

Голосовский М. С., Есев А. А.

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА БАЗЫ ТЕСТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация: Предметом исследования являлся синтез базы тестов для текущего контроля уровня знаний обучаемых, реализуемого с помощью системы тестового контроля системы автоматизированного обучения. Функционирование этой системы основано на реализации адаптивного тестирования, представляющего собой процесс автоматизированного подбора тестовых заданий (контрольных вопросов) такого уровня трудности, при котором точность (объективность) измерения уровня знаний обучаемого достигает максимума, а неотъемлемой частью системы база контрольных тестов, объединяющая психологические и дидактические тесты. Для выполнения исследования использовались методы педагогической информатики, структурного системного анализа, экспертных оценок, проектирования баз данных автоматизированных систем. В результате исследований создана и успешно апробирована на практике технология синтеза базы тестов системы автоматизированного обучения, позволяющая реализовать адаптивное управление обучением за счет обеспечения соответствия обучающих воздействий индивидуально-психологическим особенностям и уровню подготовки обучаемых с автоматизированным контролем уровня их мотивации и активности.

Ключевые слова: автоматизированный контроль знаний, система тестового контроля, психологические тесты, дидактические тесты, база тестов, педагогическая информатика, системы автоматизированного обучения, адаптивное тестирование, стандартизация тестовых оценок, управление обучением

Review: The subject of the research is the synthesis of the base of tests for monitoring the level of knowledge, implemented through a system test control system of computer-aided learning systems. The functioning of such systems is based on the implementation of adaptive testing as a process of automated selection of test items (test questions) of a such level of difficulty, in which the objective accuracy of the level of student's knowledge measurement reaches a maximum. A base of control tests, combining psychological and didactic tests is an important part of such system. To carry out the research the authors used methods of pedagogical science, structural systems analysis, expert assessments, database design for automation systems. As a result of the research the authors developed and successfully tried out the synthesis technology for base of tests in computer-aided learning, allowing implementing adaptive management of education process by providing training influences appropriate for individual psychological characteristics of each student and providing a

level of training of students with automated control of their level of motivation and commitment.

Keywords: *standardized test scores, adaptive testing, automated control of knowledge, computer aided learning, educational informatics, base of tests, didactic tests, psychological tests, system of tests, management training*

В настоящее время не вызывает сомнений необходимость широкого внедрения технических средств, методов и форм обучения, направленных на развитие продуктивного мышления, индивидуализацию процесса обучения и его интенсификацию - автоматизированных систем обучения. Под автоматизированной системой обучения принято понимать автоматизированную информационную систему, которая включает в себя преподавателя, обучаемых, комплекс учебно-методических и дидактических материалов, автоматизированную систему обработки данных, предназначенную для процесса обучения с целью повышения его эффективности.

Основные задачи автоматизированной системы обучения в общем случае сводятся к следующим:

1. Ознакомление специалиста с задачами его деятельности, изучение материала и совокупности действий по его эксплуатации в нормальных и аварийных режимах функционирования.
2. Поддержание и развитие навыков оценки сложившейся ситуации, принятие решений на основе имитационных моделей.
3. Обеспечение оперативного и наглядного отображения результатов деятельности обучаемого, посредством графиков, таблиц, диаграмм и гистограмм распределений значений заданного диагностического показателя.
4. Использование интерактивного режима, который позволяет резко увеличить по сравнению с традиционным обучением пропускную способность канала обратной связи (от обучаемого к компьютеру). Возможность реализации интенсивных информационных потоков в замкнутом контуре обучения, а также получения с помощью диалога с компьютером различных справок, разъяснений, рекомендаций.
5. Осуществление пооперационного контроля деятельности специалиста с выдачей сообщений об ошибках и пояснений их причин. Передача информации об ошибках обучаемого на рабочее место инструктора и обучаемого. Система оценки обученности должна обеспечивать своевременную выдачу данных в форме, позволяющей использовать ее для дальнейшего совершенствования процесса обучения.
6. Планирование процесса обучения, генерирование учебных программ (дидактических сценариев) в зависимости от исходного и требуемого уровней подготовки специалиста.

7. Предоставление инструктору средств, обеспечивающих формирование и корректировку информационных моделей ситуаций любой степени вложенности и сложности с целью показа, тренировки и контроля качества деятельности обучаемых.

