Б.З.Безмозгин, Н.Я.Головенчиц, А.П.Кондрашев, А.Б.Маховиков, И.О.Онушкина, Г.А.Прудинский

УДК 681.3

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Представлены результаты научно-исследовательской работы кафедры информатики и компьютерных технологий по направлению «Применение современных компьютерных технологий в системах обучения и контроля знаний». Описываются две разработки: универсальная компьютерная система тестирования и система для оценки качества произношения русских цифр. Универсальная компьютерная система тестирования разработана на основе новых информационных технологий и позволяет непрофессиональному пользователю создавать необходимые ему базы тестирования, вести протокол тестирования и проводить само тестирование. Система ориентирована на широкий спектр применений, включая контроль знаний в процессе обучения и тестирование при приеме на работу. Система для оценки качества произношения десяти русских цифр основана на современных достижениях в области речевых технологий и позволяет оценивать как общее качество произношения, так и отклонения в произношении по длине слова. Экспериментальные исследования системы позволили сделать вывод, что оценки, выставляемые ею, примерно в 73 % случаев согласуются с оценками экспертов.

The article presents research work of the Informatics and Computer Technologies Department on application of modern computer technologies for teaching and knowledge control systems. Two research works are described: universal computer testing system and system of Russian digits articulation quality estimation. Universal computer testing system is worked out on new information technologies bases, testing record and testing itself. The testing system is oriented to wide usage range including knowledge control during teaching process and taking on testing. The system of ten Russian digits articulation quality estimation is based on modern achievements in the field of speech technologies and allows estimating both general articulation quality and word length pronunciation errors. Experimental research of the system made it possible to draw a conclusion that estimation given by it conforms to experts' estimation in approximately 73 % of the cases.

* * *

ВВЕДЕНИЕ

Наука, техника и технологии в современном мире настолько быстро и бурно развиваются, что вызывают непрерывные изменения в условиях профессиональной деятельности каждого отдельного человека за период жизни одного поколения. Это означает, что сейчас никто не может рассчитывать на получение образования, которое гарантирует ему возможность работать без постоянного пополнения своих знаний и периодического переобучения.

Несмотря на указанные выше процессы, система обучения и контроля знаний в школе, в вузе, на курсах повышения квалификации и переподготовки кадров претерпевает лишь малозначительную эволюцию, основываясь на старых принципах, формулируемых примерно так:

- определение рационального числа обучаемых, приходящихся на одного преподавателя;
- выбор разумного соотношения между лекционными, практическими и лабораторными занятиями;
- оптимизация числа учебных пособий, необходимых обучаемым и преподавателям;
- нахождение наилучшего соотношения между аудиторной нагрузкой и самостоятельной работой обучаемых.

Система образования, основанная на указанных выше принципах, в реальных условиях современного общества не позволяет достичь главной цели – эффективности обу-

чения, так как требует слишком большого количества преподавателей и длительного периода обучения.

Главный недостаток обычного процесса обучения состоит в совмещении преподавателем сразу двух функций: одновременной выдачи нескольким обучаемым определенной порции информации и управления процессом обучения с помощью контроля степени усвоения обучаемыми изложенного материала [1]. Это приводит к необходимости осуществлять параллельное управление индивидуальными учебными процессами обучаемых, что является трудновыполнимой задачей. На практике преподаватель работает индивидуально с каждым обучаемым только урывками, а в остальное время обучаемый предоставлен сам себе, хотя для обеспечения эффективности процесса обучения требуется непрерывное взаимодействие между преподавателем и обучаемым. Решение проблемы эффективности обучения сводится к замене эпизодического взаимодействия между ними непрерывным управлением процессом индивидуального обучения. Так как нельзя обеспечить каждого обучаемого частным преподавателем, нужно использовать современные компьютерные технологии, например, экспертные системы, специализированные в области обучения и контроля знаний.

Планирование обучения является безусловной прерогативой преподавателя, а непосредственное проведение обучения и контроля знаний частично можно выполнить с помощью обучающей системы. Автоматизированная система обучения и контроля знаний должна осуществлять выдачу в определенном порядке порций информации и контрольных вопросов, подготовленных заранее преподавателем, принимать ответы обучаемого и реагировать на них.

