

3(70)/2014

INFORMATSIONNO- UPRAVLIAIUSHCHIE SISTEMY (INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS)

REFEREED EDITION

Founder

«Information and Control Systems», Ltd.

Editor-in-Chief

M. Sergeev

Dr. Sc. Tech., Professor, St.-Petersburg, Russia

Deputy Editor-in-Chief

E. Krouk

Dr. Sc. Tech., Professor, St.-Petersburg, Russia

Executive secretary

O. Muravtsova

Editorial Council

L. Chubraeva

RAS Corr. Member, Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

L. Fortuna

PhD, Professor, Catania, Italy

A. Fradkov

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

V. Kozlov

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

C. Christodoulou

PhD, Professor, Albuquerque, New Mexico, USA

B. Meyer

PhD, Professor, Zurich, Switzerland

A. Ovodenko

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

Y. Podoplyokin

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

Yu. Shokin

RAS Academician, Dr. Sc. Phys.-Math., Novosibirsk, Russia

V. Simakov

Dr. Sc. Tech., Professor, Moscow, Russia

V. Vasilev

RAS Corr. Member, Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

R. Yusupov

RAS Corr. Member, Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

Editorial Board

V. Anisimov

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

B. Bezruchko

Dr. Sc. Phys.-Math., Saratov, Russia

N. Blaunstein

Dr. Sc. Phys.-Math., Professor, Beer-Sheva, Israel

A. Dudin

Dr. Sc. Tech., Professor, Minsk, Belarus

V. Khimenko

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

G. Maltsev

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

V. Melekhin

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

A. Shalyto

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

A. Shepeta

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

A. Smirnov

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

Z. Yuldashev

Dr. Sc. Tech., Professor, St. Petersburg, Russia

A. Zeifman

Dr. Sc. Phys.-Math., Vologda, Russia

Editor: A. Larionova**Proofreader:** T. Zvertanovskaia**Design:** A. Koleshko, M. Chernenko**Layout and composition:** N. Karavaeva**Contact information**

The Editorial and Publishing Center, SUAI

67, B. Morskaia, 190000, St. Petersburg, Russia

Website: <http://i-us.ru/en>, E-mail: ius.spb@gmail.com

Tel.: +7 - 812 494 70 02

The Journal was registered in the Ministry of Press, Broadcasting and Mass Media of the Russian Federation. Registration Certificate JD № 77-12412 from April, 19, 2002. Re-registration in the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR) due to change of the founder: «Information and Control Systems», Ltd., JD № FS77-49181 from March, 30, 2012.

The journal is distributed by subscription. Subscription can be made in the Editorial and publishing center, SUAI as well as in any post office based on «Rospechat» catalogue: № 48060 — annual subscript, № 15385 — semiannual subscript.

© Corporate authors, 2014

INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

Viktorov D. S., Chislov S. G. Method of Correction of the Non-Linear Distortions Entered by an Analog Key in Probing Signals 2

Turubanov M. A., Shishlakov V. F., Shyshlakov A. V. Impulse Control System for Combined Solar and Wind Installation with Superconductor Equipment 8

Zakharova O. L., Kirsanova J. A., Kniga E. V., Zharinov I. O. Algorithms and Software of Testing Onboard Digital Computer Systems Integrated Modular Avionics 19

SYSTEM AND PROCESS MODELING

Kuchmin A. Yu. Modeling of Equivalent Stiffness of Adaptive Platforms with the Parallel Structure Executive Mechanism 30

HARDWARE AND SOFTWARE RESOURCES

Balonin N. A., Marley V. E., Sergeev M. B. New Opportunities of the Mathematical Network for Collaborative Research and Modeling in the Internet 40

Marakhovsky V. B. CMOS Implementation of the Trainee's Threshold Logical Element. Part I. Design and Training Diagram 47

Kolchin I. V., Filippov S. N. The Architecture of Bare-Metal Real-Time Microhypervisor and Automated Measurement of Time Response 57

Shoshmina I. V. A Methodology of Eliciting Context Requirements to Program Logic Control Systems 68

INFORMATION SECURITY

Bezzateev S. V., Voloshina N. V., Sankin P. S. Safety Analysis Methodology of Complex Systems Taking Into Account the Threats to Information Security 78

Boyko A. A., Djakova A. V. Method of Developing Test Remote Information-Technical Impacts on Spatially Distributed Systems of Information-Technical Tools 84

INFORMATION CODING AND TRANSMISSION

Cheprukov Yu. V., Socolov M. A. Correlation Characteristics and Application of Some Binary Codes 93

Alekseev M. O. On the Detection of Algebraic Manipulations by Means of Multiplication Operation 103

INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS

Allakhverdiyeva N. R. Development of a Method for Improving the Accuracy of the Measuring Channel 109

INFORMATION INSTRUMENTATION AND EDUCATION

D'yachuk P. P., Loginov D. A., Karabalykov S. A. Synergetic Approach to Management of Educational Activity in Verbal Problem Environments 118

CONTROL IN MEDICAL AND BIOLOGICAL SYSTEMS

Tichonov E. P. Adaptive Filtering Algorithms Electrocardiogram High Time Resolution Part I. Background Information and Analysis Approach to Solving the Problem 125

CHRONICLES AND INFORMATION

IV International Forum «TELECOM NETWORKS 2.0. Sharing, Engineering, Outsourcing, Development & Metering» 132

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

134

Submitted for publication 07.04.14. Passed for printing 17.06.14. Format 60×84/8. Offset paper. Phototype SchoolBookC. Offset printing.