8. Игровая мотивация, что повышает привлекательность процесса обучения.

Реализация технологий автоматизированного обучения предполагает осуществление текущего контроля уровня знаний обучаемых, реализуемого с помощью системы тестового контроля (СТК) [1, 2, 6-10]. СТК обеспечивает:

- управление процессом адаптивного тестирования;
- предварительный (входной) контроль знаний обучаемого;
- объективный контроль усвоения обучаемым учебного материала (текущий, тематический, рубежный и итоговый контроль);
- анализ психологических характеристик обучаемого перед обучением и в ходе обучения при возникновении сложных ситуаций (например, если на протяжении длительного периода времени обучаемым получены только неудовлетворительные оценки);
- анализ результатов тестирования с выдачей заключения и рекомендаций.

Функционирование СТК основано на реализации адаптивного тестирования, представляющего собой процесс автоматизированного подбора тестовых заданий (контрольных вопросов) такого уровня трудности, при котором точность (объективность) измерения уровня знаний обучаемого достигает максимума [1, 2, 7-9]. Неотъемлемой частью СТК является база контрольных тестов.

База данных (БД) СТК включает набор (систему) тестов, состоящих из конечного множества упорядоченных по уровню трудности тестовых заданий и состоит из двух блоков [1, 9, 12, 14]:

- *блок психологических тестов*, направленных на выявление психологических свойств и индивидуальных особенностей обучаемого;
- *блок дидактических тестов* для контроля усвоения обучаемым учебного материала в процессе обучения.

Разработка БД СТК (рис. 1) включает следующие этапы:

