

Ю. Б. ПОПОВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА CATS ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Белорусский национальный технический университет

В данной работе рассматривается новая автоматизированная система обучения, получившая название CATS. Предлагаемая система покрывает все основные составляющие компоненты учебного процесса, включая простое и удобное формирование учебного материала, заданий к лабораторным работам, тестам для проверки знаний, позволяет наблюдать за успеваемостью обучающихся, процессом изучения учебного контента, проверять выполненные работы на плагиат, отправлять неверно выполненные задания на исправление, вести электронный журнал и многое другое. Автоматизированная система CATS внедрена в учебный процесс в Белорусском национальном техническом университете и активно используется, особенно в условиях пандемии COVID-19. Только за весенний период 2020-го года в систему CATS зарегистрировалось более тысячи пользователей. Интеллектуальная составляющая в системе CATS позволяет реализовать уникальную программу обучения, которая отталкивается от имеющихся знаний и уровня восприятия учебного материала обучающимися. В качестве математических методов предлагается использовать анализ экспертных систем, а также искусственные нейронные сети. Данные математические методы позволили разработать алгоритмы адаптивности, их программную реализацию и апробацию в учебном процессе. Пользователям предоставлены веб-приложение и его мобильные клиенты для операционных систем iOS и Android. Мобильные приложения локализованы на русском, белорусском, английском и немецком языках. Формализовав интеллектуальные процессы, которые осуществляют как преподаватель, так и обучающийся, можно автоматизировать определенную часть их функций, сократить затраты на ручной труд, что позволит легче контролировать учебный процесс, а само обучение сделать более эффективным.

Ключевые слова: дистанционное обучение, автоматизированная система обучения, интеллектуальная обучающая система, обучающая система CATS, адаптивная обучающая система.

Введение

Актуальность и важность дистанционного обучения сложно переоценить в настоящее время. Стремительное и долгое распространение COVID-19 заставило все учебные заведения мира от начальных школ до топ-5 университетов перейти на использование автоматизированных систем дистанционного обучения (СДО), что несомненно стало испытанием прочности этих систем. Сразу выяснились недостатки удобства использования, ограниченности функциональности, низкой производительности и т.д. В [1–3] рассмотрено более 30 известных систем дистанционного обучения (в англоязычной литературе используется термин LMS – Learning Management System), определены их преимущества и недостатки, возможности использования. Анализ этих систем позволил сформулировать 5 проблем их применения в учебном процессе:

1) Учебный процесс состоит не только из лекций и практических занятий, но также из курсового и дипломного проектирования. Эти

виды учебной нагрузки следует также автоматизировать, особенно в условиях дистанционного обучения.

2) Процесс дистанционного обучения и успеваемость студентов должны быть прозрачными и открытыми для контроля со стороны администрации университета и родителей обучающихся.

3) Увеличение количества пользователей мобильных устройств создает предпосылки для разработки мобильных приложений СДО для различных операционных систем.

4) Среди обучающихся имеются люди с ограниченными возможностями, поэтому учебный контент должен предлагать воспроизведение звука и увеличение шрифта текстовой информации.

5) Дистанционное обучение должно предоставлять не только образовательный контент и тесты по нему, но и обеспечивать процесс быстрого получения знаний за короткое время. Это можно достичь только путем построения индивидуальной траектории обучения

с использованием интеллектуальных и адаптивных систем обучения [4].

Для решения указанных выше проблем предлагается использовать систему дистанционного обучения CATS (англ., Care About The Students), разработанную под руководством автора на факультете информационных технологий и робототехники Белорусского национального технического университета и размещенную в сети Интернет по адресу <https://educats.bntu.by>.

Описание автоматизированной системы CATS

На сегодняшний день в системе зарегистрировано более 2000 пользователей (из них 103 преподавателя) факультета информационных технологий и робототехники, энергетического факультета, автотракторного факультета, машиностроительного факультета, международного института дистанционного образования. Для проведения очных или дистанционных занятий преподаватель создает предмет, выбирает необходимые модули для предмета и заполняет каждый модуль требуемой информацией (рис. 1). Модуль «Новости» позволяет доносить требуемую информацию для студентов всех групп, которые прикреплены к данному предмету, что значительно сокращает время распространения информации. Модуль «Лекции» позволяет сформировать

расписание проведения лекционных занятий, отмечать посещаемость занятий, прикреплять к лекциям требуемую информацию в виде слайдов, текстовых, анимационных, аудио- или видеофайлов.