В общем виде функции системы обучения и контроля знаний описаны в специальной литературе [1-3] и сформулированы следующим образом:

- предъявление обучаемому учебного материала;
- регулирование темпа предъявления учебного материала;
- ввод и анализ ответов обучаемого;
- обеспечение обратной связи с обучаемым;
- выполнение количественной оценки и регистрации процесса обучения;
- адаптация обучающей системы к знаниям и особенностям обучаемого.

Конкретная реализация системы обучения и контроля знаний в действительности обеспечивает выполнение лишь некоторых из перечисленных выше функций, так как их полная реализация связана с решением ряда сложных научных и технических проблем. Дело в том, что многие задачи в области обучения и контроля знаний не поддаются строгой формализации и для них нельзя заранее разработать алгоритм, пригодный для получения необходимых решений. Человек, решая подобные задачи, опирается, во-первых, на имеющиеся у него концептуальные знания в форме причинно-следственных зависимостей и, во-вторых, на логические рассуждения с привлечением концептуальных знаний.

Моделирование на компьютере поведения человека способствует созданию новых информационных технологий и систем с искусственным интеллектом, среди которых наибольшее распространение в области обучения и контроля знаний получили экспертные обучающие системы.

В настоящее время описано немало коммерческих обучающих программных продуктов общего назначения, обладающих достаточно мощными средствами для создания систем обучения и контроля знаний в конкретной предметной области. К сожалению, рядовому пользователю такие коммерческие продукты не всегда доступны по различным причинам. Кроме того, в приобретенном программном продукте часто нет стандартных средств для учета всех специфических особенностей той предметной области, для которой он используется.

Из сказанного следует, что представляет интерес разработка сравнительно простых программ, ориентированных на обучение и контроль знаний по определенному разделу или теме в конкретной предметной области. В качестве примера таких неболь-

ших программ для локального применения далее описываются две разработки, выполненные на кафедре информатики и компьютерных технологий Санкт-Петербургского горного института.

1. УНИВЕРСАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ

Универсальная компьютерная система тестирования (далее СТ 1.0) разрабатывается на основе новых информационных технологий. В проекте этой системы использован накопленный опыт создания локальных систем обучения и контроля знаний. В состав СТ 1.0 должны входить компоненты, позволяющие непрофессиональному пользователю создавать необходимые ему базы тестирования, вести протокол тестирования, проводить само тестирование, причем технология проведения самого теста должна быть достаточно простой и не создавать дополнительных сложностей для объекта тестирования, связанных с освоением работы в системе. Следовательно, система должна содержать ряд компонентов, структурно связанных между собой и обеспечивающих поддержку фундаментальных функций, характерных для любой системы искусственного интеллекта. При разработке системы тестирования СТ 1.0 в качестве одной из главных задач было принято обеспечение максимально широкой области ее применения, включая контроль знаний в процессе обучения, проверку подготовленности персонала при приеме на работу, а также соответствие объекта тестирования принятым стандартам.

Основу системы тестирования составляет интеллектуальная оболочка, которая обеспечивает универсальность системы тестирования, реализует собственно процесс тестирования со всеми перечисленными выше функциями, включая защиту баз от несанкционированного использования. Следует подчеркнуть, что оболочка не зависит от области тестирования, что обеспечивает возможность более широкого ее применения.

Вторым элементом системы тестирования СТ 1.0 является база опроса, содержащая вопросы и ответы на них, а также условия проведения теста (например, допустимое количество неверных ответов). База опроса предусматривает защиту информации, так как в ней приводится список лиц, имеющих право на использование данной базы опроса.

Третьим элементом системы является список объектов тестирования. Для каждого входящего в список объекта указывается его спецификация и пароль. В простейшем случае (при использовании в учебном процессе) в качестве спецификации объекта может использоваться фамилия тестируемого учащегося. Право доступа к списку объектов тестирования с целью его просмотра и редактирования планируется защитить паролями лиц, являющихся владельцами списка.

Четвертым элементом системы тестирования является файл с протоколом результатов тестирования. В нем фиксируются спецификации объектов, проходивших тестирование, а также результаты тестирования в виде соответствующих оценок.