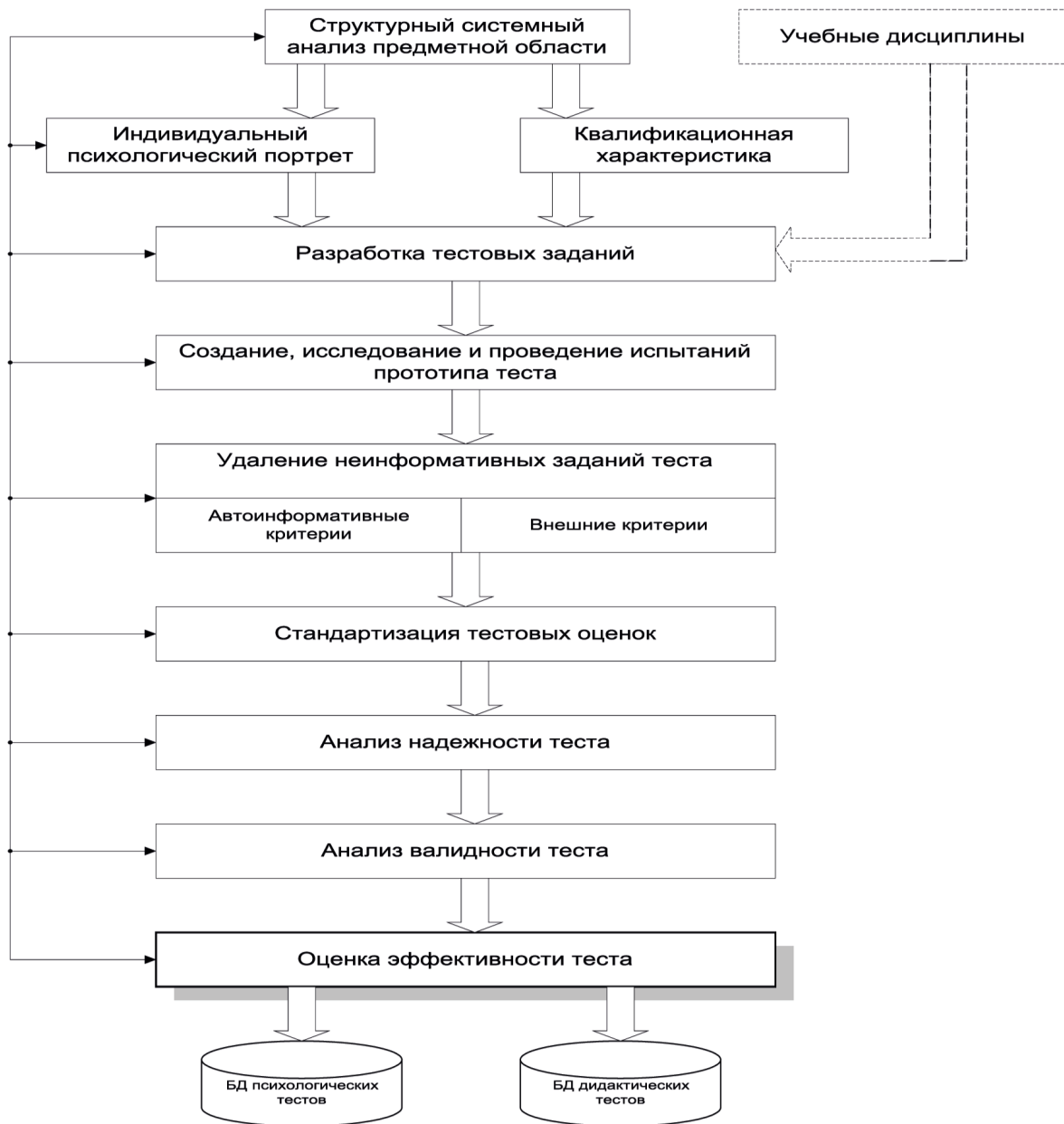


Рисунок 1. Схема технологии синтеза базы психологических и дидактических тестов системы автоматизированного обучения.

1. *Структурный системный анализ* объекта обучения, результатом которого является построение индивидуального психологического портрета (ИПП), задающего требования к психологическим свойствам обучаемых и выявляющего профессионально-значимые качества (ПЗК) (рис. 2), и формирование квалификационной характеристики (КХ), определяющей уровень знаний, умений и навыков специалистов. Этот этап разработки БД СТК

реализуется на основе принципа функциональной декомпозиции «сверху-вниз», который заключается в последовательной детализации системы на отдельные фрагменты, каждый из которых отражает достаточно ограниченный этап процесса функционирования системы. При реализации этого этапа широко применяется метод экспертных оценок [4, 6, 10, 11].

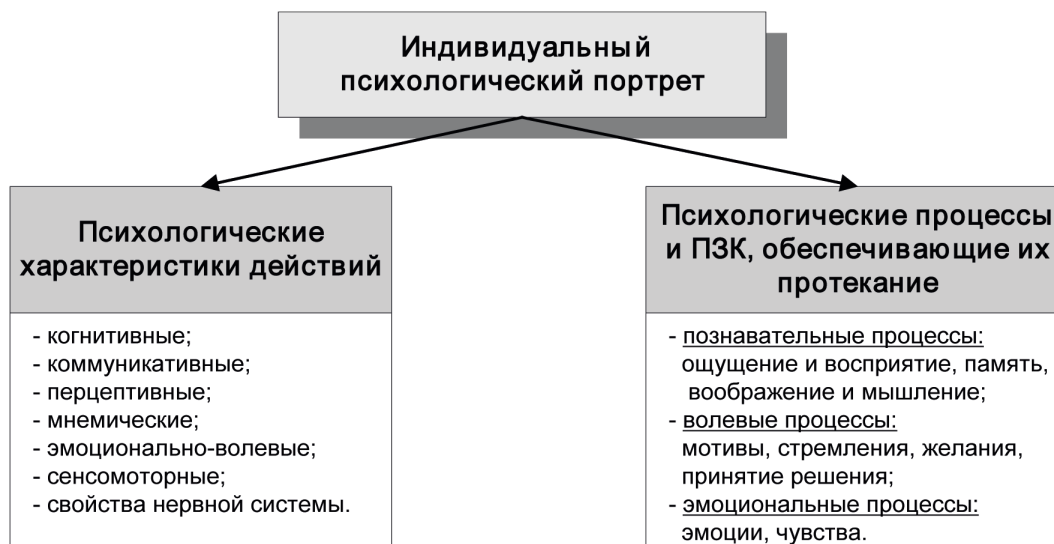


Рисунок 2. Структура ИПП обучаемых.

2. *Разработка тестовых заданий* на основе составленных ИПП и КХ, а также с учетом тематического плана и содержания учебных дисциплин. Основные этапы разработки тестовых заданий, а также общие требования, предъявляемые к контрольным вопросам, и принципы отбора содержания тестовых заданий показаны на рис. 3. Как правило, тестовые задания составляются как преподавателями, так и специалистами-экспертами предметной области, что увеличивает полноту и достоверность тестов [1, 12].