Модуль «Лабораторные работы» формирует расписание проведения лабораторных занятий с возможностью разбивки на подгруппы. При создании лабораторной работы необходимо указать отведенное на нее количество часов для построения графика защиты. Принимая во внимание текущую дату и указанное количество часов на лабораторную работу, система автоматически построит график защиты и будет рекомендовать преподавателю выставлять ту или иную оценку в день защиты работы. Такой подход мотивирует студентов вовремя защищать лабораторные работы и формировать высокую рейтинговую оценку по предмету. Также в модуле «Лабораторные работы» предусмотрена возможность ведения электронного журнала с проставлением пропусков занятий и выставлением оценок за лабораторные работы. Кроме этого, в модуле существует закладка «Защита работ», куда студенты присылают лабораторные работы на защиту. Преподаватель имеет возможность посмотреть работу, принять ее либо отправить на доработку с комментариями. Все даты и время присланных и отправленных работ фиксируются (рис. 2), что позволяет отследить версию процесса

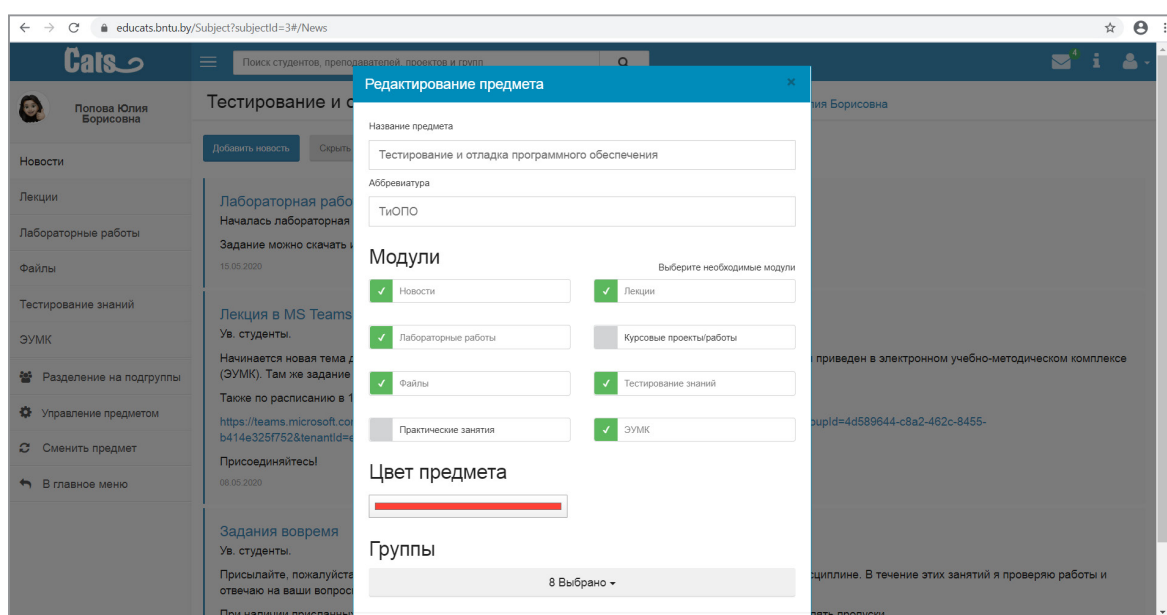


Рис. 1. Выбор модулей обучающей системы CATS

проверок присланных работ. Следует добавить, что все присланные лабораторные работы можно проверить на плагиат, т.е. сравнить с работами других студентов. Для этого необходимо нажать на иконку в виде глаза, расположенную возле выбора группы и выделенную зеленой подсказкой на рис. 2. Результатом проверки будут кластеры работ с заданным в начале проверки процентом схожести. Проверка на плагиат возможна по векторному методу либо по методу шинглов [5]. В проверке будут участвовать работы студентов текущих групп, а также работы из архива, т.е. тех студентов, которые изучали данную учебную дисциплину ранее.

Для проверки знаний студентов в системе существует модуль «Тестирование знаний», который реализует тесты для контроля знаний, самоконтроля, предтест перед изучением учебной дисциплины и др. Более подробно этот и другие модули системы, а также их программная реализация описаны в [6].

Дополнительно к стандартному набору модулей, типичных для большинства СДО, в предлагаемой системе CATS существуют уникальные модули для управления процессами курсового и дипломного проектирования. На рис. 3 приведена копия экрана назначения/подтверждения тем курсовых проектов в роли преподавателя. Также в этом модуле

