

НЕЙРОСЕТЕВАЯ НАВИГАЦИОННАЯ ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА

А. П. Григорьев^{а, б}, ассистент, начальник проектно-конструкторского сектора

С. Г. Бурлуцкий^а, канд. техн. наук, доцент

^аСанкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

^бАО «Конструкторское бюро «Арсенал» им. М. В. Фрунзе», Санкт-Петербург, РФ

Введение: подготовка авиационных специалистов — это трудоемкий, дорогостоящий, циклический процесс, требующий промежуточного и итогового контроля. **Цель исследования:** разработка эффективной методики организации обучения авиационных специалистов на базе аксиолого-компетентностного подхода с применением обучающих систем и алгоритма ее организации при аудиторном и внеаудиторном обучении специальным дисциплинам. **Результаты:** сформулированы задачи, решаемые обучающей системой: контроль, диагностика, восстановление знаний и умений на теоретическом и практическом этапах обучения с учетом адаптации к индивидуальным особенностям работающих с системой (уровню подготовки и психофизиологическим характеристикам). Выявлено, что проектирование обучающих систем на основе искусственных нейронных сетей позволяет с заданной разработчиком точностью и достоверностью (без сбора и обработки полной статистической информации о группе обучаемых) осуществлять разработку отдельных модулей и обучающей системы в целом. Процесс обучения в обучающих системах рассматривается как контролируемая процедура решения адаптивных тестовых заданий с выдачей комментариев (диагностикой) и восстановлением знаний (компенсацией недополученных или же неувоенных знаний) посредством обращения к теоретическому материалу электронного учебного пособия. Предложена авторская архитектура нейросетевой навигационной тренажерно-обучающей системы для подготовки авиационных специалистов, основанная на: применении нейросетевого и нейронечеткого (использовании нейросетей и нечеткой логики) подхода к контролю знаний; графосемантическом описании предметной области изучаемой дисциплины; оценке и выводе каждого действия обучаемого при решении задачи на базе бинарных деревьев с последующим графосемантическим ранжированием сложности отдельных операций и анализом степени приближения к правильному ответу. Архитектура позволяет реализовать вариативность (произвольный выбор обучаемым порядка изучения учебного материала и этапов обучения) и адаптировать обучающий процесс к индивидуальным особенностям обучаемых. **Практическая значимость:** разработанная система позволяет сократить время обучения, интенсифицировать обучающий процесс, повысить степень усвоения знаний, а также проводить дистанционный контроль на всех этапах обучения.

Ключевые слова — подготовка авиационных специалистов, аксиологический подход, компетентностный подход, адаптивные обучающие системы, искусственные нейронные сети, искусственные нейронные сети в обучении, интеллектуальные обучающие системы, адаптивность к психофизиологическим особенностям обучаемого, латентные свойства нервной системы, модальность, темперамент, мобильность, динамичность.

Введение

Профессиональная подготовка оператора летательного аппарата — это трудоемкий и дорогостоящий процесс, складывающийся из курса теоретического обучения, практических тренажерной и летной подготовок. Между отдельными этапами подготовки летного состава имеет место разрыв. Компьютеризация теоретического обучения и внедрение автоматизированных обучающих систем предназначены для ликвидации этого разрыва.

Одно из основных требований к обучающим системам — адаптивность. Адаптивная обучающая система (АдОС) [1] позволяет не просто тренировать обучаемого и контролировать его знания, но и по результатам деятельности обучаемого может определить, какие знания недостаточны или ошибочны, и вернуть обучаемого на соответствующий раздел теории или практики либо дать дополнительные разъяснения, т. е. позволяет адаптировать процесс обучения под осо-

бенности каждого конкретного обучаемого, работающего с системой.

Важно отметить, что обучение оператора летательного аппарата необходимо рассматривать как управляемый и контролируемый процесс решения тестовых навигационных заданий. Определение свойств этих заданий и выдача комментариев по каждому из них должны осуществляться на основе идентификации знаний обучаемого на каждом шаге обучения. В процессе обучения должен соблюдаться принцип продвижения от простого учебного материала (УМ) к сложному, причем переход к новой теме осуществляется только в случае успешного усвоения предыдущего материала. Таким образом, реализуются основные принципы адаптивного обучения [1].

Обязательным элементом любой АдОС [1] является блок автоматизированной проверки знаний. В последнее время тестовый контроль [2] привлекает все большее внимание педагогов в самых разных сферах как наиболее универсальная форма контроля знаний.

Тестовый контроль отличается [2, 3] эффективностью при самостоятельной работе; объективностью в оценке знаний; экономией времени преподавателя; высокой степенью дифференциации тестируемых по уровню знаний; возможностью индивидуализировать процесс обучения; прогнозированием темпа и результата обучения; возможностью выявить структуру знаний каждого слушателя для дальнейшего изменения методики обучения. Разработка тестовых заданий и обработка результатов тестирования подробно изложены в работе [2], а известные модели тестирования — в статье [3]. Наиболее прогрессивными в настоящее время являются адаптивные модели тестирования, в которых сложность заданий меняется в зависимости от правильности ответов испытуемого. Применение в АдОС автоматизированной проверки знаний на базе адаптивного тестирования [3, 4] позволяет повысить эффективность обучения.

В рамках данной статьи предлагается рассмотреть проект нейросетевой навигационной тренажерно-обучающей системы (ННТОС) для изучения дисциплины «Бортовые вычислительные комплексы навигации и самолетовождения» (БВКНиСВ). Данная система представляет собой программную среду, устанавливаемую на автоматизированное рабочее место обучаемого или персональный компьютер.