Layout original is made at the Editorial and Publishing Center, SUAI, 67, B. Morskaia, 190000, St. Petersburg, Russia
Printed from slides at the Editorial and Publishing Center, SUAI, 67, B. Morskaia, 190000, St. Petersburg, Russia

Учредитель
ООО «Информационно-управляющие системы»

Главный редактор
М. Б. Сергеев,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ

Зам. главного редактора
Е. А. Крук,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ

Ответственный секретарь
О. В. Муравцова

Редакционный совет:
Председатель А. А. Оводенко,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
В. Н. Васильев,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
В. Н. Козлов,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
К. Кристоделу,
д-р наук, проф., Альбукерке, Нью-Мексико, США
Б. Мейер,
д-р наук, проф., Цюрих, Швейцария
Ю. Ф. Подоплекин,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
В. В. Симаков,
д-р техн. наук, проф., Москва, РФ
Л. Фортуна,
д-р наук, проф., Катания, Италия
А. Л. Фрадков,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
Л. И. Чубраева,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, С.-Петербург, РФ
Ю. И. Шокин,
акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., Новосибирск, РФ
Р. М. Юсупов,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ

Редакционная коллегия:
В. Г. Анисимов,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
Б. П. Безручко,
д-р физ.-мат. наук, проф., Саратов, РФ
Н. Блаунштейн,
д-р физ.-мат. наук, проф., Беэр-Шева, Израиль
А. Н. Дудин,
д-р физ.-мат. наук, проф., Минск, Беларусь
А. И. Зейфман,
д-р физ.-мат. наук, проф., Вологда, РФ
Г. Н. Мальцев,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
В. Ф. Мелехин,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
А. В. Смирнов,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
В. И. Хименко,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
А. А. Шалыто,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
А. П. Шепета,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ
З. М. Юлдашев,
д-р техн. наук, проф., С.-Петербург, РФ

Редактор: А. Г. Ларионова
Корректор: Т. В. Звертановская
Дизайн: А. Н. Колешко, М. Л. Черненко
Компьютерная верстка: Н. Н. Караваева

Адрес редакции: 190000, Санкт-Петербург,
Б. Морская ул., д. 67, ГУАП, РИЦ
Тел.: (812) 494-70-02, e-mail: ius.spb@gmail.com, сайт: http://i-us.ru

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12412 от 19 апреля 2002 г.
Перерегистрирован в Роскомнадзоре.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-49181 от 30 марта 2012 г.

Журнал входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук».

Журнал распространяется по подписке. Подписку можно оформить через редакцию, а также в любом отделении связи по каталогу «Роспечать»: № 48060 — годовой индекс, № 15385 — полугодовой индекс.

© Коллектив авторов, 2014

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЕ

Викторов Д. С., Числов С. Г. Метод коррекции нелинейных искажений, вносимых аналоговым ключом в зондирующие сигналы 2

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Турубанов М. А., Шишлаков В. Ф., Шишлаков А. В. Импульсная система управления комбинированной солнечно- и ветроэнергетической установкой со сверхпроводниковым оборудованием 8

Захарова О. Л., Кирсанова Ю. А., Книга Е. В., Жаринов И. О. Алгоритмы и программные средства тестирования бортовых цифровых вычислительных систем интегрированной модульной авионики 19

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Кучмин А. Ю. Моделирование эквивалентной жесткости адаптивных платформ с исполнительными механизмами параллельной структуры 30

ПРОГРАММНЫЕ И АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Балонин Н. А., Марлей В. Е., Сергеев М. Б. Новые возможности математической сети для коллективных исследований и моделирования в Интернете 40

Мараховский В. Б. КМОП-реализация обучаемого порогового логического элемента. Часть 1: Проектирование и схема обучения 47

Колчин И. В., Филиппов С. Н. Архитектура автономного микро-гипервизора реального времени и автоматизированное измерение его временных характеристик 57

Шошмина И. В. Методика составления контекстных требований к программным системам логического управления 68

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Беззатеев С. В., Волошина Н. В., Санкин П. С. Методика расчета надежности сложных систем, учитывающая угрозы информационной безопасности 78

Бойко А. А., Дьякова А. В. Способ разработки тестовых удаленных информационно-технических воздействий на пространственно распределенные системы информационно-технических средств 84

КОДИРОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ

Чепруков Ю. В., Соколов М. А. Корреляционные характеристики и применение некоторых бинарных R3-кодов 93

Алексеев М. О. Об обнаружении алгебраических манипуляций с помощью операции умножения 103

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Аллахвердиева Н. Р. Разработка метода повышения точности измерительного канала 109

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИЕ

Дьячук П. П., Логинов Д. А., Карабалыков С. А. Синергетический подход к управлению учебной деятельностью в вербальных проблемных средах 118

УПРАВЛЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

Тихонов Э. П. Адаптивные алгоритмы фильтрации и фрагментации электрокардиограмм высокого временного разрешения. Часть 1: Исходные сведения и анализ подхода к решению проблемы 125

ХРОНИКА И ИНФОРМАЦИЯ

IV Международный Форум «TELECOM NETWORKS 2.0. Sharing, Engineering, Outsourcing, Development & Metering» 132

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

134

Сдано в набор 07.04.14. Подписано в печать 17.06.14. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBookC. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,0. Уч.-изд. л. 20,1. Тираж 1000 экз. Заказ 258.