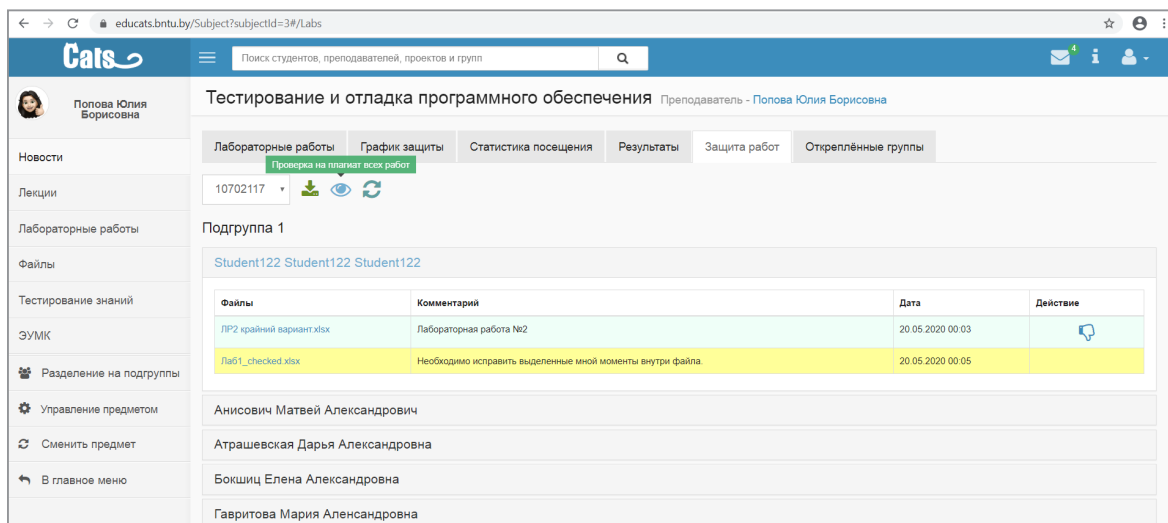


Рис. 2. Реализация процесса защиты лабораторных работ обучающей системы CATS

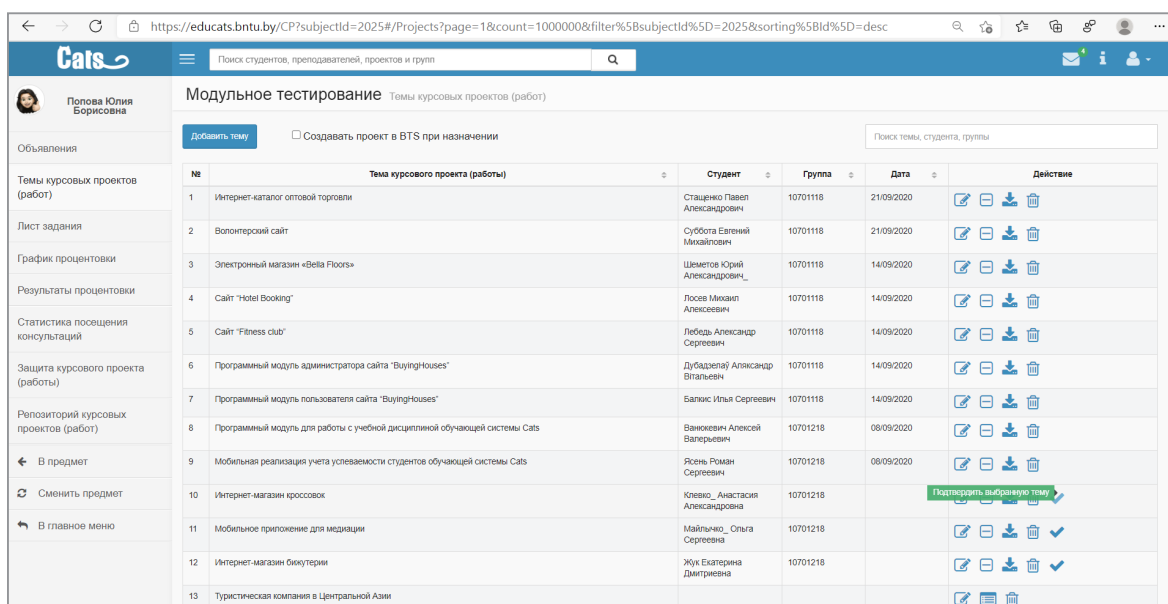


Рис. 3. Страница курсовых проектов по дисциплине «Модульное тестирование» в системе CATS

существует возможность автоматической генерации листов заданий к проектам с последующим экспортом в редактор MS Word, формирование графиков консультаций и процентов выполнения, просмотр проектов, проверка их на плагиат, прием или отправка на доработку и др. В роли студента доступны возможности выбора тем проектов, отправка проектов на проверку преподавателю, отслеживание процесса процентовки проектов. Аналогичный перечень функциональности реализован для дипломного проектирования. Таким образом, автоматизированы процессы управления курсовым и дипломным проектированием, и решена проблема № 1, указанная выше.

Решение проблемы № 2 в обучающей системе CATS реализовано посредством введения функциональной роли наблюдателя. В этой роли родителям студентов, сотрудникам деканата и кафедры можно просматривать интересующую их информацию об эффективности учебного процесса: количество пропущенных занятий студентами, количество защищенных работ, оценки за тесты, рейтинги студентов и т.д. Для просмотра информации не нужно авторизоваться в системе, а только ввести номер интересующей группы (рис. 4).

