

## ДИАГНОСТИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА-НАВИГАТОРА НА ОСНОВЕ ЗАДАЧНОГО ПОДХОДА

**А. П. Григорьев**<sup>а, б</sup>, ассистент, начальник проектно-конструкторского сектора, alexgrid-1986@mail.ru

**С. Г. Бурлуцкий**<sup>а</sup>, канд. техн. наук, доцент, sergey\_burluckiy@mail.ru

**А. О. Чернелевский**<sup>а, в</sup>, магистр, инженер 2-й категории, anatoliy.chernelevskiy@mail.ru

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,  
Б. Морская ул., 67, Санкт-Петербург, 190000, РФ

<sup>б</sup>АО «Конструкторское бюро «Арсенал» им. М. В. Фрунзе», Комсомола ул., 1–3, Санкт-Петербург,  
195009, РФ

<sup>в</sup>ПАО «Техприбор», Варшавская ул., 5а, Санкт-Петербург, 196084, РФ

**Постановка проблемы:** благодаря компьютеризации образовательного процесса и использования дистанционных адаптивных обучающих систем можно реализовать сквозную непрерывную подготовку высококвалифицированных кадров, способных решать широкий спектр прикладных инженерных задач. При этом в обязательном порядке для мониторинга знаний и умений требуется проводить непрерывную диагностику обучаемого. **Цель:** разработка системы диагностики навигационных умений на базе задачного подхода с использованием вывода на аппарате бинарных деревьев посредством графосемантического ранжирования сложности отдельных действий при решении обучаемым типовой практической задачи. **Результаты:** сформулирована основная задача, решаемая экспертной диагностирующей системой при обучении авиационных специалистов, — диагностика знаний и практических умений. За счет графосемантического подхода осуществлено объективное ранжирование отдельных действий оператора при построении частного семантического графа на основании задачи, решаемой обучаемым. При создании и последующем функционировании разработанной дистанционной адаптивной системы обучения применение аппарата бинарных деревьев позволило проанализировать все возможные варианты решения задачи и на базе простых математических действий запрограммировать решение. Применяя указанные выше подходы с использованием аппарата нечеткой логики, авторы выдвинули гипотезу о возможности рассчитать степень приближения ответа обучаемого к эталону (правильному ответу), тем самым эффективно диагностируя его знания и умения на всех этапах решения задачи. **Практическая значимость:** разработанная система позволяет сократить время обучения, интенсифицировать обучающий процесс и повысить степень усвоения знаний и умений. Осуществляется разгрузка инструктора (преподавателя) за счет его освобождения от выполнения ряда технологических операций, связанных с обработкой и проверкой результатов решения обучаемыми практических заданий.

**Ключевые слова** — подготовка авиационных специалистов, контроль знаний, диагностика умений, адаптивные обучающие системы, задачный подход, семантические графы, бинарные деревья, адаптивность.

**Цитирование:** Григорьев А. П., Бурлуцкий С. Г., Чернелевский А. О. Диагностирующая система деятельности оператора-навигатора на основе задачного подхода // Информационно-управляющие системы. 2018. № 2. С. 96–103. doi:10.15217/issn1684-8853.2018.2.96

**Citation:** Grigoryev A. P., Burlutsky S. G., Chernelevsky A. O. Operator-Navigator Activity Diagnostics System based on Task Approach. *Informatsionno-upravliaiushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2018, no. 2, pp. 96–103 (In Russian). doi:10.15217/issn1684-8853.2018.2.96

### Введение

В широком смысле диагностикой называют процесс поиска неисправности в системе, основанный на интерпретации данных. Применительно к процессу обучения диагностика означает выявление тех знаний/умений, которыми обучаемый не овладел.

Цели диагностики неразрывно связаны с целями обучения. Критериями эффективности используемой модели информационной технологии педагогической диагностики являются [1]:

— соответствие в выявлении ошибок с помощью корректировки модели информационной технологии педагогической диагностики результатам, полученным традиционным способом;

— соответствие диагностического суждения, полученного с помощью корректировочной модели информационной технологии педагогической диагностики, результатам обучения учащегося;

— уменьшение затрат труда преподавателя-эксперта при улучшении (или неизменности) результатов обучения.

К дидактическим ограничениям относится тот факт, что диагностика в электронном учебнике способна выявлять недостатки в усвоении именно содержания электронного учебника.

При построении экспертной системы [2], предназначенной для диагностики текущего состояния знаний/умений обучаемого, возможны два подхода.