3. *Создание, исследование и проведение испытаний прототипа тестовых заданий* на репрезентативной выборке обучаемых [13]. Результаты обследования сводятся в таблицу экспериментальных данных («Обучаемые – Ответы на тестовые задания») [5].

4. *Селекция (удаление) неинформативных тестовых заданий*, осуществляемая с помощью эмпирического и статистического анализа данных. Эмпирический анализ основан на автоинформативности экспериментальных данных, при этом учитываются только числовые отношения сходства и различия объектов (обучаемых) и признаков (ответов на тестовые задания), и не учитываются эмпирические (внешние) отношения исследуемых объектов (реализуется с помощью метода главных компонент, факторного анализа, кластерного анализа, метода контрастных групп и т.п.) [3, 4, 12-14]. Статистический анализ ос-

нован на привлечении и активном использовании дополнительной (внешней) обучающей информации, опираясь на внешние критерии (реализуется с помощью регрессионного анализа, дискриминантного анализа, искусственных нейронных сетей и т.п.) [3, 4, 11-14].

5. *Стандартизация теста*, т.е. преобразование тестовых оценок репрезентативной выборки обучаемых на основе анализа эмпирического распределения тестовых оценок в стандартную форму [12-14].

6. *Вычисление характеристик надежности теста*. Под надежностью теста понимается характеристика теста, отражающая точность (объективность) измерений, а также устойчивость результатов теста относительно влияния посторонних случайных факторов [1].

7. *Определение валидности теста*. Валидность теста показывает, в какой мере тест измеряет то качество (свойство, способности и т.п.), для выявления (характеристики) которого он предназначен [1, 6, 10].

Выделяют три основных вида валидности:

- *содержательная*: дает ответы на вопросы: охватывает ли содержание теста весь комплекс требований к знанию конкретной учебной дисциплины и насколько отобранные задания теста (из множества возможных) пригодны для оценки знаний по этой учебной дисциплине;
- *эмпирическая*: проверка с помощью другого теста, измеряющего тот же показатель, что и исследуемый тест, определяется для определения индивидуальной прогностичности теста;
- *конструктивная (концептуальная)*: устанавливается путем доказательств правильности теоретических концепций, положенных в основу теста; дает информацию о степени измерения тестом конструктивно выделяемого параметра и требует постоянного накопления информации об изменчивости оценок.

В литературе нет единого подхода к определению точных границ надежности и валидности, позволяющих оценить качество теста по этим критериям. Анализ надежности и валидности теста позволяет провести «первичную чистку» теста, получить начальные представления о примерной трудности заданий и ожидаемых качественных характеристиках разрабатываемого теста. Однако эти критерии не отличают хорошо подготовленных обучаемых от слабых, так как дифференцирующая способность таких заданий близка к нулю [1, 6, 12]. Для получения строгих корректных оценок параметров теста используется *критерий эффективности теста*, определяющий соответствие трудности задания теста уровню подготовленности обучаемого [1, 14].