Для решения проблемы № 3 были выбраны среда разработки Microsoft Visual Studio Community (Mac), язык программирования C# и фреймворк Xamarin, позволяющий

проводить разработку мобильных приложений сразу под две операционные системы iOS и Android [7]. Обе версии мобильного приложения доступны для бесплатного скачивания на площадках Google Play и App Store, ссылки на них также указаны на стартовой странице обучающей системы. Мобильные приложения реализуют практически всю основную функциональность системы CATS, включая работу с электронными учебно-методическими комплексами (ЭУМК), прохождение тестов, скачивание требуемой информации, просмотр расписания, новостей и результатов обучения. Также в мобильных приложениях реализовано решение проблемы № 4 посредством озвучивания учебной информации и заданий к тестам, а также через выбор крупного размера шрифта в настройках. Пользовательский интерфейс мобильных приложений локализован для русского, белорусского, английского и немецкого языков (рис. 5).

Следует отметить, что решение первых четырех проблем связано исключительно с практической реализацией и может быть достигнуто для всех систем дистанционного обучения. А вот решение последней проблемы требует научного подхода и перехода от СДО к адаптивным обучающим системам (АОС). Теоретические основы интеллектуализации LMS были заложены достаточно давно в [8–11], однако и сейчас их практическая реализация

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://educats.bntu.by/Parental/Index/10701218#/Statistics>. The page title is "Статистика" (Statistics). A dropdown menu shows "Модульное тестирование" (Module testing). Below the table, the group is identified as "Группа: 10701218 Предмет: Модульное тестирование (МТ)".

№	ФИО	Пропуски, ч.			Средний балл (кол-во)		
		Лекции	Лабораторные	Всего	Лабораторные	Тесты	Рейтинг
1	Бондаренко Евгений Александрович	0	0	0	7 (6)	8,7	7,9
2	Ванюкевич Алексей Валерьевич	0	8	8	7,83 (6)	7	7,4
3	Василенко Игорь Дмитриевич_	0	0	0	5,33 (6)	9	7,2
4	Воробей Роман Андреевич_	0	2	2	5,67 (6)	9	7,3
5	Ерофеев Владислав Алексеевич	0	0	0	4,17 (6)	8,2	6,2
6	Жук Екатерина Дмитриевна	0	2	2	7,17 (6)	8	7,6
7	Казимирский Нинита Владимирович_	0	8	8	4 (6)	6,6	5,3
8	Караник Сергей Леонидович_	0	6	6	4,83 (6)	7,8	6,3
9	Кармалыков Артём Валерьевич	0	2	2	4,67 (6)	8,6	6,6
10	Клево Анастасия Александровна	0	12	12	4,5 (6)	8	6,3
11	Луцкиев Иван Михайлович_	0	0	0	6,83 (6)	9,2	8,0
12	Майльчик Ольга Сергеевна	0	2	2	7,33 (6)	8,8	8,1
13	Мартьяненко Владислав Вячеславович	0	4	4	8,17 (6)	9,2	8,7
14	Прокопович Софья Альбертовна	0	4	4	4,83 (6)	7,5	6,2