Обобщенный алгоритм работы обучаемого с дистанционной ННТОС

Рассмотрим методику организации учебного процесса на базе аксиолого-компетентного подхода при непосредственной работе обучаемого с ННТОС в рамках изучения дисциплины БВКНиСВ.

Комбинированный аксиолого-компетентный подход направлен не только на выработку профессиональных качеств обучаемого, получение и (или) закрепление социотипических и личностно ориентированных компетенций, но и на индивидуализацию, адаптацию и интенсификацию процесса обучения. Данный подход характеризуется ценностным, гуманистическим отношением к обучаемому, что предполагает реализацию вариативности, адаптацию учебного процесса к степени подготовленности каждого отдельного субъекта обучения, причем не только с точки зрения сложности при изложении теоретического материала и контроля знаний, но и в плане учета индивидуальных психофизиологических характеристик (ПФХ).

Схема реализации алгоритма работы обучаемого с дистанционной ННТОС (ДННТОС) представлена на рис. 1.

Работа обучаемого с ДННТОС начинается с входного психофизиологического тестирова-

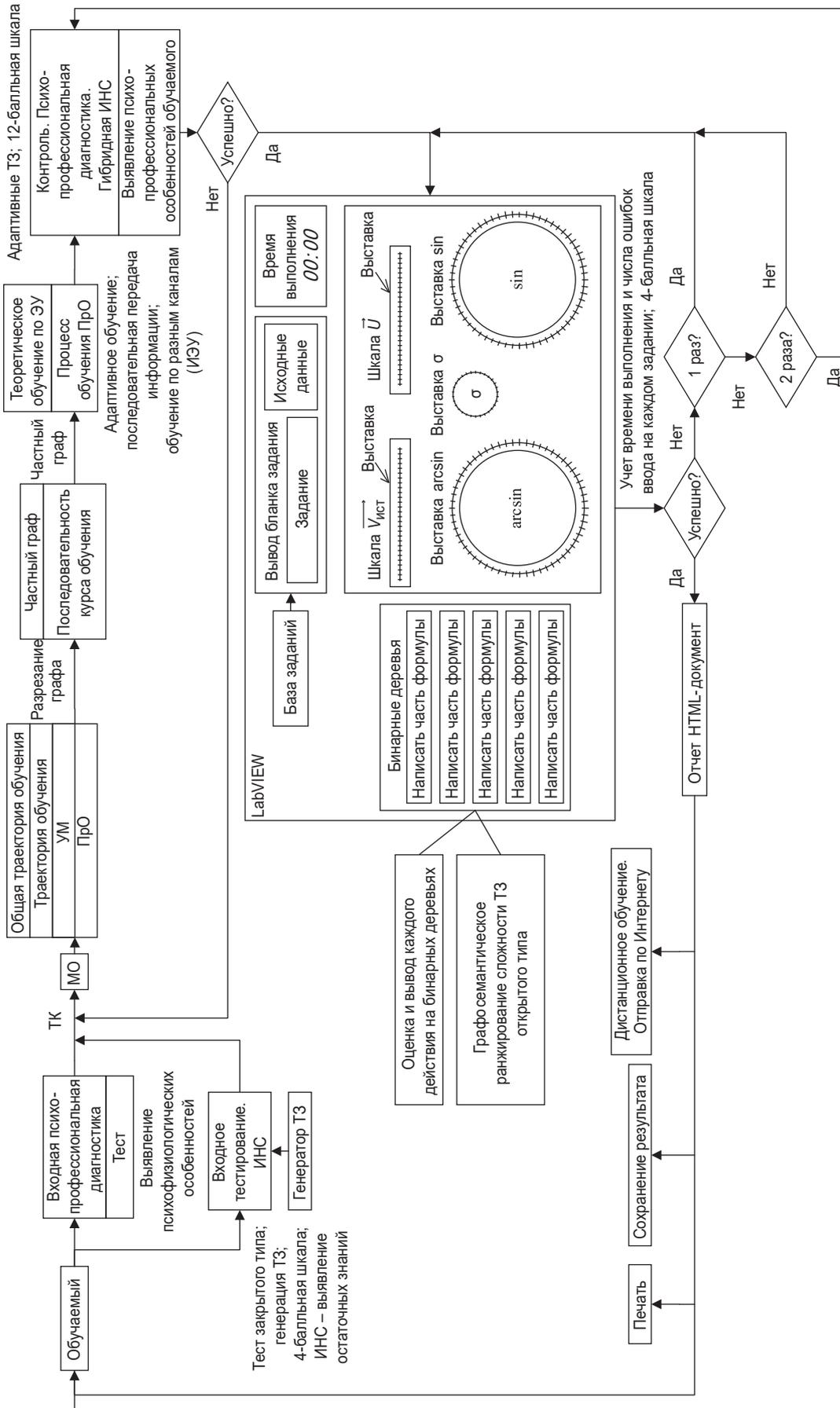
ния (ПФТ) и тестирования остаточных знаний. Основная задача этих тестов — получение данных об индивидуальных латентных ПФХ нервной системы (НС) обучаемого в целях повышения уровня адаптации системы (теоретический материал и тестовые задания обучаемому выдаются не только в зависимости от текущей успеваемости, но и исходя из индивидуальных особенностей) и выявления остаточных знаний по смежным дисциплинам, на которых базируется курс БВКНиСВ.

Для психофизиологической адаптации теоретического этапа по методикам С. В. Ефремцева и А. Н. Белова [5] реализован ПФТ, направленный на определение модальности (доминирующего канала восприятия информации — аудиальный, визуальный, кинестетический), а также темперамента (сангвиник, холерик, флегматик, меланхолик). Модальность характеризует скорость восприятия (освоения), а темперамент определяет скорость усвоения и забывания УМ (кривая Эббингауза) [5].