1. Подход, подчиненный логике раскрытия темы или раздела. При этом подбираются задачи (вопросы), суммарный спектр которых, т. е. совокупность всех знаний/умений, необходимых для решения исходной задачи, покрывает соответствующую часть предметной модели обучаемого по диагностируемой теме.

2. Подход, заключающийся в том, что предметная модель обучаемого ограничивается спектром какой-либо задачи или набора задач, т. е. второй подход подчинен логике решения определенной задачи. Этот так называемый задачный подход вытекает из деятельностной природы обучения. Как известно, механизмом осуществления деятельности является решение задач. Если обучаемый правильно решает задачу, то текущая модель обучаемого совпадает с локальной предметной моделью, и не требуется никаких корректировок учебного процесса. Если допущена ошибка, то задача диагностирующей системы заключается в определении тех необходимых для решения знаний/умений, которыми обучаемый не владеет (процесс восстановления знаний).

### Алгоритм символьных преобразований математических выражений

При контроле решения обучаемым навигационных задач одну из ключевых ролей играют символьные преобразования математических выражений, которые необходимы при сравнении ответа обучаемого и ответа, полученного системой. Одно и то же математическое выражение может быть представлено различными семантически эквивалентными формулами. Поэтому, прежде чем сравнивать свой ответ и ответ обучаемого, система осуществляет приведение обоих ответов к некоторой стандартной форме. Что понимать под стандартной формой, определяет разработчик обучающего курса, который задает формулы преобразования в модуле символьных преобразований.

В процессе проектирования модуля символьных преобразований возникла необходимость решения следующих задач: выбора способа представления математических формул в памяти компьютера; разработки алгоритма преобразования формул к выбранному представлению; разработки стандартного вида формул; разработки алгоритма приведения формул к стандартному виду; разработки метода символьных преобразований.

Одним из первых возникших при реализации символьных преобразований был вопрос представления математических формул в памяти компьютера. Очевидно, что от пользователя формулы могут поступать в систему только в виде строк символов. Однако преобразование формул,

представленных строками, сложно и неэффективно. Поэтому было использовано представление формул в виде бинарных деревьев [3], которое было адаптировано для объектно-ориентированной парадигмы программирования. Для преобразования формул из строкового представления в бинарное дерево были использованы методы теории трансляции [4]. В модуле, выполняющем эти преобразования, можно выделить два основных компонента: лексический и синтаксический анализаторы. Лексический анализатор выделяет из входной строки отдельные лексемы. К лексемам относятся: числа — последовательности цифр, содержащие или не содержащие десятичную точку; переменные, представленные последовательностями букв и цифр, начинающимися с буквы (идентификаторами); знаки арифметических операций «+», «-», «\*», «/», «^»; имена функций — идентификаторы, за которыми непосредственно следует левая круглая скобка, левая и правая круглые скобки, запятая.

### Диагностирующая система деятельности оператора-навигатора на основе задачного метода

Как уже было сказано, одним из важнейших дидактических средств подготовки оператора-навигатора является система задач, при решении которых он не только закрепляет полученные теоретические знания, но и приобретает умения и навыки, необходимые в его профессиональной деятельности. Рассмотрим пример, когда по запросу оператора осуществляется оценка его решения, диагностирование возможных ошибок и предъявление на экране результатов расчетов эталонных (выполненных персональным компьютером) и фактических (выполненных обучаемым с помощью реальных приборов). Рассмотрим в качестве сценария обучения задачный подход на примере темы «Расчет условного курса на следующий этап полета».

Исходными данными задачи являются: ЗУПУ — заданный условный путевой угол, град;  $\sigma$  — направление ветра, град;  $V$  — истинная воздушная скорость, км/ч;  $U$  — скорость ветра, км/ч. В результате решения задачи рассчитываются: УВ — угол ветра, град; УС — угол сноса, град; УК — условный курс, град. Диапазоны изменения исходных данных следующие:

$$\text{ЗУПУ} = 0 \dots 360^\circ; \sigma = 0 \dots 360^\circ;$$

$$V = 0 \dots 900 \text{ км/ч}; U = 0 \dots 250 \text{ км/ч}.$$

Поскольку решение навигационных задач осуществляется в реальном масштабе времени, то при оценивании качества решения необходимо учиты-

- Экспертные значения оценки качества выполнения задачи
- Expert quality evaluation value of the task execution

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

вать не только точность, но и скорость выполнения поставленной задачи. В таблице приведены экспертные значения оценки с учетом времени и точности выполнения задачи по расчету условного курса на следующий этап полета.