Рис. 4. Страница родительского контроля в системе CATS

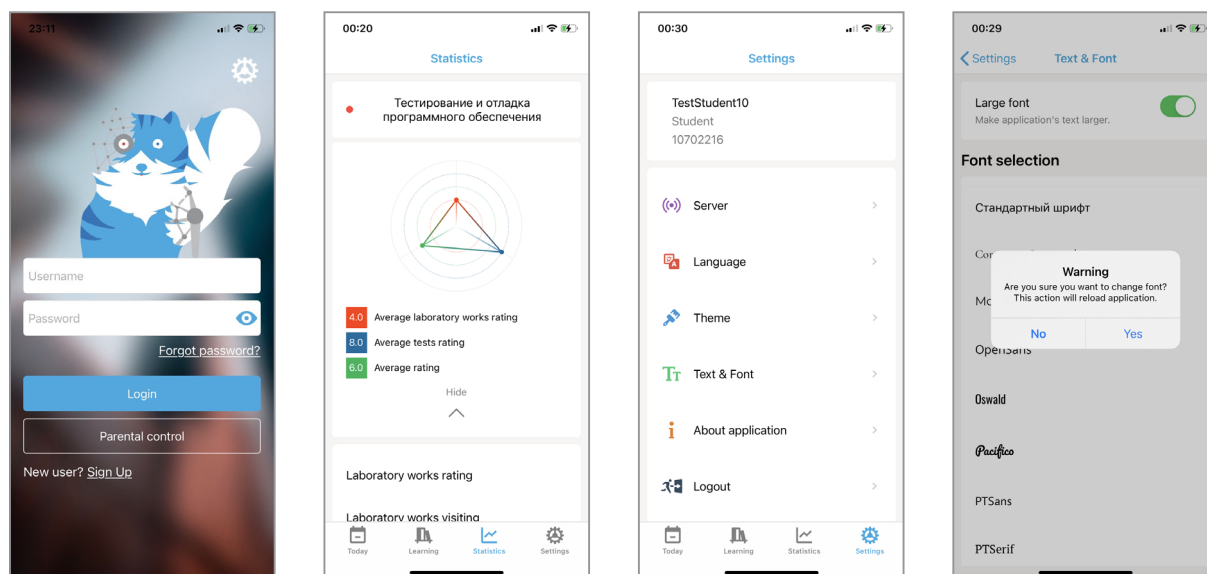


Рис. 5. Страницы мобильного приложения обучающей системы CATS

находится на начальном этапе своего развития. Это свидетельствует о недостаточной проработке вопроса адаптивности дистанционных систем обучения и еще раз доказывает актуальность темы исследования.

Предлагаемые алгоритмы адаптивности

Для реализации идеи интеллектуальной составляющей автоматизированной системы CATS было апробировано 2 алгоритма. Следует отметить, что в работе этих алгоритмов используются модули для тестирования знаний и электронный учебно-методический комплекс [6].

Алгоритм № 1 основан на теории экспертных систем и реализует построение хода обучения наряду с интеллектуальным анализом результатов опроса обучаемого. В начале работы с ЭУМК студенту предлагается пройти предтест, вопросы которого связаны с изучаемыми темами этого учебно-методического комплекса. После окончания теста система анализирует вопросы, отвеченные студентом неверно, и предлагает ему один из материалов для изучения, по которому имеются пробелы в знаниях. Затем предлагается пройти тест по этой теме. При успешном прохождении теста система предлагает следующий неизученный материал и тест по нему. Так происходит до тех пор, пока студент не изучит все требующиеся темы и не ответит правильно на все вопросы тестов. Данный алгоритм интуитивно понятен, прост в реализации, но достаточно

эффективен в процессе адаптивного обучения (рис. 6). Его применение позволяет студентам получать быстрые знания в обучающей системе CATS.

Алгоритм № 2 состоит в применении искусственной нейронной сети (ИНС) к конкретному учебному материалу, чтобы по окончании изучения курса или его отдельной темы обучающийся мог без участия преподавателя определить не только свой уровень знаний, проходя тесты, но и получить определенные рекомендации, какой материал необходимо изучить дополнительно вследствие конкретных пробелов в изучаемых вопросах. Для решения описанной задачи была выбрана автоматически генерируемая искусственная нейронная сеть. Количество входов зависит от количества вопросов, на которые должен ответить обучающийся. Количество выходов зависит от количества тем, к которым относятся вопросы выбранного для прохождения теста. Внутренний (скрытый) слой искусственной нейронной сети определяется количеством входных нейронов, разделенным на 2. Количество скрытых слоев зависит от количества входов. Чем больше скрытых слоев в ИНС, тем лучше может быть обучена искусственная нейронная сеть, тем распределение данных будет равномернее. Таким образом, все вопросы теста являются обучающей выборкой, генерация которой происходит после нажатия преподавателем на соответствующую кнопку. Обучающая выборка отправляется на обработку в блок создания