Оригинал-макет изготовлен в редакционно-издательском центре ГУАП. 190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67.

Отпечатано с готовых диапозитивов в редакционно-издательском центре ГУАП. 190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67.

УДК 004.9; 007.51

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В ВЕРБАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМНЫХ СРЕДАХ

П. П. Дьячук^а, канд. физ.-мат. наук, профессор

Д. А. Логинов^а, аспирант

С. А. Карабалыков^а, инженер-программист

^аКрасноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, Красноярск, РФ

Цель: разработка динамической информационной системы управления учебной деятельностью, обеспечивающей повышение эффективности научения решению вербальных задач на основе синергетического подхода. **Методы:** автоматизация сбора, обработки и анализа информации об учебной деятельности в вербальных проблемных средах; поддержка принятия решений обучающимися методами актиограмм, коррекции или отмены («ликвидации») неправильных действий; самосогласованное регулирование петель обратной связи, инициирующее последовательность устойчивых и неустойчивых состояний обучающегося. **Результаты:** разработан синергетический подход к управлению учебной деятельностью, позволяющий создавать неустойчивые состояния обучающихся, которые приводят к самоорганизации учебной деятельности и генерации информации. Сформулирована задача управления процессом эволюции развития учебной деятельности и приведено ее решение в виде двухконтурной системы взаимодействующих петель обратной связи оперативного и стратегического управления. Рассмотрены управляющие воздействия вербальной проблемной среды в виде корректора и ликвидатора неправильных действий, позволяющие обучающемуся независимо от количества совершенных ошибок получать правильные тексты диктантов. Предложен метод актиограмм, который графически отображает деятельность обучающегося в режиме реального времени и позволяет выявить ее индивидуальные особенности. **Практическая значимость:** предложенная двухконтурная система управления учебной деятельностью в вербальных проблемных средах позволяет повысить эффективность учебной деятельности вследствие увеличения ее продуктивной составляющей; обеспечить достижение оперативных целей учебной деятельности, состоящих в написании безошибочного текста диктанта независимо от уровня подготовки обучающихся; расширить диагностические возможности обучающей системы и обеспечить индивидуализацию обучения.

Ключевые слова — информация, принципы синергетики, стратегические и оперативные цели, актиограмма, гомеостаз, бинарное взаимодействие, учебная деятельность, неустойчивость, самоорганизация, уровни самостоятельности.

Введение

В основу современного подхода к созданию компьютерных обучающих систем (КОС) заложено представление об адаптации обучающей системы к обучаемому. При этом обучаемый рассматривается как сложный объект, управление которым основано на итеративном процессе построения модели обучаемого и выработке соответствующих управляющих воздействий. Данные для построения модели обучаемого КОС [1] получает в режиме реального времени из записи информации о учебной деятельности обучаемого. Причем модель обучаемого в процессе обучения изменяется, так что его психофизиологический портрет становится все более и более полным и точным. Это позволяет индивидуализировать процесс обучения и обеспечить устойчивость и стабильность развития обучающегося.

Научение в процессуальном аспекте [2] необходимо рассматривать как эволюционный процесс, который наряду с устойчивыми, стабильными периодами развития содержит синергетические эффекты — бифуркации — неустойчивые состояния обучающегося. Неустойчивость является необходимым условием для генерации информации, и, как следствие этого, в процессе обучения

происходит самоорганизация учебной деятельности обучающихся [4]. На важность учета самоорганизации учебной деятельности обучающихся и, соответственно, увеличения продуктивной составляющей обучения указано в работах, посвященных проблемам разработки компьютерных обучающих систем [1, 5]. Создание КОС на основе принципов синергетики позволит использовать неустойчивые состояния обучающихся для организации продуктивной деятельности. В настоящей работе реализуется синергетический подход к управлению учебной деятельностью, в котором эволюция развития обучающегося реализуется как устойчивую, так и неустойчивую фазы развития.

Синергетические принципы

Фазе стабильного функционирования обучающегося отвечают два принципа: 1) гомеостатичности и 2) иерархичности. Устойчивая или стабильная фаза развития, наиболее протяженная во времени, регулируется гомеостатическими механизмами. Гомеостаз — это поддержание программы функционирования системы обучения в некоторых рамках, позволяющих ей следовать к своей цели. При этом от цели-эталона-идеала обучаемый получает корректирующие сигналы,

содействующие обучающемуся в достижении целей обучения. В адаптивных компьютерных обучающих системах эта корректировка осуществляется в процессе создания модели обучаемого и соответствующей адаптации обучающей системы к индивидуальным характеристикам обучаемого [1, 5]. Корректировка модели обучаемого осуществляется за счет отрицательных обратных связей, подавляющих любое отклонение в поведении обучаемого.