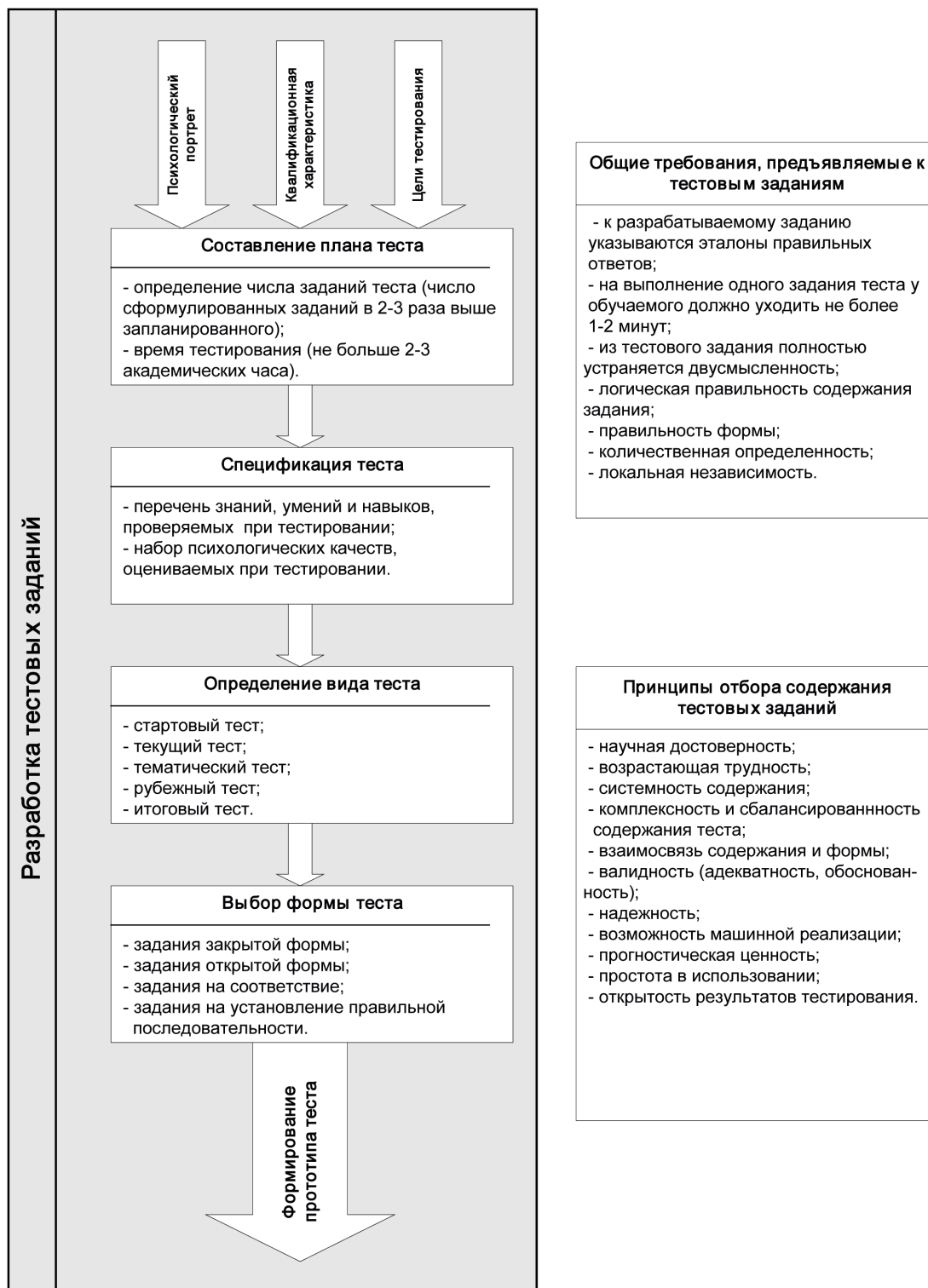


Рисунок 3. Схема разработки тестовых заданий.

8. *Определение эффективности теста*, способствующее выявлению оптимального набора тестовых заданий, соответствующих по трудности и дифференцирующей способности особенностям тестируемой выборки обучаемых. Для определения эффективности теста используется теория Item Response Theory (IRT), представляющая собой психолого-педагогический вариант латентно-структурного анализа [15, 16]. Математический аппарат IRT позволяет получить строгие корректные оценки тестовых заданий, что существенно повышает точность тестовых измерений и качество разрабатываемых тестов [17-19].

9. *Формирование БД психологических и дидактических тестов*, подразумевающее ее наполнение тестами, обеспечивающими построение ИПП и формирование КХ обучаемых [5, 9, 20, 21-25].

Анализ предметной области показывает, что при автоматизации обучения недостаточно полно учитываются законы психологии и педагогики. Диалектика развития в этой области заключается в том, что как бы ни были велики потенциальные возможности информатики, они не обратятся в подлинно эффективный обучающий комплекс без учета психологических свойств и способностей человека. В известных автоматизированных системах обучения практически не учитываются индивидуальные особенности обучаемых и их способности адаптации к обучающей среде. Проблемы индивидуализации обучения являются достаточно сложными и до сих пор не решены в полном объеме.