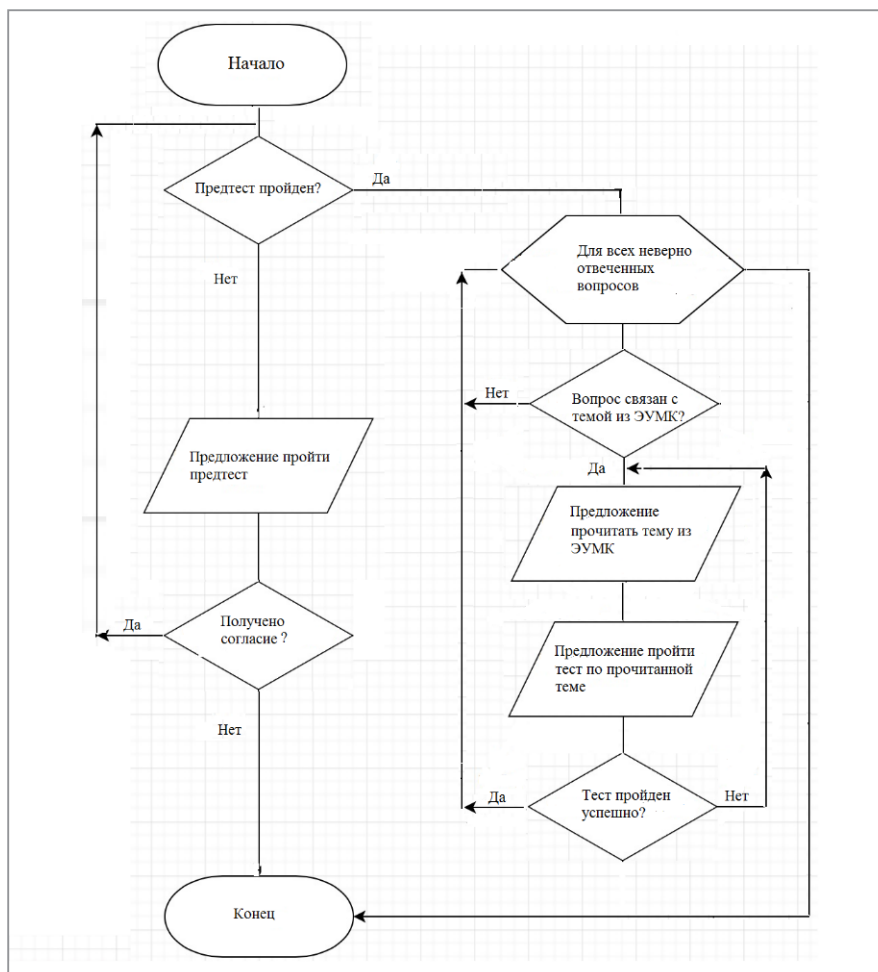


Рис. 6. Схема алгоритма № 1 для адаптивного обучения

и обучения искусственной нейронной сети определенного размера в зависимости от исходных данных. Графическое отображение искусственной нейронной сети для 10 вопросов по 3 темам изучаемого курса приведено на рис. 7.

Обучение искусственной нейронной сети проходит методом обратного распространения ошибки. На первоначальном этапе идет настройка системы, определение количества итераций обучения и значений ошибки. Поэтому обучение, как правило, проводится несколько раз с корректировкой этих параметров.

На следующем этапе происходит проход сети с использованием входных данных для обучения. Результатом прохода являются выходные данные, на основе которых будет происходить дальнейшая корректировка весов. Затем начинается проход ИНС в обратном направлении и расчет ошибки, на основе которой происходит корректировка весов. Алгоритм

работает до тех пор, пока не будет достигнут приемлемый уровень ошибки, либо не закончены все итерации.

Разработанная искусственная нейронная сеть может быть применена для изучения любой учебной дисциплины с различным количеством тем и вопросов, что отличает предлагаемую систему от всех известных СДО.

Описанные выше алгоритмы реализованы и апробированы в обучающей системе CATS для учебных дисциплин «Тестирование и отладка программного обеспечения», «Надежность программного обеспечения», «Модульное тестирование» при подготовке инженеров-программистов на факультете информационных технологий и робототехники в Белорусском национальном техническом университете. Применение описанного в данной работе подхода позволяет значительно сократить время изучения учебных дисциплин и решить проблему № 5.