Второй принцип фазы стабильного функционирования обучаемой системы соответствует иерархичности структуры действий обучающегося. Например, в иерархии структур деятельности самому нижнему уровню отвечает структура учебных действий, реализованных методом проб и ошибок. Этой структуре отвечают последовательность действий — проб, и если действия-пробы правильные, то, вероятнее всего, следующие действия будут те же самые. Если совершенные действия неправильные (ошибки), то следующие действия, скорее всего, будут другими действиями-пробами. Следующая в иерархии структур системы действий будет структура, отвечающая последовательностям действий одинакового типа (структура выборочных действий, определяющих достижение промежуточных целей). Важным свойством иерархичности структур системы действий является невозможность полной редукции, сведения свойств структур более сложных иерархических уровней к языку более простых уровней системы.

Фаза трансформации (самоорганизации) учебной деятельности, обновления системы действий обучающегося характеризуется принципами становления, включающими нелинейность, неустойчивость, незамкнутость, динамическую иерархичность (эмерджентность), наблюдаемость [3, 6]. В процессе трансформации обучающийся входит в креативную, хаотическую фазу в соответствии с принципами самоорганизации (становления).

Хаотическая фаза обусловлена неустойчивым состоянием обучающегося, имеющим внутренний характер. Неустойчивость состояния обучающегося можно инициировать, изменяя условия его учебной деятельности, например: а) вводя ограничения ресурсов (времени или объема работ); б) изменяя постановку задач и их сложность; в) изменяя соотношение между внешней и внутренней информацией; г) увеличивая неопределенность параметров проблемной среды и т. п.

Согласно работе [3], условиями генерации информации обучающимся являются:

1) наличие тезауруса или базовых знаний о предметной области или проблемной среде;

2) необходимость перевода информации с языка одной семиотической системы знаков на язык другой семиотической системы знаков;

3) неустойчивость состояний обучающихся, обусловленная необходимостью поиска решения задач или проблем в условиях неопределенности проблемных сред.

Вербальная проблемная среда «Диктант»

Проблемная среда — это совокупность условий, выполнение которых необходимо и достаточно для поиска обучающимися решения задач или проблем [7]. Условия включают:

1) пространство состояний задачи, состоящее из объектов и поля деятельности;

2) функцию ближайшего приемника, отображенную на интерфейсе множеством кнопок действий или операций, позволяющих переходить из одного состояния задачи в другое;

3) датчики полубинарного (информационного) взаимодействия проблемной среды с обучающимся: «расстояние до цели», актиограммы, уровни самостоятельности;

4) механизмы бинарного взаимодействия проблемной среды с обучающимся — корректор и ликвидатор неправильных действий.

Неопределенность проблемной среды задается множеством факторов, включая случайность параметров задач, случайный характер взаимодействий проблемной среды и обучающихся, сложность задачи, недостаточность тезауруса или внешних информационных подкреплений и т. п.

Интерфейс вербальной проблемной среды «Диктант» (рис. 1) содержит: меню выбора диктанта 1; поле ввода диктанта 2; индикатор уровня самостоятельности 3; кнопки управления аудиодиктантом 4; поле набранного диктанта 5, актиограмму или траекторию деятельности обучающегося и управляющего устройства 6.

В меню выбора диктанта открывается стандартное окно открытия файла Windows. Диктант должен быть в текстовом формате txt и не содер-



■ Рис. 1. Интерфейс вербальной проблемной среды «Диктант»

жать ошибок, двойных пробелов между словами или знаками препинания. Преподаватель может самостоятельно создавать базу нужных ему диктантов.

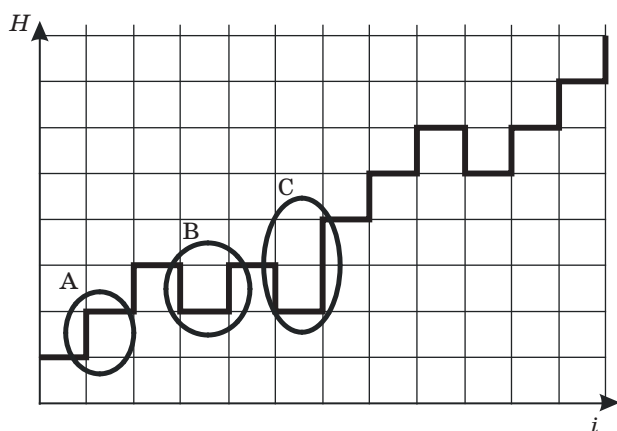
Учебная деятельность обучающегося в вербальной проблемной среде «Диктант» построена следующим образом: обучающийся (испытуемый) прослушивает звуковой фрагмент диктанта и производит действие А, записывая его в поле ввода. Действие А сложное и представляет собой фрагмент текста от пробела до следующего пробела. При нажатии на «пробел» содержимое поля ввода фрагмента текста сверяется с текстом диктанта. Если набранный фрагмент текста не совпадает с образцом, то управляющее устройство либо исправляет ошибку в фрагменте текста и переводит его в поле набираемого диктанта, либо через «ликвидатор» стирает фрагмент с ошибкой из поля ввода, и обучающийся обязан повторить его ввод.