При формировании эталонной модели решения задачи обучающая программа использует следующие формулы решения:

— для расчета угла ветра

$$\begin{cases} \sigma - \text{ЗУПУ} & \text{при } UV > 0 \\ 360 + \sigma - \text{ЗУПУ} & \text{при } UV < 0 \end{cases}$$

— для расчета угла сноса формула разбивается на ряд простых действий:

$$\begin{aligned} x_1 &= U/V; \\ x_2 &= \arcsin(U/V); \\ x_3 &= \sin(UV); \\ UC &= x_2 x_3. \end{aligned}$$

Условный курс рассчитывается по формуле  $УК = \text{ЗУПУ} - UC$ .

### Построение бинарного дерева

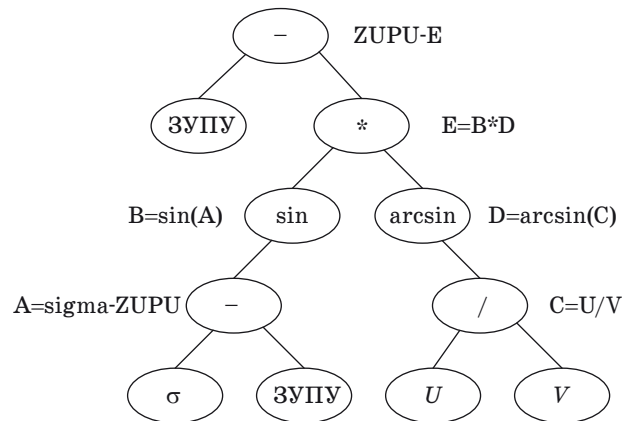
В памяти компьютера формула расчета условного курса на следующий этап полета

$$УК_{с.э} = \text{ЗУПУ} - \sin(\sigma - \text{ЗУПУ}) * \arcsin(U/V) (*)$$

будет представляться в следующем виде (рис. 1).

Поскольку одна и та же символическая информация, представленная на языке естественно-математической записи, может быть описана различными семантически эквивалентными выражениями, то требуется преобразовать бинарное дерево к стандартному виду, для чего необходимо:

- исключить все лишние скобки и унарные плюсы;
- раскрыть скобки, относящиеся к бинарному и унарному минусу;

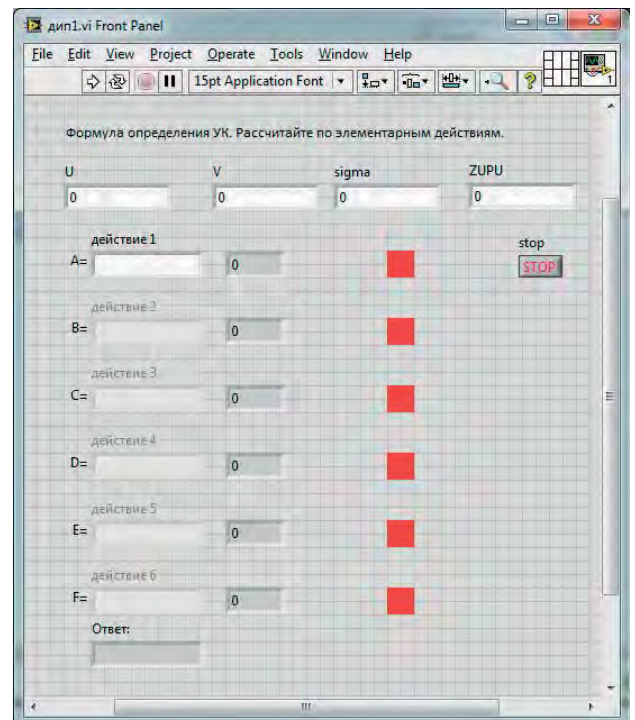


- Рис. 1. Построение бинарного дерева
- Fig. 1. Construction of a binary tree

- вынести унарный минус из-под знаков умножения и деления;
- если возможно, раскрыть скобки, охватывающие делитель.