Для психофизиологической адаптации практического этапа по методикам О. П. Елисеева [6], Е. П. Ильина [7] и В. Д. Небылицына [8] реализован ПФТ для установления мобильности (лабильность/инертность) и динамичности (сила/слабость) НС.

Мобильность и динамичность характеризуют внимательность, моторную функцию обучаемого и работоспособность.

После прохождения ПФТ (исходя из вариативности учебного процесса, от данной процедуры обучаемый может отказаться, но это снизит общий уровень адаптации системы) обучаемому предлагается ответить на семь вопросов тестового задания (ТЗ) закрытого типа (выбрать правильный вариант ответа из предложенных), ориентированных на знание предметной области (ПрО) дисциплины (исходя из вариативности учебного процесса, от данной процедуры обучаемый может отказаться, что не обеспечит адаптацию с точки зрения передачи УМ и не позволит построить оптимальную траекторию изучения УМ). Ответы обучаемого анализируются электронным инструктором на базе искусственных нейронных сетей (ИНС). Нейронная сеть в данном случае рассматривается как эффективное средство автоматизации процесса выставления оценок и осуществляет входной контроль [9]. По завершении тестирования выставляется оценка в классической 4-балльной шкале [10], в результате чего генерируется некоторая модель обучения (МО) — «отличник», «хорошист» и т. д. На основе МО и результатов тестового контроля (ТК) строится траектория обучения, которая представляет собой семантический граф [11], построенный на базе УМ из ПрО [12].



■ Рис. 1. Обобщенный алгоритм работы обучаемого с дистанционной ННТОС

После изучения соответствующего УМ посредством электронного учебника (ЭУ) (или интеллектуального электронного учебника (ИЭУ)) обучаемый проходит адаптивный промежуточный ТК закрытого типа. Адаптивное промежуточное тестирование осуществляется на базе пакета графического программирования LabVEIW [13] и используется для рубежного контроля усвоения теоретического материала. Обучаемый проходит тестирование закрытого типа из N вопросов (количество варьируется и определяется по усмотрению преподавателя/инструктора). Все вопросы ТЗ отличаются по уровню сложности (ранжирование осуществляется с помощью графосемантического метода) [11]. На первом этапе из предварительно сформированной и проранжированной по сложности базы вопросов обучаемому задается ТЗ среднего уровня сложности, в зависимости от результата ответа (положительный/отрицательный) сложность последующего вопроса изменяется на более высокую или менее высокую соответственно. По серии из N вопросов обучаемому выставляется оценка в абсолютной шкале (% правильных ответов), которая также переводится в стандартную 4-балльную шкалу [10]. Результаты тестирования сохраняются в виде отчета в формате HTML-документа, впоследствии могут быть сохранены, распечатаны на принтере, размещены на информационном портале вуза в сети Интернет или же отправлены для отчета преподавателю по электронной почте.

Использование на этапе теоретического обучения входного нейросетевого тестирования с последующим рубежным адаптивным контролем закрытого типа позволяет:

- индивидуализировать процесс обучения (построить индивидуальную траекторию освоения УМ);

- адаптировать процесс усвоения УМ за счет перехода от «простого» УМ к «сложному»;

- осуществлять не только входной, текущий (рубежный) и итоговый контроль, но и диагностику с последующим восстановлением знаний (повторно изучается неусвоенный или недостаточно проработанный в процессе теоретической подготовки УМ);

- адаптировать ТЗ закрытого типа к успеваемости конкретного обучаемого при контроле знаний за счет ранжирования сложности вопросов и варьирования их трудности.

После завершения этапа теоретической подготовки проводится итоговое нейронечеткое (с применением гибридной нейронечеткой ИНС) [14–16] тестирование знаний закрытого типа [2]. Шкала оценивания — нечеткая, 12-балльная [10]; количество вопросов ТЗ — 7, каждый из которых ранжирован по сложности в соответствии с графосемантическим подходом [11].

По результатам итогового тестирования обучаемые разбиваются по группам в соответствии с текущей успеваемостью (табл. 1).

Не прошедшие итоговый контроль проходят процедуру восстановления знаний посредством повторной проработки неусвоенного теоретического материала из ПрО [12] с последующим повторным итоговым тестированием.

К выполнению практического задания (адаптивному тестированию умений на базе пакета графического программирования LabVEIW [13]) допускаются 4–12 групп обучаемых (см. табл. 1), успешно прошедших итоговое нейронечеткое тестирование знаний. В качестве практического задания предлагается решить одну из задач курса БВКНиСВ, например, осуществить расчет условного курса на следующий этап полета. Очевидно, что в соответствии с работой [12] поставленная задача решается в шесть действий, состав и последовательность математических операций задачи определяются в соответствии с методом вывода на бинарных деревьях. После представления бинарного дерева решения задачи в виде семантического графа появляется возможность ранжировать сложность каждого действия при расчете задачи,

■ Таблица 1. Соотношение процента правильных ответов обучаемого и оценки по 12- и 4-балльной шкалам

Процент правильных ответов	Группа	Оценка	Оценка по шкале	
			12-балльной	4-балльной
0–5	1	Нет знаний	2–	2
6–9	2	Неудовлетворительно	2	
10–19	3	Малоудовлетворительно	2+	3
20–29	4	Почти удовлетворительно	3–	
30–39	5	Удовлетворительно	3	4
40–49	6	Более чем удовлетворительно	3+	
50–59	7	Почти хорошо	4–	5
60–69	8	Хорошо	4	
70–79	9	Более чем хорошо	4+	5
80–89	10	Почти отлично	5–	
90–94	11	Отлично	5	5
95–100	12	Превосходно	5+	

■ **Таблица. 2.** Экспертные значения оценки качества выполнения задачи

Время, с	Количество ошибок, шт.			
	0	1	2	3
0–70	5	4	3	2
71–95	4	3	2	2
96–120	3	2	2	2
121...	2	2	2	2

что может быть учтено при выставлении итоговой оценки за выполнение.