Запомненные во внешней памяти данные о деятельности системы обучения обрабатываются и представляются в интерфейсе в виде актиограмм. Актиограмма — график деятельности человека + управляющего устройства (actio — действие) [7]. В актиограмме (рис. 2) отображены действия испытуемого и управляющего устройства:

А — обучающийся выполнил действие (набрал слово), и оно оказалось верным, поэтому было переведено в поле текста диктанта;

В — обучающийся выполнил действие (набрал слово) и сделал ошибку, управляющее устройство удалило (ликвидировало) слово из поля ввода и ожидает повторного набора этого же слова;

С — обучающийся выполнил действие, и оно оказалось неправильным. Управляющее устройство удаляет слово с ошибкой из поля ввода, а затем вставляет в поле ввода исправленное слово.



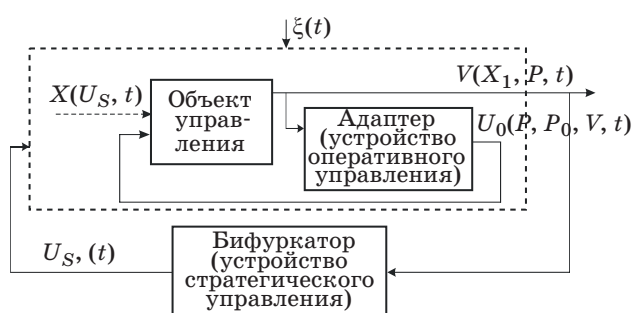
■ **Рис. 2.** Актиограмма деятельности автоматической системы управления (ось i задает номер действий обучающегося и системы управления, ось H — результат деятельности обучающегося и системы управления)

Для перевода исправленного слова в текст диктанта обучающийся должен нажать клавишу «пробел».

Длинная горизонтальная линия на поле актиограммы (см. рис. 1) показывает окончание диктанта. Когда актиограмма коснется этой линии, диктант закончится. Актиограмма позволяет обучающемуся прогнозировать деятельность в будущем, анализировать ее в прошлом и оценивать в настоящем. По завершении диктанта система вычисляет уровень самостоятельности по 10-балльной шкале, и обучающийся снова пишет диктант. Диктант считается пройденным только в том случае, если испытуемый 2 раза подряд «закончил» 10-й уровень.

Двухконтурная система управления учебной деятельностью

В процессе итеративного научения можно выделить оперативную и стратегическую цели. Оперативная цель состоит в решении текущей задачи. Это краткосрочная цель, при достижении которой можно принять допущение постоянства проблемной среды и ее взаимодействия с обучающимся. В нашем случае оперативной целью является написание диктанта в условиях заданной интенсивности взаимодействия проблемной среды и обучающегося. Интенсивность обратной связи между проблемной средой и обучающимся характеризует уровень самостоятельности учебной деятельности. В предлагаемой компьютерной системе управления учебной деятельностью таких уровней 10. На первом уровне суммарный коэффициент обратной связи [8] равен 1, т. е. прямая и обратная связь функционируют непрерывно в режиме реального времени. По мере научения потребность обучающихся в управляющих воздействиях уменьшается. Поэтому суммарный коэффициент обратной связи уменьшается до нуля по достижении полной самостоятельности или автономности деятельности обучающегося [8]. Таким образом, стратегической целью учебной деятельности обучающегося является достижение 10-го уровня. На рис. 3 оперативное управление



■ **Рис. 3.** Общая схема системы управления учебной деятельностью

учебной деятельностью реализуется адаптером в малой петле обратной связи регулирования текущего задания. Контур оперативного управления включает адаптер, который выполняет функцию слежения за рассогласованием между текущим и целевым состояниями решения задачи и обеспечивает стабильное функционирование обучающей системы, которое выражается в тексте диктанта, написанного без ошибок автоматической системой управления (АСУ), включающей в себя обучающегося и управляющий центр.

Это достигается за счет бинарного взаимодействия проблемной среды с обучающимся, которое состоит в активных действиях адаптера по отмене (ликвидации) или коррекции (исправлению) ошибок.

Контур стратегического управления формирует режим функционирования контура оперативного управления, который задается относительной частотой подключения корректора, уменьшающейся с увеличением относительной доли правильных действий и увеличивающейся с уменьшением относительной доли правильных действий. Ликвидатор и актиограф подключены постоянно.

Следуя работе [8], задачу двухконтурного управления учебной деятельностью обучающегося в проблемной среде можно представить в виде

$$Q(U_v, U_I) \rightarrow \min_{U_v \in E_{U_v}} \min_{U_I \in E_{U_I U_v}} \Rightarrow U_v^*, U_I^*,$$

где E_{U_v} — множество допустимых структур системы действий U_v ; $E_{U_I U_v}$ — множество допустимых параметров U_I , соответствующих структуре, определяемой U_v ; U_v^* — оптимальная структура действий; U_I^* — оптимальные параметры этой структуры.

Управляющие воздействия U представлены в виде $U = \langle U_S, U_A \rangle$. Стратегическое управление U_S является мягким управлением и носит мотивационный характер. Оно дает информацию о значении уровня самостоятельности действий обучающегося. Функция уровня самостоятельности U_S^i учебной деятельности обучающегося при i -м выполнении задания определяется результатами деятельности обучающегося при выполнении $I - 1$ -го задания:

$$I_{i-1} = 1 - H(p_{i-1}) \text{ при } p_{i-1} \geq 0,5;$$

$$I_{i-1} = 0 \text{ при } p_{i-1} < 0,5,$$

где $H_{i-1} = -p_{i-1} \log_2 p_{i-1} - (1 - p_{i-1}) \log_2 (1 - p_{i-1})$ — информационная энтропия действий обучающегося; p_{i-1} — относительная частота правильных действий при $i - 1$ -м выполнении задания по написанию текста.