### Описание интерфейса диагностирующей программы

На рис. 2 показан графический интерфейс разработанной диагностирующей программы. Дан-

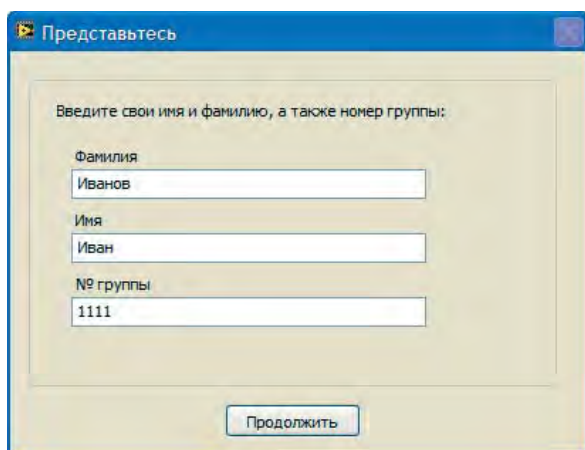


- Рис. 2. Графический интерфейс диагностирующей программы
- Fig. 2. Graphical interface of the diagnostic program



ная программа реализует задачный подход при обучении оператора-навигатора и построена в среде графического программирования LabVIEW.

При первом запуске программы появляется диалоговое окно, в котором необходимо указать личные данные обучаемого (рис. 3). После сохранения пользовательских данных, в ячейках исходных данных (см. рис. 2) обучаемым вручную задаются значения переменных (U, V, sigma, ZUPU) в опре-



■ **Рис. 3.** Диалоговое окно сохранения личных данных пользователя

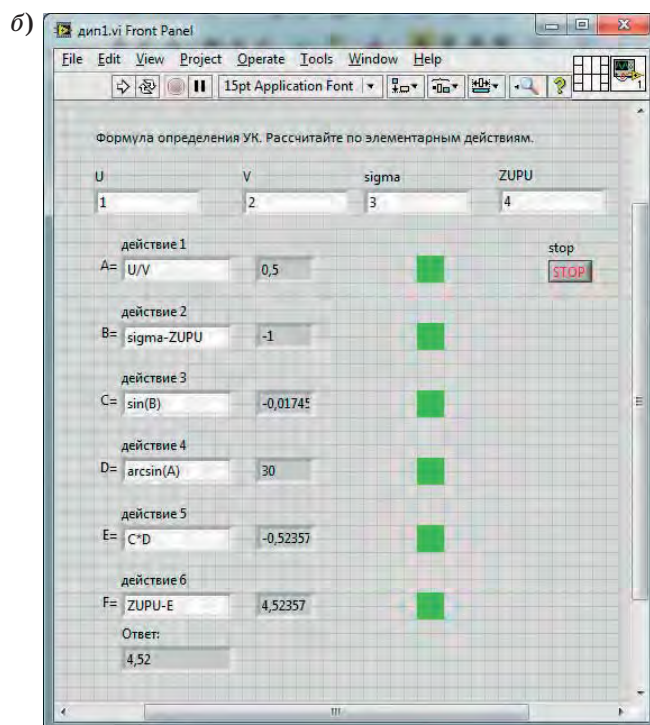
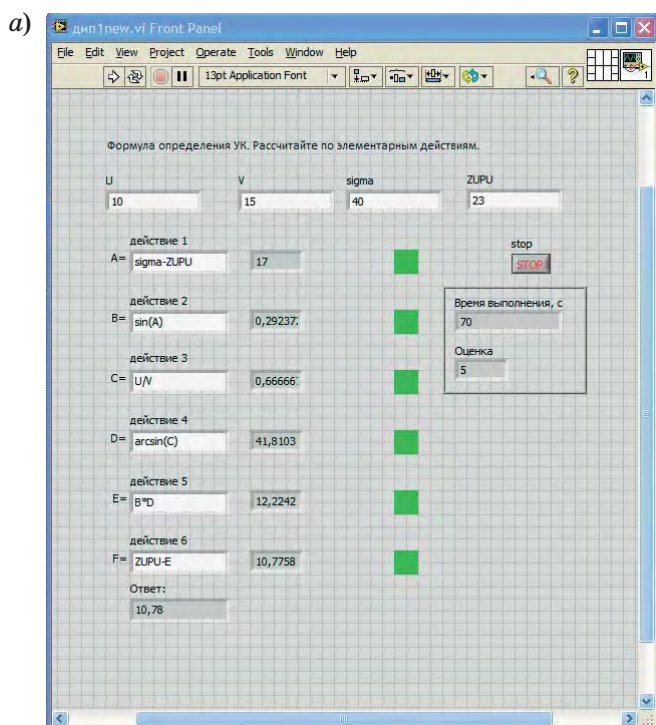
■ **Fig. 3.** User data saving dialog box

деленных, установленных преподавателем, пределах. В столбце ячеек действий (A, B, C, D, E, F) обучаемый вводит отдельные элементы формулы (\*) нахождения УК. По ходу решения программа выводит численные значения параметров в столбце ячеек справа и выставляет обучаемому оценку.