Исходя из того, что оператор-навигатор функционирует в реальном масштабе времени, при решении задачи необходимо учитывать не только безошибочность действий, но и время ее выполнения.

Оценки в конкретном случае выставляются в соответствии с экспертными данными, представленными в табл. 2.

Время на выполнение задания ограничено и составляет 125 с. По истечении отведенного хронометража работа программы прекращается. В зависимости от итоговой успеваемости обучаемых (см. табл. 1) время, отведенное на выполнение задания, варьируется. Чем ниже успеваемость обучаемого, тем больше времени ему отводится на выполнение поставленной задачи. Шкала оценивания — классическая 4-балльная [10]. По завершении задания (как успешно выполненного, так и неудачного) программа генерирует отчет в формате HTML-документа, в котором указываются личные данные обучаемого (Ф. И. О. и № группы) и его итоговая оценка с временем выполнения задания. Если в процессе решения допускались ошибки, то информация об их количестве и о шаге, на котором они были допущены, также будет отражена в итоговом отчете.

Отчет о выполнении может быть сохранен, распечатан на принтере, размещен на информационном портале вуза в сети Интернет или же отправлен для отчета преподавателю по электронной почте.

Архитектура нейросетевой навигационной тренажерно-обучающей системы

Рассмотрим подробнее предложенную архитектуру ННТОС (рис. 2), состоящую из следующих автономных элементов: системы психофизиологической диагностики (ПФД), дистанционной адаптивной обучающей системы (ДАОС) (куда входит

ИЭУ), дистанционной адаптивной системы контроля знаний (ДАСКЗ) и АдОС.

Исходя из свойства вариативности, присущей аксиологическому подходу, осваивая курс дисциплины БВКНиСВ, обучаемый может самостоятельно выбирать, с какой из систем, входящих в состав ННТОС, и в какой последовательности работать. Так как, ввиду вариативности, отсутствует жесткий регламентированный алгоритм работы обучаемого с системой, то в рамках данной статьи описывается архитектура ННТОС и ее основные составные части.

Система ПФД представляет собой специальное алгоритмическо-программное обеспечение (набор самостоятельных алгоритмов и программ), разработанное на базе языков программирования Java [17]. Основным элементом ПФД является модуль управления ПФД, который организует взаимодействие между всеми остальными элементами системы. Также в состав данного модуля входит блок настроек.

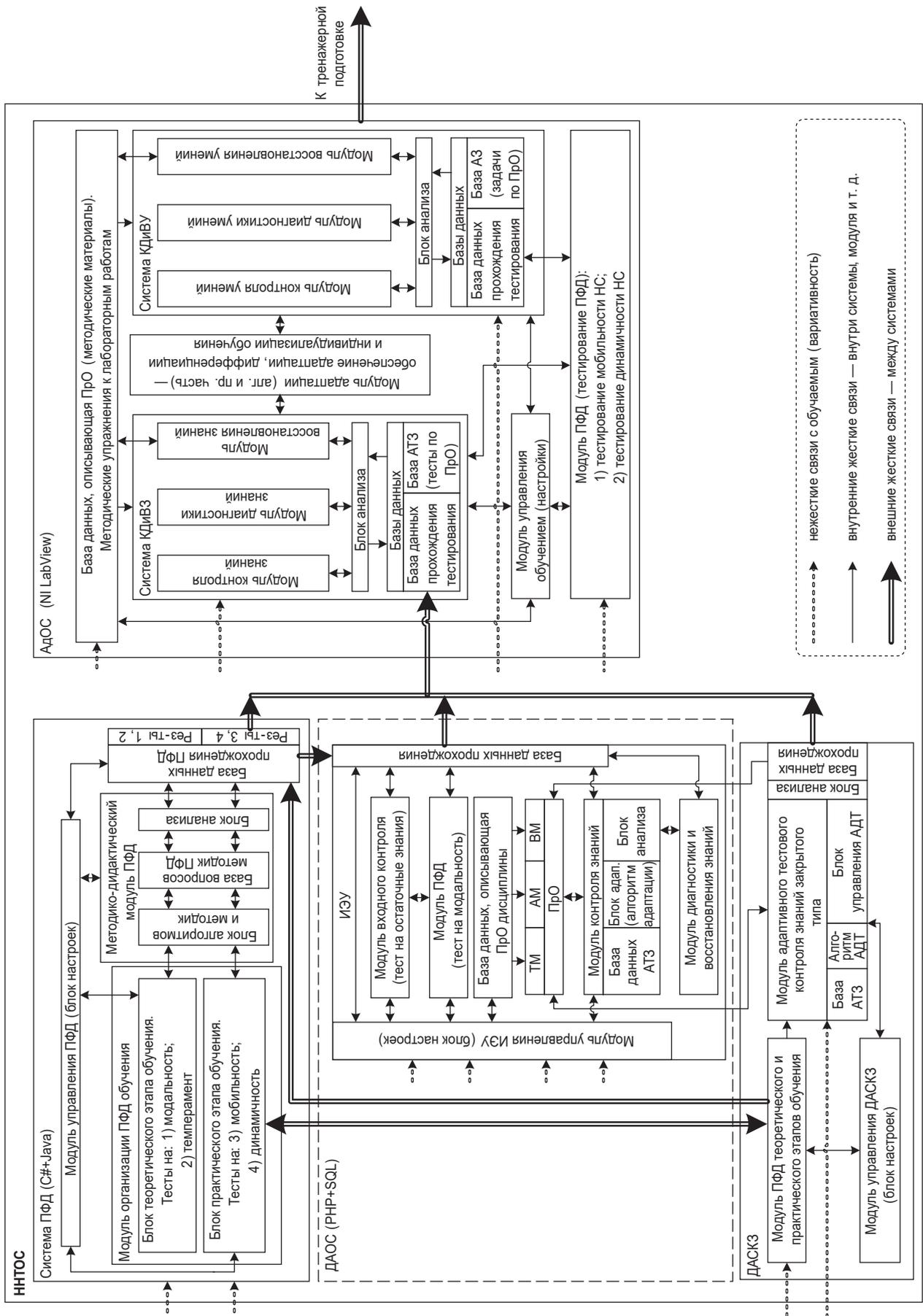
Обучаемый, проходя ПФД в целях адаптации процесса обучения на теоретическом и практическом этапах, проходит ПФД (тестирование), за реализацию которого отвечает модуль организации ПФД обучения, в состав которого входят блок ПФД теоретического этапа, реализующий ПФД на базе тестов, направленных на определение модальности (доминирующего канала восприятия информации), а также темперамента, и блок ПФД практического этапа для установления мобильности (лабильность/инертность) и динамичности (сила/слабость) НС.