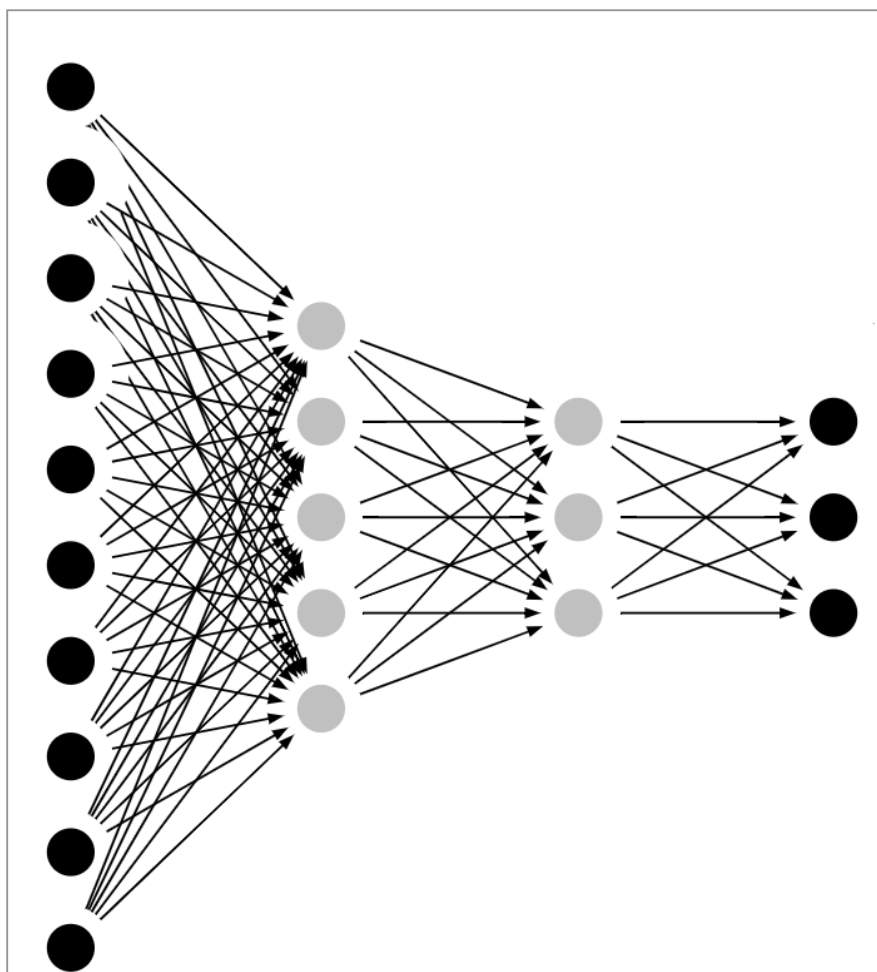


Рис. 7. Графическое отображение искусственной нейронной сети для 10 вопросов по 3 темам изучаемого курса

Заключение

За весенний период 2020 года система показала свою работоспособность и достаточную функциональность. Имеющиеся возможности обучающей системы CATS позволили проводить учебные занятия в дистанционной форме на достаточно высоком уровне.

Мониторинг изучения учебного контента в автоматизированной системе CATS реализован в части ЭУМК и позволяет отслеживать время, затраченное обучающимся на прочтение каждой темы. Следует отметить, что система фиксирует остановку клавиатуры и мыши в течение 5 минут и останавливает таймер. Таким образом, в базу данных сохраняется только реально потраченное время на просмотр учебного контента.

Интеллектуальная составляющая обучающей системы CATS позволяет создавать уникальную программу обучения, которая

отталкивается от имеющихся знаний и уровня восприятия учебного материала обучающимся. Такой подход реализует построение индивидуальной траектории обучения, учитывающей особенности обучаемого. Формализовав интеллектуальные процессы, которые осуществляют как преподаватель, так и обучающийся, можно автоматизировать определенную часть функций преподавателя, сократить затраты на ручной труд, что позволит более просто осуществлять контроль за учебным процессом, а также сделать процесс обучения более эффективным.

Описанные выше возможности обучающей системы CATS позволяют не только решить 5 проблем, указанных в начале статьи, но и преимущественно отличают предлагаемую разработку от имеющихся аналогов для применения в учебном процессе университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Craig Weiss.** Top 20 Learning Systems for 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docsend.com/view/qz8irmffcg3s767b> – Дата доступа: 21.06.2021.
2. **Ellis, Ryann K.** Field Guide to Learning Management Systems // ASTD Learning Circuits [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.csulb.edu/~arezaei/ETEC551/web/LMS_fieldguide_20091.pdf – Дата доступа: 21.06.2021.
3. **Попова, Ю. Б.** Классификация автоматизированных систем управления обучением / Ю. Б. Попова // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 2. – С. 51–58.
4. **Попова, Ю. Б.** От LMS к адаптивным обучающим системам / Ю. Б. Попова // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 2. – С. 58–64.
5. **Попова, Ю. Б.** Алгоритмическая и программная реализация определения плагиата в системах управления обучением / Ю. Б. Попова, А. С. Голобурда // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – № 1. – С. 71–78.
6. **Попова, Ю. Б.** Автоматизированная система управления обучением CATS (Care About The Students) / Ю. Б. Попова // Наука и техника. – 2019. – № 4 (18). – С. 339–349.
7. **Lehchylin, I.** Adaptive Mobile Application for the Cats Learning System / I. Lehchylin, Y. Papova // CERes Journal. – 2020. – № 6 (1). – P. 84–96.
8. **Brusilovsky, P.** Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems / P. Brusilovsky // International Journal of Artificial Intelligence in Education – 2003. – № 13 (2–4). – P. 159–172.
9. **Boticario, J. G.** Issues in developing adaptive learning management systems for higher education institutions / J. G. Boticario, O. C. Santos // International Workshop on Adaptive Learning and Learning Design [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ia.uned.es/~jgb/publica/ADALE-ocsjgbah06-final.pdf> – Дата доступа: 23.06.2021.
10. **Brunstein, A., Betts, S., Anderson, J. R.** Practice enables successful learning under minimal guidance / A. Brunstein, S. Betts, J. R. Anderson // Journal of Educational Psychology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1037/a0016656> – Дата доступа: 23.06.2021.
11. **Barla, M.** On the impact of adaptive test question selection for learning efficiency / M. Barla, M. Bieliková, A. B. Ezzeddinne, T. Kramár, M. Šimko, O. Vozár // Computers & Education. – 2010. – № 55 (2). – P. 846–857.