В результате правильного введения элемента формулы система укажет зеленым светом индикатора тот шаг, на котором был осуществлен правильный ввод, и позволит перейти к следующему этапу.

При неправильном введении элемента формулы система укажет красным светом индикатора тот шаг, на котором допущена ошибка, и до устранения ошибки не позволит перейти к следующему этапу выполнения задания.

В полях ввода «действие 1», «действие 2» и т. д. следует поэтапно расписать процесс вычисления. Для «действие 1», например, можно записать «U/V» либо «sigma-ZUPU» (см. рис. 1). Таким образом, формула (\*) разбивается на простейшие математические операции. Программа инвариантна к очередности вычислений, однако она осуществляет контроль правильности набранных выражений и проверяет, может ли быть вычислен текущий параметр при условии вычисления предыдущих. Если все операции выполнены правильно, то результат должен выглядеть так, как указано на рис. 4, а. Поскольку программа инвариантна по



■ **Рис. 4.** Процесс правильного (а) и альтернативного (б) решения задачи по расчету УК на следующий этап полета

■ **Fig. 4.** The process of correct (a) and alternative (б) solving the task of calculating the conditional course for the next stage of the flight

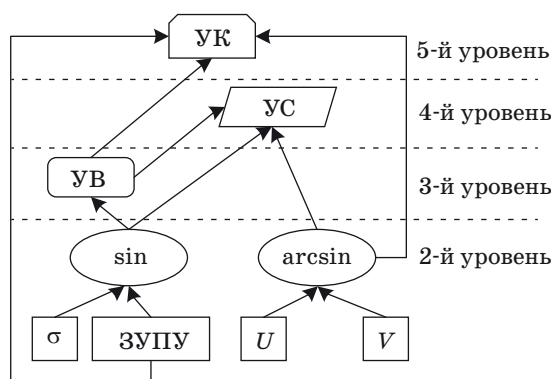
отношению к очередности ввода, то возможны и альтернативные решения задачи (рис. 4, б).

При условии, что численные значения исходных данных предварительно занесены в поля ввода  $U$ ,  $V$ ,  $\sigma$ ,  $ZUPU$ , при правильном и корректном (с точки зрения синтаксиса математической операции) вводе напротив каждого действия отобразится его промежуточное численное значение. При правильном решении задачи в ячейке «Ответ» выводится искомое значение  $УК$ . В формате HTML (рис. 5) сохраняется отчет о выполнении задания, в котором указывается время выполнения и проставляется оценка в 4-балльной шкале оценивания [5]. Сформированный отчет может быть распечатан пользователем или же отправлен для анализа преподавателю по Интернету.

Стоит также отметить, что бинарное дерево (см. рис. 1) может быть рассмотрено как семантический граф, использование которого позволяет осуществлять ранжирования сложности отдельных операций при решении задачи о вычислении  $УК$  на следующий этап полета. Семантический граф (семантическая сеть) (рис. 6) представляет собой связанный ориентированный мультиграф  $G(C, E)$ , вершинами которого являются концепты множества  $C$ , а дугами — отношения множества  $E$  [6].

Различают:

— входные концепты — понятия или же определения дисциплины ( $U$ ,  $V$ ,  $ZUPU$  и  $\sigma$ );



■ Рис. 6. Семантический граф  
■ Fig. 6. Semantic graph

— внутренние концепты, которые используются для определения других понятий курса и являются следующим уровнем графа;

— выходные концепты — понятия, не используемые для определения других понятий курса.

Очевидно, что концепт, связанный с большим количеством других концептов, позиционируется как более сложный [6]. В нашем конкретном случае действия, ориентированные на знания входных концептов  $U$ ,  $V$ ,  $ZUPU$  и  $\sigma$ , считаются наиболее простыми; это, как правило, определения и понятия в рамках рассматриваемой темы («Расчет условного курса на следующий этап полета»), соответственно, данным действиям присваивается наименьший вес. Действия, ориентированные на знания концептов высших уровней: 2 — на знание тригонометрических функций и их отношений, 3 — понятие об угле ветра, расчет его направления, 4 — угол сноса и 5 — условный курс и его расчет, — считаются более сложными и, как следствие, имеют больший вес.

Таким образом может быть оценена сложность каждого из действий при расчете формулы (\*), а также при использовании аппарата нечеткой логики — степень приближения ответа обучаемого к эталону (за счет использования меры Хемминга) [7].

Данный подход позволяет адаптировать процесс решения поставленной задачи для каждого конкретного обучаемого как с точки зрения временных затрат, так и по количеству неудачных попыток решения.

