем Вячеславович. Аспирант Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники в 2012 году. Автор 12 печатных работ. Область научных интересов: когнитивные средства, визуальный анализ данных и знаний, параллельные алгоритмы, разработка надежного ПО, машинное обучение, информационные технологии. E-mail: yav@keva.tusur.ru

Семенов Дмитрий Евгеньевич. Ведущий программист Томского политехнического университета. Окончил Томский политехнический университет в 2007 году. Автор 10 печатных работ. Область научных интересов: автоматизированные системы тестирования знаний, математическое моделирование, информационные технологии. E-mail: dimomans@tpu.ru