Данный модуль, обращаясь к методико-дидактическому модулю ПФД, в состав которого входят блок алгоритмов и методик, база вопросов методик ПФД и блок анализа тестирования, за счет которых генерируются ТЗ на определение ПФХ обучаемых и анализируются результаты, которые впоследствии одновременно сохраняются в базе данных прохождения ПФД и передаются в базы данных прочих автономных элементов, таких как ДАОС и АдОС. Алгоритм функционирования, описания работы системы ПФД и методик диагностики, примеры ПФД и графический интерфейс приведены в работах [18, 19].

Данные о прохождении обучаемым ПФД, полученные системой ПФД, могут быть использованы ДАОС и АдОС, тем не менее ДАОС также имеет в своем составе независимый модуль ПФД.

Система представляет собой клиент-серверную организацию на базе специального алгоритмическо-программного обеспечения (набора самостоятельных алгоритмов и программ), разработанного средствами языков программирования PHP и СУБД SQL [20].

В состав ДАОС входит ИЭУ, предназначенный для адаптации и индивидуализации процесса



■ Рис. 2. Архитектура NNTOC

изучения обучаемым УМ из ПрО. Блок ДАСКЗ служит для оперативного адаптивного контроля качества усвоения теоретического материала.

При работе с ИЭУ модуль управления ИЭУ с блоком настроек обращается к модулю входного контроля и модулю ПФД, которые генерируют адаптивные ТЗ (АТЗ), ориентированные на входной ТК и ПФТ на определение ПФХ НС обучаемых соответственно.

Исходя из свойства вариативности, при изучении курса дисциплины БВКНиСВ обучаемый может отказаться от прохождения входного контроля и самостоятельно перейти к изучению теоретического материала из базы данных, описывающей ПрО дисциплины, определяя собственноручно последовательность работы и темп изучения УМ (при этом процедура адаптации теоретического материала для нужд данного пользователя не производится).

При прохождении входного тестирования обучаемому будет предложено пройти два теста (адаптивный ТК и ПФД). Первый, состоящий из АТЗ, — на определение остаточных знаний (входной контроль остаточных знаний) и второй — ориентированный на ПФД в целях определения модальности.

На этапе входного контроля знаний основные задачи адаптивного тестирования заключаются в выявлении остаточных знаний, установлении общего уровня подготовленности группы, для организации индивидуализации и (или) дифференциации процесса теоретического обучения, адаптации этапов теоретической подготовки (от более простого УМ к более сложному, начиная с тех учебных элементов, которые подавляющим большинством учебной группы не изучены). Менее важной, второстепенной задачей входного контроля является мотивация, направленная в первую очередь на «завлечение», «привитие» интереса к читаемой дисциплине. Стоит отметить, что оценка знаний на данном этапе является не самоцелью, а скорее средством получения некоторой полезной информации об учебной группе в целом и о каждом ее члене в частности.

В качестве теста, определяющего ПФХ обучаемых, выступает тест на модальность. Описание методики и внешний вид данного теста приведены в работе [5].

После прохождения входного АТЗ и ПФД данные обучаемых сохраняются в базе данных прохождения и передаются в базу данных, описывающую ПрО дисциплины, в целях адаптации теоретического материала к текущему уровню знаний и типу восприятия (аудиальный, визуальный, кинестетический) обучаемого. Теоретический материал базы данных, описывающей ПрО дисциплины, представлен в виде текстовых материалов (ТМ), аудиоматериалов (АМ)

и видеоматериалов (ВМ), размещаемых либо на сайте ИЭУ, либо в облачном хранилище преподавателя-эксперта (автономный вариант).