### Анализ адекватности и эффективности адаптивного контроля навигационных умений

Разработанная авторами статьи программа, реализующая задачный подход, была апробирована при тестировании группы студентов III кур-

Студент: Иван Иванов  
Номер группы: 1111

дата	запись	решение	правильно?
13.06.2012 19:40:00	sigma-ZUPU	17	ДА
13.06.2012 19:40:13	sin(A)	0	ДА
13.06.2012 19:40:23	U/V	1	ДА
13.06.2012 19:40:34	arcsin(C)	42	ДА
13.06.2012 19:40:40	B*D	12	ДА
13.06.2012 19:40:47	ZUPU-E	11	ДА

Время выполнения задания: 70 секунд  
Оценка за задание: 5

■ Рис. 5. Отчет о выполнении задания  
■ Fig. 5. Task implementation report

са Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения (ГУАП) по дисциплине «Бортовые вычислительные комплексы навигации и самолетовождения» на тему «Расчет условного курса на следующий этап полета».

Результаты тестирования представлены на графике (рис. 7). Производилась оценка адекватности рассмотренного подхода, в результате которой установлено, что процент совпадения оценки преподавателя и разработанной программы по серии из 19 статистик составил 95 %.

Использование разработанной программы на базе заданного подхода в обучающем процессе позволяет:

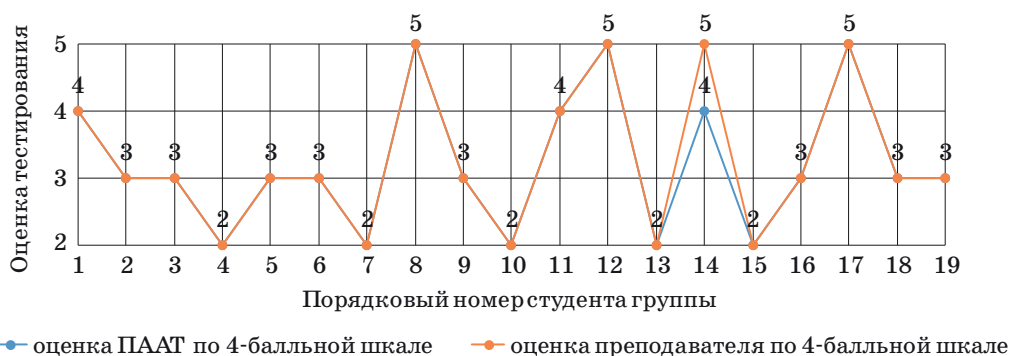
- автоматизировать процесс контроля и диагностики знаний обучаемого;
- разгрузить преподавателя от монотонных технологических операций, связанных с проверкой практических заданий;
- исключить предвзятое отношение со стороны преподавателя при выставлении оценки;

- организовать систему самодиагностики знаний при организации внеаудиторной подготовки;
- реализовать дистанционное обучение.

Стоит отметить, что важным недостатком спроектированных таким образом программ автоматизированного адаптивного тестирования (ПААТ) часто является низкая степень адаптации к индивидуальным психофизиологическим особенностям обучаемых, взаимодействующих с системой [8].

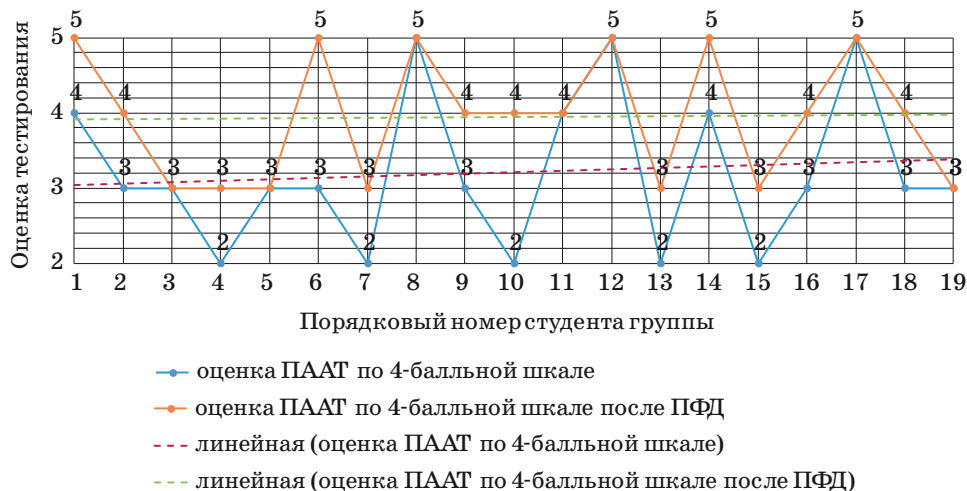
Для преодоления этого недостатка авторами статьи предложено внедрить в ПААТ систему психофизиологической диагностики (ПФД) обучаемых [8, 9].