В систему тестирования СТ 1.0 предполагается включить ряд сервисных программ, которые позволят лицам, обладающим соответствующими паролями, делать различные запросы, распечатывать отчеты специальной формы в виде различных по содержанию и внешнему виду ведомостей.

Главным элементом системы тестирования является интеллектуальная оболочка. Она обеспечивает как проведение самого тестирования, так и его подготовку, включая создание и разработку базы опроса и списка объектов тестирования. Кроме того, как отмечено выше, в процессе тестирования оболочка обеспечивает создание протокола с результатами тестирования. База опроса тесно связана с предметной областью, в которой проводится тестирование. Поэтому она является самостоятельным элементом системы и не входит в оболочку. При соблюдении определенных правил создание файла базы опроса технически не представляет сложностей, однако требует хорошего знания предметной области. При необходимости к созданию базы опроса привлекаются эксперты и педагогические кадры с большим опытом.

Проиллюстрируем рассматриваемую систему тестирования. Работа в системе тестирования начинается с появления окна (рис.1), в котором доступна лишь одна кнопка «Регистрация». Следует обратить внимание, что начальное окно дает информацию о предметной области, в которой проводится тестирование. Для случая, представленного на рисунке, тест проводится по дисциплине «Информатика» по теме «Excel».

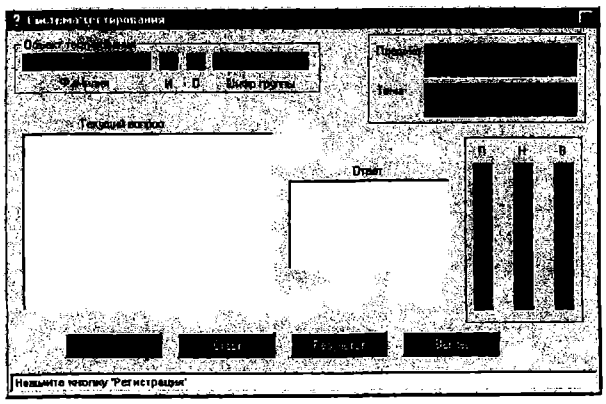


Рис.1. Начальное окно программы СТ 1.0

Отметим, что объект тестирования не может закрыть начальное окно обычными средствами, так как кнопка закрытия окна (x), а также комбинация клавиш ALT+F4 и соответствующая команда системного меню заблокированы. Завершить работу программы может лишь лицо, проводящее тест, после регистрации в системе.

Нормальный способ продолжения работы с программой – это щелчок по кнопке «Регистрация». Об этом имеется подсказка в информационной строке. После щелчка по указанной кнопке появится окно регистрации, в котором в соответствующие поля должны быть введены спецификации объекта тестирования и его пароль для продолжения теста, или спецификации и пароль лица, проводящего тест для его завершения или других целей (рис.2).

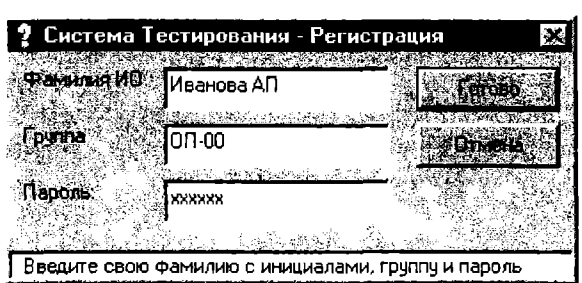


Рис.2. Окно регистрации

Следует обратить внимание, что при вводе фамилии проводится коррекция вводимых символов в соответствии с русской орфографией: например, первая буква фамилии заменяется соответствующей прописной буквой. Обратим внимание на отсутствие точек после букв с инициалами. Это сделано для упрощения ведения протокола. Программа предусматривает введение двойных фамилий, содержащих тире. Ввод недопустимых символов, например, скобок, цифр и др., программа игнорирует.

При успешной регистрации, завершаемой щелчком по кнопке «Готово», которая становится доступной после ввода пароля, появляется следующее окно. Оно похоже на начальное окно (см.рис.1), однако после регистрации на нем представляется спецификация объекта тестирования и становится доступной кнопка «Старт» (рис.3).