Для решения проблемы оптимального управления процессом обучения, построения более совершенных экспериментальных и аналитических моделей этого процесса, имеет важное значение развитие "микropодхода" к изучению процессов обучения. "Микropодход" позволяет проникнуть в структуру процессов обучения, выделить ведущие психологические факторы, определить закономерности обучения и характеристики стратегий обучения. Поэтому дальнейшее развитие автоматизированного обучения необходимо связать с изучением не только процессов эволюции стратегий обучения, но и процессов их трансформации – перехода от одной стратегии к другой под влиянием способов обучения, индивидуальных особенностей обучаемого, условий и средств выполнения учебных заданий.

* * *

Изложенная технология построения БД тестов СТК эффективно реализована при создании семи систем автоматизированного обучения. Проектирование БД тестов СТК на основе изложенной технологии обеспечивает соответствие обучающих воздействий индивидуально-психологическим особенностям и уровню подготовки того или иного обучаемого, а также контроль уровня мотивации и активности обучаемых, что позволяет реализовать адаптивное управление обучением.

Библиография :

1. Базанов В.М., Ветошкин В.М., Лялюк И.Н., Саяпин О.В., Сельвесюк Н.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением авиации РФ. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А Гагарина». – 2010. – 209 с.
2. Ушаков И.Б., Богомолов А.В. Информатизация программ персонифицированной адаптационной медицины // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2014. – № 5-6. – С. 124-128.
3. Богомолов А.В. Концепция математического обеспечения диагностики состояния человека // Информатика и системы управления. – 2008. – № 2 (16). – С. 11-13.
4. Богомолов А.В., Зуева Т.В., Чикова С.С., Голосовский М.С. Экспертно-аналитическое обоснование приоритетных направлений совершенствования системы предупреждения биологических террористических актов // Информатика и системы управления. – 2009. – № 4. – С. 134-136.
5. Ветошкин В.М. Базы данных. – М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. – 2005. – 388 с.
6. Ворона А.А., Герасименко В.Д., Козловский Э.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Медико-социальное прогнозирование профессиональной готовности выпускника военно-учебного заведения // Военно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 333. – № 1. – С. 40.
7. Гузик В.Ф., Ляпунцова Е.В., Костюк А.И., Черный С.А. Принципы разработки систем тестового контроля знаний // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2002. – Т. 25. – № 2. – С. 164-166.
8. Давыдов Д.А., Шарафиев Р.Г. Проектирование систем адаптивного тестового контроля // Педагогический журнал Башкортостана. – 2006. – Т. 2. – № 3. – С. 39-59.
9. Ключева И.А. Компьютерные программы и автоматизированные системы в обучении // Альманах современной науки и образования. – 2010. – № 5. – С. 102-104.
10. Ушаков И.Б., Ворона А.А., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Аппаратно-программные комплексы для медико-психологического обеспечения контроля надежности профессиональной деятельности человека в условиях высокого риска возникновения чрезвычайной ситуации // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 3. – С. 8.
11. Фёдоров М.В., Калинин К.М., Богомолов А.В., Стецюк А.Н. Математическая модель автоматизированного контроля выполнения мероприятий в органах военного управления // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – Т. 9. – № 5. – С. 46-54.
12. Шпудейко С.А., Богомолов А.В. Методологические основы организации немонотонных процессов обучения сложным видам деятельности на основе теории трансформационного обучения // Информационные технологии. – 2006. – № 3. – С. 74-79.
13. Щеглов И.Н., Богомолов А.В., Печатнов Ю.А. Исследование влияния репрезентативности обучающей выборки на качество работы методов распознавания образов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2002. – № 9-10.
14. Щеглов И.Н., Печатнов Ю.А., Богомолов А.В. Интенсификация разработки автоматизированных систем обучения на основе нейросетевых технологий // Информационные технологии. – 2003. – № 4. – С. 31.