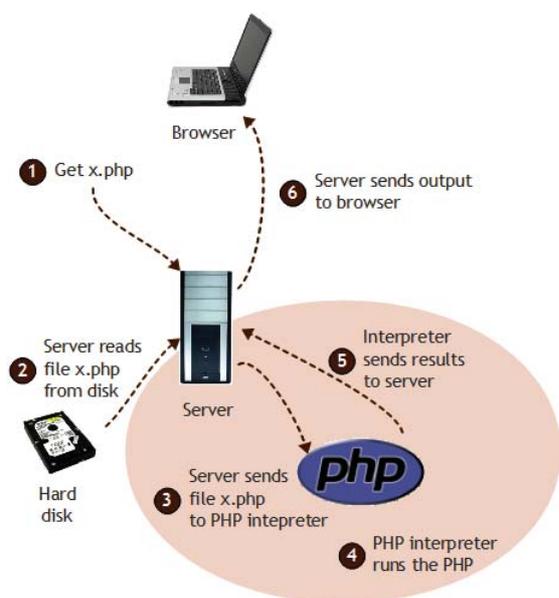
Независимо от факта прохождения/непрохождения входного тестирования (адаптивный ТК и ПФД) обучаемый получает доступ к определенным разделам УМ базы данных, описывающей ПрО дисциплины, после изучения которых проходит промежуточный (рубежный или тематический) контроль знаний, основной задачей которого является оценка усвоения знаний в течение обучения и после изучения определенной темы и (или) раздела дисциплины.

Генерируется данное тестирование закрытого типа модулем контроля знаний, в состав которого входит база данных АТЗ, где представлена полная номенклатура тестовых вопросов; блок адаптации, реализующий выдачу ТЗ в соответствии с алгоритмом адаптивного контроля, и блок анализа результатов тестирования, оценивающий текущую успеваемость обучаемого и определяющий необходимость реализации процедуры восстановления знаний.

В отличие от промежуточного контроля знаний, проводимого модулем (системой) контроля, диагностики и восстановления знаний в составе ИЭУ, ДАСКЗ предназначена для организации аудиторного и (или) удаленного мониторинга знаний в целях допуска обучаемого к практическому этапу. Система состоит из трех модулей: модуля ПФД теоретического и практического этапов обучения, модуля адаптивного тестового контроля знаний закрытого типа и модуля управления ДАСКЗ, в состав которого входит блок настройки.

Организует работу ДАСКЗ модуль управления, который автоматизирует и согласует работу остальных двух модулей, при этом модуль ПФД теоретического и практического этапов обучения предназначен для тестирования ПФХ обучаемых, работающих с системой, с целью адаптировать процесс контроля знаний к их индивидуальным латентным характеристикам НС, а модуль адаптивного тестового контроля знаний закрытого типа — для организации автоматизированного дистанционного адаптивного тестирования. В состав последнего модуля входят база АТЗ, из которой формируется с помощью алгоритма адаптивного теста (АДТ) под действием блока управления последовательность вопросов.

Результаты тестирования сохраняются в «Журнале прохождения» и могут быть доступны в любой момент времени как обучаемому, так и преподавателю-эксперту. Совокупность «Журналов прохождения» тестирования по каждому обучаемому и по группам обучаемых составляет базу данных прохождения (данная информация также передается в базу данных ПрО и базу данных прохож-



■ **Рис. 3.** Организация клиент-серверного взаимодействия

дения ИЭУ, а также поступает в соответствующие базы АдОС).

Схема клиент-серверного взаимодействия отдельных элементов ДАСКЗ представлена на рис. 3.

После прохождения итогового контроля знаний, завершающего теоретический этап подготовки, данные обучаемого (успеваемость и ПФХ) передаются в АдОС, а сам обучаемый переходит к практическому этапу обучения. АдОС состоит из двух систем, трех модулей и базы данных, описывающей ПрО.

Модуль ПФД предназначен для тестирования ПФХ НС обучаемого, характеризующих его моторные особенности работы (обучаемый может пройти данное тестирование и на теоретическом этапе обучения при работе с системами ПФД и ДАОС).

Модуль адаптации, в состав которого входит база алгоритмов адаптивного контроля, обеспечивает индивидуализацию, дифференциацию и адаптацию процедур контроля диагностики и восстановления знаний (КДиВЗ)/контроля диагностики и восстановления умений (КДиВУ).

Модуль управления обучением, в состав которого также входит блок настроек, обеспечивает синхронизацию и автоматизацию работы всех элементов АдОС.

База данных, описывающая ПрО, представляет собой набор методико-дидактических материалов для обеспечения практического этапа обучения (задачи, примеры, упражнения).

Самыми крупными структурными единицами АдОС являются системы КДиВЗ и КДиВУ (основная).

Система КДиВУ предназначена для контроля, диагностики и восстановления умений обучаемого. Из базы адаптивных заданий (АЗ) обучаемому предлагается решить практическую навигационную задачу. Решение предполагает реализацию некоторой последовательности действий и опирается на полученные ранее теоретические знания из УМ ПрО. Результат решения оценивается блоком анализа и сохраняется в базе данных прохождения.

В зависимости от успешности контроля обучаемый либо переходит к подготовке на процедурном компьютерном тренажере, либо проходит процедуру диагностики (направлена на указание и объяснение основных ошибок, допущенных при решении задачи) и восстановления умений (обращается к методическим материалам и упражнениям по решению навигационных задач). В КДиВУ для организации процедур контроля диагностики и восстановления присутствуют соответствующие модули.

После проведения процедуры восстановления умений система предлагает обучаемому вторично решить аналогичную задачу, при успешном решении он допускается к тренажерной подготовке, при повторной неудаче система КДиВУ выдает исходные данные в модуль управления обучением, который направляет обучаемого к работе с КДиВЗ в части прохождения тестирования знаний, ориентированного на проверку усвоения теоретического материала, на основании которого решается задача. Модуль управления, задействуя базу данных, описывающую ПрО, генерирует средствами модуля контроля знаний ТЗ закрытого типа. Результат тестирования оценивается блоком анализа и сохраняется в базе прохождения тестирования. При неудачном прохождении тестирования осуществляется процедура восстановления знаний за счет обращения к теоретическому материалу ПрО (обращение к ИЭУ). Только при удачном прохождении процедуры контроля знаний, организованной ДАСКЗ, обучаемый вновь допускается к практической части (повторному решению навигационной задачи).