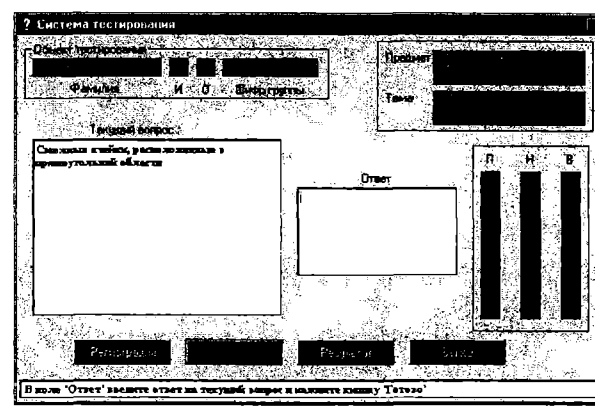


Рис.3. Вид окна тестирования после регистрации и ответа на несколько вопросов

После ответа на заданное количество вопросов или после получения заданного количества неверных ответов появляется окно с итогами теста (рис.4).

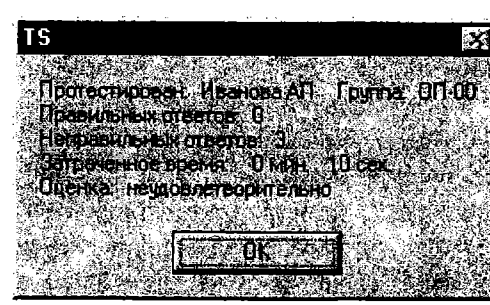


Рис.4. Вид окна с результатами тестирования

2. СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОИЗНОШЕНИЯ РУССКИХ ЦИФР

Быстрый прогресс в области компьютерной обработки речи и создании систем распознавания речи с диалектами и акцентами позволяет применять современные речевые технологии в системах обучения разговорному иностранному языку. Исследованиями в этом направлении активно занимаются несколько групп как за рубежом, так и в России. Эти исследования проводятся по двум основным направлениям: создание систем тренировки произношения и создание систем для отработки элементарных диалогов.

На кафедре информатики и компьютерных технологий Горного института совместно с аспирантами Санкт-Петербургского электротехнического университета была разработана экспериментальная система для автоматической оценки качества произношения десяти русских цифр [4]. Структура блока анализа речевого сигнала для этой системы представлена на рис.5. Речевой сигнал после определения начальной и конечной точек кодируется последовательностью векторов кепстральных коэффициентов, вычисленных по шкале Mel. Полученная последовательность сопоставляется как с моделью произнесенного слова, так и с моделями всех остальных слов. Структура модели слова представлена на рис.6.

Каждая модель содержит две подмодели. Первая основывается на технологии скрытых марковских моделей, а вторая – на технологии векторного квантования. В качестве скрытой марковской модели используется модель варьируемой продолжительности, позволяющая принимать во внимание

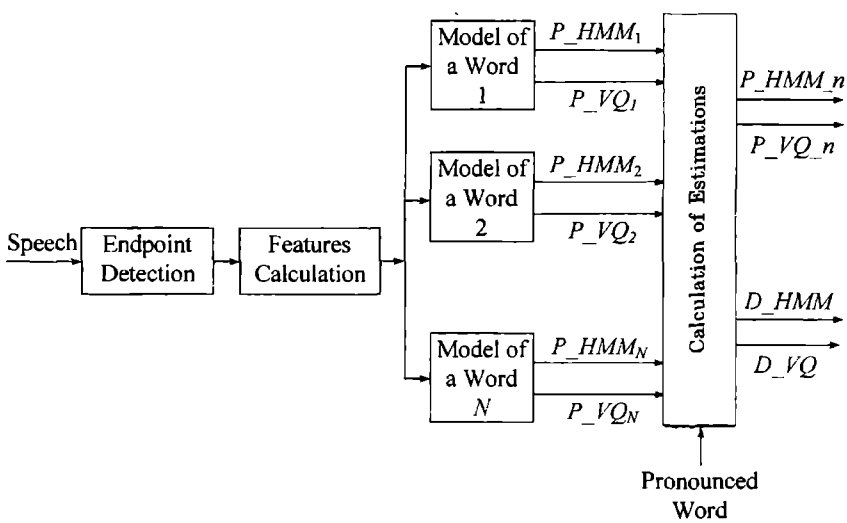


Рис.5. Структура блока анализа речевого сигнала для системы автоматической оценки качества произношения слов