Величина I_{i-1} изменяется от 0 до 1. На экране дисплея значение I_{i-1} (см. рис. 1) отображается датчиками 10 уровней самостоятельности деятельности обучающегося. Номер датчика U_S^i , показывающего уровень самостоятельности при i -м написании диктанта, определяется выражением

$$U_S^i = 1 + \text{INT}(10I_{i-1}),$$

где $U_S = 1, 2, 3, \dots, 9, 10$.

При $U_S = 1 \text{ INT}(I) = 0$ этот уровень соответствует $p \leq 0,5$; при $U_S = 10 \text{ } p_i \rightarrow 1$. Номер датчика U_S^i изменяется только по завершении очередного периода учебной деятельности обучающегося.

Оперативные управляющие взаимодействия проблемных сред с обучающимися U_A включают, как уже говорилось, активные действия управляющего устройства. К ним относятся действия коррекции (исправления) и действия ликвидации (отмены) неправильных действий. В предлагаемой модели оперативного управления вначале принимается решение о подключении корректора. Если событие «подключение корректора» произошло, то неправильное действие исправляется, а если событие «подключение корректора» не произошло, то неправильное действие отменяется ликвидатором. При этом обучающемуся предлагается вновь выполнить это действие. Вся деятельность системы управления, включая действия обучающегося и управляющего устройства, отображается на интерфейсе актиограммой (см. рис. 1).

Для научения самым эффективным является режим случайных подключений корректора. Вероятность подключения корректора при выполнении i -го задания зависит от результатов деятельности обучающегося при выполнении $i - 1$ -го задания и определяется формулами:

$$\text{при } U_S = 1$$

$$P_i (\text{корректор подключен}) = 1;$$

$$\text{при } U_S > 1$$

$$P_i (\text{корректор подключен}) = 1, \text{ если } p_{i-1} < q \leq 1;$$

$$P_i (\text{корректор не подключен}) = 0, \text{ если } 0 \leq q \leq p_{i-1}.$$

Здесь q — случайное число, сгенерированное в интервале от 0 до 1.

По мере научения p_i стремится к 1 и, соответственно, вероятность подключения корректора стремится к нулю. Управляющие воздействия U_A представляют собой случайные события в случае корректора и опосредованно случайные для ликвидатора. Ликвидатор подключен с вероятностью

$$P_i (\text{ликвидатор подключен}) = 1, \text{ если } 0 \leq q \leq p_{i-1},$$

где q — случайное число, сгенерированное в интервале от 0 до 1.

Экспериментальная часть

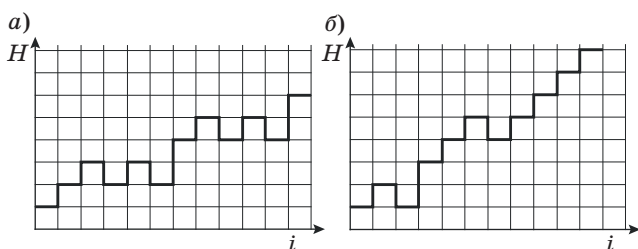
В эксперименте по написанию диктанта участвовали 49 студентов Института математики, физики и информатики Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. Каждый испытуемый должен был научиться писать достаточно сложный текст диктанта без ошибок.

Все действия испытуемого и управляющего центра записываются в файл протокола. Формализованная и сохраненная информация об учебной деятельности обучающегося и деятельности управляющего центра позволяет проводить анализ деятельности обучающихся при помощи специально разработанной компьютерной программы обработки протоколов деятельности.

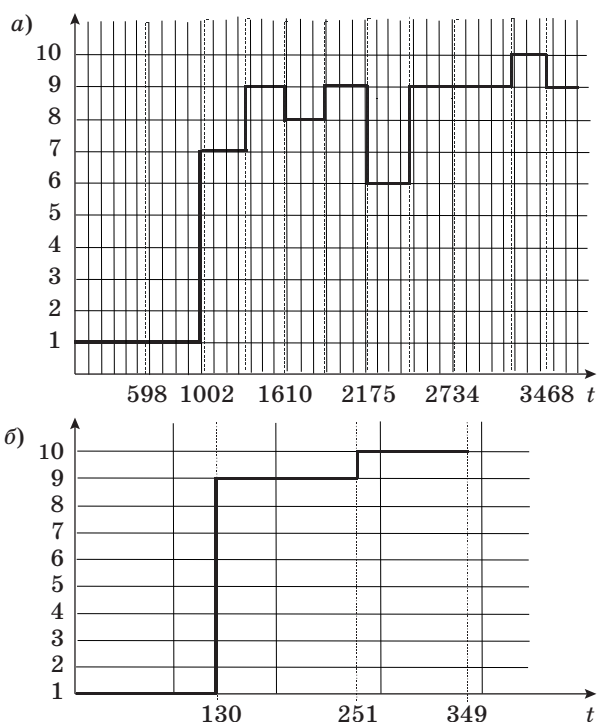
Во время написания диктанта испытуемые ориентируются по актиограмме деятельности, которая дает обучающемуся информацию о том, как осуществлялась деятельность в прошлом и осуществляется в настоящем. Помимо этого, обучающийся может получить информацию о расстоянии до цели. Когда диктант будет выполнен, график деятельности системы автоматического управления дойдет до горизонтальной черты, показывающей окончание диктанта. В ходе эксперимента были выявлены люди с разным уровнем обучаемости. На рис. 4, а, б представлены актиограммы деятельности АСУ для обучающегося с низким уровнем обучаемости.