На основании тестирования индивидуальных психофизиологических характеристик обучаемых по трем независимым методикам осуществляется процедура осреднения результатов, вследствие которой обучаемые подразделяются на четыре группы по типу нервной системы [8, 9]. Для каждой группы устанавливаются соответствующие временные параметры системы



■ Рис. 7. Результаты адаптивного тестирования навигационных умений

■ Fig. 7. Results of adaptive testing of navigational skills



■ Рис. 8. Результаты адаптивного тестирования навигационных умений после проведения ПФД

■ Fig. 8. Results of adaptive testing of navigational skills after psychophysiological diagnostics



контроля умений: время ответа на вопрос и число попыток при ответе, — что обеспечивает индивидуализацию процедуры контроля умений [9].

Повторный эксперимент после проведения ПФД по алгоритмам, методикам и программам, подробно рассмотренным в работе [9], доказал (рис. 8), что после проведения ПФД текущая успеваемость группы увеличилась за счет задания адаптивных временных диапазонов, отводимых для тестирования. В данном конкретном случае диапазоны задавались в соответствии с результатами тестирования психофизиологических характеристик обучаемых, полученными на основании научных выводов статьи [9].

Сравнивая полученные результаты, отметим, что при организации ПФД средняя оценка по 4-балльной шкале составила 3,95 по сравнению со средним значением 3,2, полученным по результатам тестирования, не учитывающим ПФД.

Наличие в составе ПААТ системы тестирования психофизиологических характеристик позволяет адаптировать обучающую систему к индивидуальным характеристикам обучаемого за счет задания временных параметров системы контроля знаний, что обеспечивает адекватную оценку знаний и повышает качество обучения.

Дальнейшие исследования адекватности и целесообразности использования задачного подхода

в обучении оператора-навигатора направлены на придание подходу адаптивности [10] с точки зрения задания различных временных диапазонов, соответствующих уровню успеваемости обучаемых. Также целесообразно рассмотреть возможность использования нечетких шкал оценивания [11] и реализации интеллектуальной диагностики на базе искусственных нейронных сетей [12].

## Заключение

Разработанная система диагностики навигационных умений на базе задачного подхода с использованием вывода на аппарате бинарных деревьев с графосемантическим ранжированием сложности отдельных действий при решении обучаемым задач использована в учебном процессе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» на кафедре аэрокосмических приборов и измерительно-вычислительных комплексов. Система обеспечивает объективность и безошибочность диагностики знаний и умений обучаемых, а также может быть эффективно использована при реализации внеаудиторной подготовки.

## Литература

1. Суховиенко Е. А. Информационные технологии педагогической диагностики: теория и практика. — Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 2005. — 238 с.
2. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам/ пер. с англ. под ред. В. Л. Стефанюка. — М.: Мир, 1989. — 388 с.
3. Knuth D. E. The Art of Computer Programming. Vol. 1. Fundamental Algorithms. 3rd Ed. — Redwood City: Addison Wesley, 1997. — 672 p.
4. Stroustrup B. The C++ Programming Language. 4th Ed. — Addison Wesley Professional, 2013. — 1368 p.
5. Васильев В. И., Тягунова Т. Н., Хлебников В. А. Триадная сущность шкалы оценивания // Дистанционное образование. 2000. № 6. С. 19–25.
6. Лаптев В. В. Модель предметной области и оценка ее сложности в обучающей системе по программированию // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 2. С. 35–44.
7. Рудинский И. Д. Модель нечеткого оценивания знаний как методологический базис автоматизации педагогического тестирования // Информационные технологии. 2003. № 9. С. 46–51.
8. Григорьев А. П., Писаренко Е. С. Моделирование психофизиологического тестирования обучаемых высшей технической школы // Сб. докл. научной сессии ГУАП. СПб.: ГУАП, 2014. С. 26–29.
9. Григорьев А. П., Орлов А. А. Адаптация АОС к психофизиологическим особенностям обучаемых // Сб. докл. научной сессии ГУАП. СПб.: ГУАП, 2014. С. 22–26.
10. Зайцева Л. В. Методы и модели адаптации к учащимся в системах компьютерного обучения // Образовательные технологии и общество. 2003. Т. 6. № 4. С. 204–211.
11. Дуплик С. В. Модель адаптивного тестирования на нечеткой математике // Открытое и дистанционное образование. 2004. № 4. С. 78–88.
12. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2nd Ed. — Prentice-Hall, 1998. — 842 p.