Заключение

В заключение следует сказать, что разработанная ННТОС дает возможность оптимизировать процесс подготовки авиационных специалистов: осуществлять контроль, диагностику, восстановление знаний и умений на теоретическом и практическом этапах обучения с учетом адаптации к индивидуальным особенностям работающих с системой. Предложенная авторская архитектура ННТОС предоставляет обучающимся возможность самим выбирать порядок изучения учебного материала на всех этапах обу-

чения, позволяет сократить время обучения, интенсифицировать обучающий процесс, повысить степень усвоения знаний, а также проводить дистанционный контроль на всех этапах обучения. Компьютеризация теоретического обучения и внедрение автоматизированных обучающих систем приводит к повышению качества обучения.

Результатом является успешное использование практических разработок, описанных в данной статье, в учебном процессе:

1) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» на кафедрах аэрокосмических приборов и измерительно-вычислительных комплексов, эксплуатации и управления аэрокосмическими системами;

2) Военного учебного научного центра Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Н. Г. Кузнецова» на кафедре морской авиации;

3) Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского на кафедре навигационно-баллистического обеспечения применения космических средств и теории полета летательных аппаратов;

4) муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Пушкиногорская средняя общеобразовательная школа имени А. С. Пушкина».

Разработанная система также постоянно модернизируется и активно применяется в проектно-конструкторской деятельности «АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М. В. Фрунзе», тем самым подтверждая свою актуальность и значимость.

Литература

- Бессонов А. А., Мамаев В. Я., Парамонов П. П. Интеллектуальные обучающие системы: учеб. пособие. — СПб.: ГУАП, 2016. — 172 с.
- Нейман Ю. М., Хлебников В. А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. — М.: Прометей, 2000. — 168 с.
- Глова В. И., Дуплик С. В. Модели педагогического тестирования обучаемых // Вестник Казан. гос. тех. ун-та им. А. Н. Туполева. 2003. № 2. С. 74–79.
- Зайцева Л. В. Методы и модели адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения // Образовательные технологии и общество. 2003. № 6 (4). С. 204–211.
- Эббингауз Г., Бен А. Ассоциативная психология. — М.: АСТ, 1998. — 528 с.
- Елисеев О. П. Практикум по психологии личности. — СПб.: Питер, 2001. — 560 с.
- Ильин Е. П. Психология индивидуальных различий. — СПб.: Питер, 2004. — 701 с.
- Небылицын В. Д. Основные свойства нервной системы. — М.: Просвещение, 1966. — 280 с.
- Григорьев А. П., Мамаев В. Я. Опыт использования нейронных сетей в анализе и структурном воссоздании предметных знаний специалиста // Научное приборостроение. 2016. № 4 (26). С. 85–93.
- Васильев В. И., Тягунова Т. Н., Хлебников В. А. Триадная сущность шкалы оценивания // Дистанционное образование. 2000. № 6. С. 19–25.
- Лаптев В. В. Модель предметной области и оценка ее сложности в обучающей системе по программированию // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.
- Управление, вычисл. техн. информ. 2010. № 2. С. 35–44.
- Мамаев В. Я., Синяков А. Н., Петров К. К., Горбунов Д. А. Воздушная навигация и элементы самолетовождения: учеб. пособие. — СПб.: ГУАП, 2002. — 256 с.
- Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В., Папуловский В. Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: учеб. пособие для вузов. — М.: ДМК Пресс, 2005. — 208 с.
- Рудинский И. Д. Модель нечеткого оценивания знаний как методологический базис автоматизации педагогического тестирования // Информационные технологии. 2003. № 9. С. 46–51.
- Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2nd ed. — Prentice-Hall, 1998. — 842 p.
- Григорьев А. П., Мамаев В. Я. О применении нейронных сетей в тестировании знаний // Научное приборостроение. 2016. № 4 (26). С. 77–84.
- Дунаев В. Самоучитель JavaScript. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005. — 395 с.
- Григорьев А. П., Орлов А. А. Адаптация АОС к психофизиологическим особенностям обучаемых // Сб. докл. научной сессии ГУАП. СПб.: ГУАП, 2014. С. 22–26.
- Григорьев А. П., Писаренко Е. С. Моделирование психофизиологического тестирования обучаемых высшей технической школы // Сб. докл. научной сессии ГУАП. СПб.: ГУАП, 2014. С. 26–29.
- Suehring S., Converse T., Park J. PHP 6 and MySQL 6 Bible. — Wiley Publ., 2009. — 912 p.

UDC 004.89

doi:10.15217/issn1684-8853.2017.3.89

A Neuronet Navigational Training System

Grigoryev A. P.^{a,b}, Assistant Professor, Head of Design and Engineering Sector, alexgrig-1986@mail.ru

Burlutsky S. G.^a, PhD, Tech., Associate Professor, sergey_burluckiy@mail.ru

^aSaint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaya St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

^bJSC «Arsenal Design Bureau named after Mikhail Vasil'evich Frunze», 1–3, Komsomola St., 195009, Saint-Petersburg, Russian Federation