График функции уровней самостоятельности испытуемого с низкой обучаемостью представлен на рис. 5, а. Из графика видно, что при написании диктанта обучающийся за 12 попыток всего лишь однажды добрался до 10-го уровня (выполнил диктант без ошибок). В итоге, на 13-й попытке он отказался от продолжения. Отсюда можно сделать вывод, что испытуемый плохо запоминает и не анализирует свои ошибки.

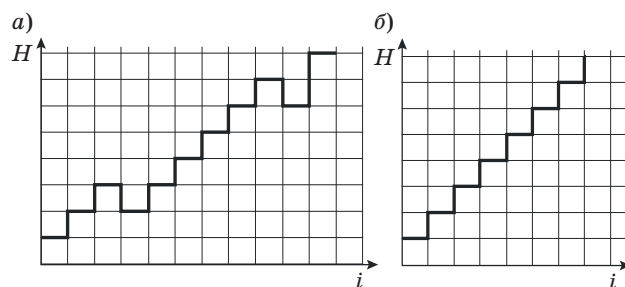
Но, не смотря на это, обучающийся обладает огромным терпением и усидчивостью, потому как написал диктант 12 раз, хотя подавляющее большинство испытуемых отказывались от продолжения уже на 6-й попытке. На рис. 6, а, б представлены актиограммы деятельности испы-



■ **Рис. 4.** Актиограммы деятельности АСУ для обучающегося с низким уровнем обучаемости в начале (а) и в конце (б) обучения



■ **Рис. 5.** График функции уровней самостоятельности обучающегося с низким (а) и высоким (б) уровнем обучаемости в зависимости от времени



■ **Рис. 6.** Актиограммы деятельности АСУ для обучающегося с высоким уровнем обучаемости в начале (а) и в конце (б) обучения

туемого, который справился с заданием с третьей попытки.

Это говорит именно о высоком уровне обучаемости (см. рис. 5, а), а не о изначально отличных знаниях русского языка, так как на первой попытке было допущено много ошибок, однако на второй и третьей ошибок уже не было. При этом затрачено было около 6 мин.

Переход обучающегося с 1-го уровня самостоятельности на 9-й уровень приводит к изменению условий его работы, так как корректор практически не подключен. Несмотря на успешную учебную деятельность, внешние проявления которой мы наблюдаем, неустойчивость состояния обучающегося может отражаться на его внутренней

умственной деятельности. Это состояние может быть зафиксировано методом кожно-гальванической реакции [1].

Заключение

Процессуальный аспект научения реализуется в условиях изменяющейся случайным образом интенсивности бинарного взаимодействия проблемной среды и обучающегося. Увеличение или уменьшение неопределенности проблемной среды инициирует изменение состояния обучающегося, переводя его, соответственно, либо в неустойчивое, либо в устойчивое состояние. Неустойчивость или состояние бифуркации побуждает обучающегося либо продуцировать новую информацию и переходить в устойчивое состояние деятельности с более совершенным механизмом саморегуляции деятельности, либо возвращаться в устойчивое состояние с прежним механизмом саморегуляции деятельности.

Актиограммы позволяют исследовать динамику самоорганизации деятельности человека

в процессе научения решению задач и диагностировать потенциал его саморазвития. По мере работы система создает протокол, в котором представлены все действия испытуемого и управляющего устройства, а также затраченное время на совершение этих действий. Обработывая эти протоколы, можно сделать вывод об уровне обучаемости человека, о внимательности, типе его мышления.

Практическая значимость предлагаемой системы управления учебной деятельностью по написанию диктантов заключается в том, что она позволяет повысить эффективность обучения письменной речи, а также помогает в решении проблемы функциональной неграмотности обучаемых, реализуя через свободное проявление индивидуальности обучаемого продуктивную составляющую учебной деятельности.

Работа выполнена при поддержке проекта № 06/12 «Инновационный человек» гранта «Программа стратегического развития КГПУ им. В. П. Астафьева».

Литература

1. Юрков Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. — 304 с.
2. Новиков Д. А. Закономерности итеративного научения / Институт проблем управления РАН. — М., 1998. — 77 с.
3. Чернавский Д. С. Синергетика и информатика. Динамическая теория информации. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. — 300 с.
4. Дьячук П. П., Суровцев В. М. Учебная деятельность как информационный процесс развития обучающегося // Информатика и образование. 2008. № 1. С. 123–124.
5. Володина Д. Н., Сарафанов А. В., Суковатый А. Г. Методические и технологические аспекты разработки мультимедийных электронных образовательных ресурсов // Информационно-управляющие системы. 2011. № 1(50). С. 79–86.
6. Буданов В. Г. Синергетическая парадигма. Синергетика образования. — М.: Прогресс — Традиция, 2007. С. 174–211.
7. Дьячук П. П., Шадрин И. В., Кудрявцев В. С. Метод актиограмм в управлении и диагностике деятельности человека // Системный анализ и информационные технологии: тр. 5-й Междунар. конф., Красноярск, 19–25 сентября 2013 г. Красноярск, 2013. С. 121–129.
8. Дьячук П. П., Дроздова Л. Н., Шадрин И. В. Система автоматического управления учебной деятельностью и ее диагностики // Информационно-управляющие системы. 2010. № 5. С. 63–69.