UDC 004.89

doi:10.15217/issn1684-8853.2018.2.96

**Operator-Navigator Activity Diagnostics System based on Task Approach**Grigoryev A. P.<sup>a,b</sup>, Assistant Professor, Head of Design and Engineering Sector, alexgrid-1986@mail.ruBurlutsky S. G.<sup>a</sup>, PhD, Tech., Associate Professor, sergey\_burluckiy@mail.ruChernelevsky A. O.<sup>a,c</sup>, M. Sc., Engineer, anatolij.chernelevskiy@mail.ru<sup>a</sup>Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, 67, B. Morskaya St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation<sup>b</sup>JSC «Arsenal Design Bureau named after Mikhail Vasil'evich Frunze», 1–3, Komsomola St., 195009, Saint-Petersburg, Russian Federation<sup>c</sup>PJSC «Techpribor», 5a, Varshavskaya St., 196084, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Introduction:** Computerization of educational process and the use of remote adaptive learning systems provide opportunities for inclusive continuous training of highly qualified personnel capable of solving a wide range of applied engineering tasks. Monitoring their knowledge and skills presumes continuous diagnostics of the learners. **Purpose:** Developing a navigational skill diagnostic system based on a task approach with binary-tree output and graphosemantic ranking of individual actions by their complexity when a learner is solving a typical practical problem. **Results:** We have formulated the major task solved by an expert diagnostic system during the training of aviation specialists, which is the diagnostics of their knowledge and practical skills. The graphosemantic approach allowed us to objectively rank individual actions of an operator when constructing a private semantic graph for the problem being solved by a learner. When creating and operating the remote adaptive learning system, binary trees allowed us to analyze all possible solutions to the problem and program the best solution on the basis of simple mathematical operations. Application of the above approaches with the help of fuzzy logic allowed us to propose a hypothesis about the possibility to calculate the degree of approximation between the learner's answer and the standard (correct) answer, thereby effectively evaluating his/her knowledge and skills at all stages of solving the problem. **Practical relevance:** The developed system provides the opportunity to reduce training time, intensify the learning process and increase the degree of mastering knowledge and skills. The load on the instructors and teachers decreases as they become free from a number of technological operations related to the processing and verification of the test results.

**Keywords** — Training of Aviation Specialists, Knowledge Control, Skill Diagnostics, Adaptive Training Systems, Task Approach, Semantic Graphs, Binary Trees, Adaptability.

**Citation:** Grigoryev A. P., Burlutsky S. G., Chernelovsky A. O. Operator-Navigator Activity Diagnostics System based on Task Approach. *Informatsionno-upravliayushchie sistemy* [Information and Control Systems], 2018, no. 2, pp. 96–103 (In Russian). doi:10.15217/issn1684-8853.2018.2.96

**References**

1. Sukhovienko E. A. *Informatsionnye tekhnologii pedagogicheskoi diagnostiki: teoriya i praktika* [Information Technology Educational Assessment: Theory and Practice]. Cheljabinsk, Iuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 2005. 238 p. (In Russian).
2. Uotermen D. *Rukovodstvo po ekspertnym sistemam* [Guidelines for Expert Systems]. Moscow, Mir Publ., 1989. 388 p. (In Russian).
3. Knuth D. E. *The Art of Computer Programming*. Vol. 1. *Fundamental Algorithms*. 3rd Ed. Addison Wesley, 1997. 672 p.
4. Stroustrup B. *The C++ Programming Language*. 4th Ed. Addison Wesley Professional, 2013. 1368 p.
5. Vasil'ev V. I., Tiagunova T. N., Khlebnikov V. A. Triadic Nature of Assessment Scales. *Distantcionnoe obrazovanie*, 2000, no. 6, pp. 19–25 (In Russian).
6. Laptev V. V. Domain Model and Estimation of its Complexity in the Training System for Programming. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika* [Newsletter of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics], 2010, no. 2, pp. 35–44 (In Russian).
7. 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).
8. 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).
9. 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).
10. 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, vol. 6, no. 4, pp. 204–211 (In Russian).
11. Duplik S. V. Model of Adaptive Testing on Fuzzy Math. *Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie*, 2004, no. 4 (16), pp. 78–88 (In Russian).
12. Haykin S. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. 2nd Ed. Prentice-Hall, 1998. 842 p.