15. Carol M. Woods, Nan Lin Item response theory with estimation of the latent density using davidian curves // *Applied Psychological Measurement*. – 2009. – Т. 33. – № 2. – С. 102-117.
16. Kyung T. Han IRTEQ: windows application that implements item response theory scaling and equating // *Applied Psychological Measurement*. – 2009. – Т. 33. – № 6. – С. 491-493.
17. Голосовский М.С., Шашин А.Е. Технология адаптивного синтеза системы тестового контроля качества автоматизированного обучения // В сборнике: Системный анализ в медицине (САМ 2014) Материалы VIII международной научной конференции. Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН. – 2014. – С. 71-74.
18. Кукушкин Ю.А., Усов В.М., Богомолов А.В. Автоматизированное оценивание риска нарушений состояния здоровья человека с помощью компьютерных вопросников на основе нечеткой логики // *Информационные технологии*. – 2002. – № 10. – С. 44.
19. Шипилов В.В., Сахаров О.В. Моделирование подбора и расстановки кадров с учетом их профессиональных навыков для выполнения проектов // *Вопросы теории безопасности и устойчивости систем*. – 2014. – № 16. – С. 153-164.
20. Виноградов А.Н., Макаренков С.А., Чиров Д.С. Применение методов data mining для формирования базы знаний экспертной системы классификации радиосигналов // *T-Comm: Телекоммуникации и транспорт*. – 2010. – Т. 4. – № 11. – С. 61-64.
21. Голосовский М.С. Модель жизненного цикла разработки программного обеспечения в рамках научно-исследовательских работ // *Автоматизация. Современные технологии*. – 2014. – № 1. – С. 43-46.
22. Скуратовский Н.И., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. Автоматизированная поддержка эргономической экспертизы средств индивидуальной защиты от авиационного шума // *Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики*. 2014. № 1 (68). С. 54-57.
23. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Автоматизация персонифицированного мониторинга условий труда // *Автоматизация. Современные технологии*. 2015. № 3. С. 6-8.
24. Козлов В.Е., Богомолов А.В., Рудаков С.В., Оленченко В.Т. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания // *Мир измерений*. 2012. № 9. С. 42-49.
25. Есев А.А., Мережко А.Н., Ткачук А.В. Технология квалиметрии технического уровня сложных систем // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2014. № 7 (121). С. 28-34.

References:

1. Bazanov V.M., Vetoshkin V.M., Lyalyuk I.N., Sayapin O.V., Sel'vesyuk N.I. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya poletami i vozdushnym dvizheniem aviatsii RF. – М.: VUNTs VVS «VVA im. professora N.E. Zhukovskogo i Yu.A. Gagarina». – 2010. – 209 s
2. Ushakov I.B., Bogomolov A.V. Informatizatsiya programm personifitsirovannoi adaptatsionnoi meditsiny // *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. – 2014. – № 5-6. – S. 124-128.
3. Bogomolov A.V. Kontseptsiya matematicheskogo obespecheniya diagnostiki sostoyaniya cheloveka // *Informatika i sistemy upravleniya*. – 2008. – № 2 (16). – S. 11-13.