Introduction: Training of aviation specialists is a time-consuming and expensive cyclical process requiring intermediate and final control. **Purpose:** An effective methodology should be developed for the organization of training of aviation specialists on the basis of axiological-competence approach with the use of training systems. The organization algorithm should cover both classroom and extracurricular learning in the study of special subjects. **Results:** Problems for a training system have been formulated: control, diagnostics, restoration of knowledge and skills at the theoretical and practical stages of the training, taking into account the adaptation to individual characteristics of the people working with the system (their level of training and psychophysiological features). It has been found that the design of training systems based on artificial neural networks allows you to keep the accuracy and reliability specified by the developer (without collecting and processing full statistical information about a group of trainees) when developing individual modules and entire systems. The learning process in training systems is considered a controlled procedure of solving adaptive tests with issuance of comments (diagnostics) and restoration of knowledge (compensation of missing or unassigned knowledge) by references to the theoretic material from an electronic training manual. An author's architecture has been proposed for a neural network navigation simulator and training system for the training of aviation specialists, which is based on the neural-network and neuron-fuzzy approach (using neural networks and fuzzy logic) to knowledge control; graphosemantic description of the subject area of the discipline under study; evaluation and derivation of each student's action when solving a problem based on binary trees followed by graphosemantic ranking of the complexity of individual operations, as well as the analysis of how close an answer is to the correct one. The architecture makes it possible to provide variability (the learners can choose the order in which they study the material) and adapt the learning process to the individual traits of the trainees. **Practical relevance:** The developed system allows you to reduce the training time, to intensify the learning process, to improve mastering of knowledge, and to perform remote monitoring at all stages of the training.

Keywords — Training of Aviation Specialists, Axiological Approach, Competence Approach, Adaptive Training Systems, Artificial Neural Networks, Artificial Neural Networks in Education, Intelligent Training Systems, Adaptability to Psycho-Physiological Peculiarities of the Learner, Definition of Latent Properties of Nervous System, Modality, Temperament, Mobility, Dynamism.

References

1. Bessonov A. A., Mamaev V. Ia., Paramonov P. P. *Intellektual'nye obuchaiushchie sistemy* [Intelligent Training Systems]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2016. 172 p. (In Russian).
2. Neyman Yu. M., Khlebnikov V. A. *Vvedenie v teoriyu modelirovaniia i parametrizatsii pedagogicheskikh testov* [Introduction to the Theory of Modeling and Parameterization of Pedagogical Tests]. Moscow, Prometei Publ., 2000. 168 p. (In Russian).
3. Glova V. I., Duplik S. V. Models for Pedagogical Testing of Students. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A. N. Tupoleva*, 2003, no. 2 (34), pp. 74–79 (In Russian).
4. Zaytseva L. V. Methods and Models of Adaptation to Students in the Computer-Based Learning Systems. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo* [Educational Technology and Society], 2003, no. 4 (6), pp. 204–211 (In Russian).
5. Ebbinghaus H., Ben A. *Assotsiativnaya psikhologiya* [Associative Psychology]. Moscow, AST Publ., 1998. 528 p. (In Russian).
6. Yeliseyev O. P. *Praktikum po psikhologii lichnosti* [Practicum in Psychology of Personality]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2001. 560 p. (In Russian).
7. Ilyin Ye. P. *Psikhologiya individual'nykh razlichii* [Psychology of Individual Differences]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2004. 701 p. (In Russian).
8. Nebylitsyn V. D. *Osnovnye svoistva nervnoi sistemy* [Basic Properties of the Nervous System]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1966. 280 p. (In Russian).
9. Grigoryev A. P., Mamaev V. Ia. Experience of Use of Neural Networks in the Analysis and the Structural Reconstruction of Subject Knowledge of the Specialist. *Nauchnoe priboroostroenie*, 2016, no. 4 (26), pp. 85–93 (In Russian).
10. Vasil'ev V. I., Tiagunova T. N., Khlebnikov V. A. Triadic Nature of Assessment Scales. *Distantsionnoe obrazovanie*, 2000, no. 6, pp. 19–25 (In Russian).
11. Laptev V. V. Domain Model and Estimation of Its Complexity in the Training System for Programming. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2010, no. 2, pp. 35–44 (In Russian).
12. Mamayev V. Ya., Sinyakov A. N., Petrov K. K., Gorbunov D. A. *Vozdushnaya navigatsiia i elementy samoletovozhdeniia* [Air Navigation and Piloting Elements]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2002. 256 p. (In Russian).
13. Batovrin V. K., Bessonov A. S., Moshkin V. V., Papulovskii V. F. *LabVIEW: praktikum po osnovam izmeritel'nykh tekhnologii* [LabVIEW: A Workshop on the Basics of Measurement Technology]. Moscow, DMK Press Publ., 2005. 208 p. (In Russian).
14. Rudinskii I. D. Model of Fuzzy Evaluation of Knowledge as a Methodological Basis of Pedagogical Testing Automation. *Informatsionnye tekhnologii*, 2003, no. 9, pp. 46–51 (In Russian).
15. Haykin S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. 2nd ed. Prentice-Hall, 1998. 842 p.
16. Grigoryev A. P., Mamaev V. Ia. Application of Artificial Neural Networks in Knowledge Control. *Nauchnoe priboroostroenie*, 2016, no. 4 (26), pp. 77–84 (In Russian).
17. Dunaev V. *Samouchitel' JavaScript*. 2nd ed. [JavaScript Tutorial]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2005. 395 p. (In Russian).
18. Grigoryev A. P., Orlov A. A. Adaptation of Adaptive Training Systems to Psychophysiological Features of Trainees. *Sbornik dokladov nauchnoi sessii GUAP* [Collection of Presentations at the Scientific Session of the SUAI]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2014, pp. 22–26 (In Russian).
19. Grigoryev A. P., Pisarenko Ye. S. Modeling of Psychophysiological Testing of Students of Higher Technical School. *Sbornik dokladov nauchnoi sessii GUAP* [Collection of Presentations at the Scientific Session of the SUAI]. Saint-Petersburg, GUAP Publ., 2014, pp. 26–29 (In Russian).
20. Suehring S., Converse T., Park J. *PHP 6 and MySQL 6 Bible*. Wiley Publ., 2009. 912 p.