UDC 004.9; 007.51

Synergetic Approach to Management of Educational Activity in Verbal Problem Environments

D'yachuk P. P.^a, PhD, Sc., Phys.-Math., Professor, ppyachuk@rambler.ru

Loginov D. A.^a, Post-Graduate Student, mdphoenix@mail.ru

Karabalykov S. A.^a, Programmer Engineer, kaseal77@mail.ru

^aV. P. Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, 7, Perensona St., 660049, Krasnoyarsk, Russian Federation

Purpose: Development of a dynamic information system of educational activity management providing an increasing efficiency of learning to solve verbal tasks on the basis of synergetic approach. **Methods:** Automation of collecting, processing and analyzing information on educational activity in problematic verbal environments, support of decision-making by students using actiogram methods, correction or cancellation ("elimination") of wrong actions, self-coordinated regulation of feedback loops initiating a sequence

of steady and unstable states of students. **Results:** There has been developed a synergetic approach to management of educational activity allowing to create unstable states of students which lead to self-organization of educational activity and information generation. There has been formulated a task of management of evolution process of educational activity development and there has been given its solution in the form of a double-circuit system of interacting feedback loops of operational and strategic management. There have been considered managing impacts of the problematic verbal environment in the form of a proofreader and a liquidator of wrong actions allowing a student to receive correct texts of dictations regardless an amount of mistakes being made. There has been proposed a method of actiograms which graphically displays activity of a student in real time and allows to reveal his/her individual specific features. **Practical relevance:** The proposed double-circuit management system of educational activity in problematic verbal environments allows to increase efficiency of educational activity due to growth of its productive component; to provide achievement of operational purposes of educational activity consisting of writing of a faultless dictation text regardless a training level of students; to expand diagnostic opportunities of an educational system, and to ensure individualization of training.

Keywords — Information, Principles of Synergetics, Strategic and Operational Objectives, Actiogram, Homeostasis, Binary Interaction, Educational Activity, Instability, Self-Organization, Independence Levels.

References

1. Iurkov N. K. *Intellektual'nye komp'yuternye obuchaiushchie sistemy* [Intellectual Computer Training Systems]. Penza, PGU Publ., 2010. 304 p. (In Russian).
2. Novikov D. A. *Zakonomernosti iterativnogo naucheniia* [Regularities of Iterative Learning]. Moscow, Institut problem upravleniia RAN Publ., 1998. 77 p. (In Russian).
3. Chernavskii D. S. *Sinergetika i informatika. Dinamicheskaiia teoriia informatsii*. [Sinergetika and Informatics. Dynamic Theory of Information]. Moscow, Knizhnyi dom LIBROKOM Publ., 2004. 300 p. (In Russian).
4. D'iachuk P. P., Surovtsev V. M. Educational Activity as Information Development Being Trained. *Informatika i obrazovanie*, 2008, no. 1, pp. 123–124 (In Russian).
5. Volodina D. N., Sarafanov A. V., Sukovatyi A. G. Methodical and Technological Aspects of Development of Multimedia Electronic Educational Resources. *Informatiionno-upravliaiushchie sistemy*, 2011, no. 1(50), pp. 79–86 (In Russian).
6. Budanov V. G. *Sinergeticheskaiia paradigma. Sinergetika obrazovaniia* [Sinergetic Paradigm. Education synergetics]. Moscow, Progress — Traditsiia Publ., 2007, pp. 174–211 (In Russian).
7. D'iachuk P. P., Shadrin I. B., Kudriavtsev V. S. Metod Actiogramm in Management and Diagnostics of Activity of the Person. *Trudy 5 Mezhdunarodnoi konferentsii "Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii"* [Proc. 5th Int. Conf. "System Analysis and Information Technologies"]. Krasnoyarsk, 2013, pp. 121–129 (In Russian).
8. D'iachuk P. P., Drozdova L. N., Shadrin I. V. Sistema of Automatic Control of Educational Activity and its Diagnostics. *Informatiionno-upravliaiushchie sistemy*, 2010, no. 5, pp. 63–69 (In Russian).

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

Поступающие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование.

При наличии положительной рецензии статья рассматривается редакционной коллегией. Принятая в печать статья направляется автору для согласования редакторских правок. После согласования автор представляет в редакцию окончательный вариант текста статьи.

Процедуры согласования текста статьи могут осуществляться как непосредственно в редакции, так и по e-mail (ius.spb@gmail.com).

При отклонении статьи редакция представляет автору мотивированное заключение и рецензию, при необходимости доработать статью — рецензию. Рукописи не возвращаются.

Редакция журнала напоминает, что ответственность за достоверность и точность рекламных материалов несут рекламодатели.