4. Bogomolov A.V., Zueva T.V., Chikova S.S., Golosovskii M.S. Ekspertno-analiticheskoe obosnovanie prioritnykh napravlenii sovershenstvovaniya sistemy preduprezhdeniya biologicheskikh terroristicheskikh aktov // Informatika i sistemy upravleniya. – 2009. – № 4. – S. 134-136.
5. Vetoshkin V.M. Bazy dannykh. – M: VVIA im. prof. N.E. Zhukovskogo. – 2005. – 388 s.
6. Vorona A.A., Gerasimenko V.D., Kozlovskii E.A., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Mediko-sotsial'noe prognozirovaniye professional'noi gotovnosti vypusknika voenno-uchebnogo zavedeniya // Voенno-meditsinskii zhurnal. – 2012. – T. 333. – № 1. – S. 40.
7. Guzik V.F., Lyapuntsova E.V., Kostyuk A.I., Chernyi S.A. Printsipy razrabotki sistem testovogo kontrolya znaniy // Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2002. – T. 25. – № 2. – S. 164-166.
8. Davydov D.A., Sharafiev R.G. Proektirovaniye sistem adaptivnogo testovogo kontrolya // Pedagogicheskii zhurnal Bashkortostana. – 2006. – T. 2. – № 3. – S. 39-59.
9. Klyueva I.A. Komp'yuternye programmy i avtomatizirovannyye sistemy v obuchenii // Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya. – 2010. – № 5. – S. 102-104.
10. Ushakov I.B., Vorona A.A., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. Apparatno-programmnyye komplekсы dlya mediko-psikhologicheskogo obespecheniya kontrolya nadezhnosti professional'noi deyatel'nosti cheloveka v usloviyakh vysokogo riska vozniknoveniya chrezvychainoi situatsii // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2004. – № 3. – S. 8.
11. Fedorov M.V., Kalinin K.M., Bogomolov A.V., Stetsyuk A.N. Matematicheskaya model' avtomatizirovannogo kontrolya vypolneniya meropriyatii v organakh voennogo upravleniya // Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy. – 2011. – T. 9. – № 5. – S. 46-54.
12. Shpudeiko S.A., Bogomolov A.V. Metodologicheskie osnovy organizatsii nemonotonnykh protsessov obucheniya slozhnym vidam deyatel'nosti na osnove teorii transformatsionnogo obucheniya // Informatsionnye tekhnologii. – 2006. – № 3. – S. 74-79.
13. Shcheglov I.N., Bogomolov A.V., Pechatnov Yu.A. Issledovanie vliyaniya reprezentativnosti obuchayushchei vyborki na kachestvo raboty metodov raspoznavaniya obrazov // Neurokomp'yutery: razrabotka, primeneniye. – 2002. – № 9-10.
14. Shcheglov I.N., Pechatnov Yu.A., Bogomolov A.V. Intensifikatsiya razrabotki avtomatizirovannykh sistem obucheniya na osnove neirosetevykh tekhnologii // Informatsionnye tekhnologii. – 2003. – № 4. – S. 31.
15. Carol M. Woods, Nan Lin Item response theory with estimation of the latent density using davidian curves // Applied Psychological Measurement. – 2009. – T. 33. – № 2. – S. 102-117.
16. Kyung T. Han IRTEQ: windows application that implements item response theory scaling and equating // Applied Psychological Measurement. – 2009. – T. 33. – № 6. – S. 491-493.
17. Golosovskii M.S., Shashin A.E. Tekhnologiya adaptivnogo sinteza sistemy testovogo kontrolya kachestva avtomatizirovannogo obucheniya // V sbornike: Sistemnyi analiz v meditsine (SAM 2014) Materialy VIII mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Dal'nevostochnyi nauchnyi tsentr fiziologii i patologii dykhaniya SO RAMN. – 2014. – S. 71-74.
18. Kukushkin Yu.A., Usov V.M., Bogomolov A.V. Avtomatizirovannoe otsenivaniye riska narusheniya sostoyaniya zdorov'ya cheloveka s pomoshch'yu komp'yuternykh voprosnikov na osnove nechetkoi logiki // Informatsionnye tekhnologii. – 2002. – № 10. – S. 44.

19. Shipilov V.V., Sakharov O.V. Modelirovanie podbora i rasstanovki kadrov s uchetom ikh professional'nykh navykov dlya vypolneniya proektov // Voprosy teorii bezopasnosti i ustoychivosti sistem. – 2014. – № 16. – S. 153-164.
20. Vinogradov A.N., Makarenkov S.A., Chirov D.S. Primenenie metodov data mining dlya formirovaniya bazy znaniy ekspertnoi sistemy klassifikatsii radiosignalov // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. – 2010. – Т. 4. – № 11. – S. 61-64.
21. Golosovskii M.S. Model' zhiznennogo tsikla razrabotki programmnoho obespecheniya v ramkakh nauchno-issledovatel'skikh rabot // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. – 2014. – № 1. – S. 43-46.
22. Skuratovskii N.I., Zinkin V.N., Bogomolov A.V. Avtomatizirovannaya podderzhka ergonomicheskoi ekspertizy sredstv individual'noi zashchity ot aviatsionnogo shuma // Chelovecheskii faktor: problemy psikhologii i ergonomiki. 2014. № 1 (68). S. 54-57.
23. Bogomolov A.V., Kukushkin Yu.A. Avtomatizatsiya personifitsirovannogo monitoringa uslovii truda // Avtomatizatsiya. Sovremennye tekhnologii. 2015. № 3. S. 6-8.
24. Kozlov V.E., Bogomolov A.V., Rudakov S.V., Olenchenko V.T. Matematicheskoe obespechenie obrabotki reitingovoi informatsii v zadachakh ekspertnogo otsenivaniya // Mir izmerenii. 2012. № 9. S. 42-49.
25. Esev A.A., Merezhko A.N., Tkachuk A.V. Tekhnologiya kvalimetrii tekhnicheskogo urovnya slozhnykh sistem // Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii. 2014. № 7 (121). S. 28-34.