REFERENCES

1. **Craig Weiss.** Top 20 Learning Systems for 2020 [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://docsend.com/view/qz8irmffcg3s767b> – Data dostupa: 21.06.2021.
2. **Ellis, Ryann K.** Field Guide to Learning Management Systems // ASTD Learning Circuits [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://web.csulb.edu/~arezaei/ETEC551/web/LMS_fieldguide_20091.pdf – Data dostupa: 21.06.2021.
3. **Popova, Ju. B.** Klassifikacija avtomatizirovannyh sistem upravlenija obucheniem / Ju. B. Popova // Sistemnyj analiz i prikladnaja informatika. – 2016. – № 2. – S. 51–58.
4. **Popova, Ju. B.** Ot LMS k adaptivnym obuchajushhim sistemam / Ju. B. Popova // Sistemnyj analiz i prikladnaja informatika. – 2019. – № 2. – S. 58–64.
5. **Popova, Ju. B.** Algoritmicheskaja i programmaja realizacija opredelenija plagiata v sistemah upravlenija obucheniem / Ju. B. Popova, A. S. Goloburda // Sistemnyj analiz i prikladnaja informatika. – 2017. – № 1. – S. 71–78.
6. **Popova, Ju. B.** Avtomatizirovannaja sistema upravlenija obucheniem CATS (Care About The Students) / Ju. B. Popova // Nauka i tehnika. – 2019. – № 4 (18). – S. 339–349.
7. **Lehchylin, I.** Adaptive Mobile Application for the Cats Learning System / I. Lehchylin, Y. Papova // CERes Journal. – 2020. – № 6 (1). – P. 84–96.
8. **Brusilovsky, P.** Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems / P. Brusilovsky // International Journal of Artificial Intelligence in Education – 2003. – № 13 (2–4). – P. 159–172.
9. **Boticario, J. G.** Issues in developing adaptive learning management systems for higher education institutions / J. G. Boticario, O. C. Santos // International Workshop on Adaptive Learning and Learning Design [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.ia.uned.es/~jgb/publica/ADALE-ocsjgbah06-final.pdf> – Data dostupa: 23.06.2021.
10. **Brunstein, A., Betts, S., Anderson, J. R.** Practice enables successful learning under minimal guidance / A. Brunstein, S. Betts, J. R. Anderson // Journal of Educational Psychology [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1037/a0016656> – Data dostupa: 23.06.2021.
11. **Barla, M.** On the impact of adaptive test question selection for learning efficiency / M. Barla, M. Bieliková, A. B. Ezzeddinne, T. Kramár, M. Šimko, O. Vozár // Computers & Education. – 2010. – № 55 (2). – P. 846–857.

Поступила
12.07.2021

После доработки
01.09.2021

Принята к печати
01.09.2021

Popova Y. B.

AUTOMATED CATS SYSTEM FOR DISTANCE LEARNING

Belarusian National Technical University

This paper discusses a new automated training system called CATS. The proposed system covers all the main components of the educational process, including the simple and convenient formation of educational material, tasks for laboratory works,

tests to check knowledge, allows you to monitor the progress of students, the process of studying educational content, check completed work for plagiarism, send incorrectly completed tasks to correction, keep an electronic journal and much more. The automated CATS system has been introduced into the educational process at the Belarusian National Technical University and is actively used, especially in the context of the COVID-19 pandemic. In the spring of 2020 alone, more than a thousand users have registered in the CATS system. The intellectual component in the CATS system allows you to implement a unique training program, which is based on the existing knowledge and the level of perception of the educational material by the students. As mathematical methods, it is proposed to use the analysis of expert systems, as well as artificial neural networks. These mathematical methods made it possible to develop adaptability algorithms, their software implementation and testing in the educational process. Users are provided with a web application and its mobile clients for iOS and Android operating systems. Mobile applications are localized in Russian, Belarusian, English and German. By formalizing the intellectual processes that are carried out by both the teacher and the student, it is possible to automate a certain part of their functions, reduce the cost of manual labor, which will make it easier to control the educational process, and make the training itself more effective.

Keywords: distance learning, automated training system, intelligent training system, CATS training system, adaptive training system



Yuliya B. Popova, PhD, Associate Professor of the Department of software for information systems and technologies at the Belarusian National Technical University. Her research interests include methods and algorithms of optimization in technical systems, engineering of adaptive learning systems and learning management systems (LMS), modeling of student knowledge, software testing and quality assurance.

Попова Юлия Борисовна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения информационных систем и технологий БНТУ. Ее научные интересы связаны с методами и алгоритмами оптимизации технических систем, разработкой адаптивных обучающих систем, автоматизированных систем управления учебным процессом, моделированием знаний, а также с вопросами тестирования и качества программного обеспечения.

Email: julia_popova@mail.ru

Работа выполняется в рамках научно-исследовательской работы ГБ № 16–274 «Модели, методы, технологии создания прикладных комплексов для инженерных и компьютерных систем».