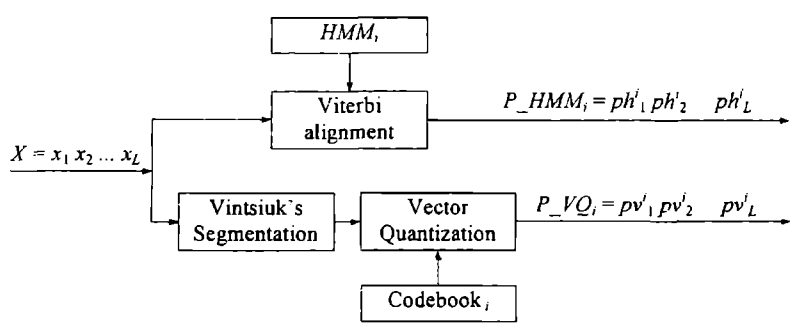


Рис.6. Структура модели *i*-го слова словаря

временные характеристики речевого сигнала, а в качестве модели векторного квантования – множество из k кодовых книг для k сегментов слова. Таким образом, для каждого из векторов признаков x_j получаются две оценки: ph_j^i - вероятность появления данного вектора на оптимальном пути в матрице Витерби и pv_j^i - вероятность генерации данного вектора соответствующей кодовой книгой. Полученная последовательность вероятностей нормализуется на основе следующего метода. Пусть имеются последовательности вероятностей для каждого слова из словаря:

$$\text{Word 1: } p_1^1\ p_2^1 \quad p_L^1;$$
$$\text{Word 2: } p_1^2\ p_2^2 \quad p_L^2;$$

$$\text{Word } N\text{: } p_1^N\ p_2^N \quad p_L^N$$

Найдем минимум и максимум для каждого момента времени:

$$P_\min: \quad p_1^{\min}\ p_2^{\min} \quad p_L^{\min}$$

$$P_\max: \quad p_1^{\max}\ p_2^{\max} \quad p_L^{\max}$$

и вычислим нормализованную последовательность вероятностей в виде

$$P_norm: \quad p_1^{\text{norm}}\ p_2^{\text{norm}} \quad p_L^{\text{norm}}$$

где

$$p_j^{\text{norm}} = F\left(\frac{p_j^{\max} - p_j^{\text{WORD}}}{p_j^{\max} - p_j^{\min}}\right)$$

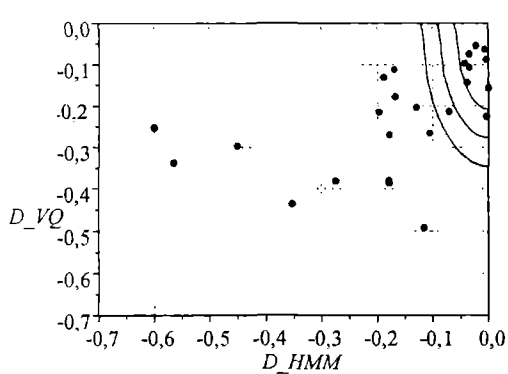


Рис. 7. Результаты обработки иностранной базы слова ноль

Функция вида $F(x) = [1 + \cos(\pi x)]^j$ выбрана из соображений уменьшения чувствительности к малым отклонениям и увеличения чувствительности к большим.

Общая нормализованная оценка произношения слова определяется суммированием логарифмов нормализованных вероятностей и делением полученной суммы на длину последовательности $D = \frac{1}{L}\sum_{j=1}^{L} \ln\left(p_j^{\text{norm}}\right)$.

Применение данной техники нормализации вероятностей позволяет получить как общие оценки произношения (*D_HMM* и *D_VQ*), так и оценки качества произношения по длине слова (*P_HMM_n* и *P_VQ_n*).

Для настройки и проверки системы были использованы три базы данных произношений десяти русских цифр:

- обучающая база 170 русских дикторов;
- русская тестовая база 33 русских диктора;
- иностранная тестовая база – 33 диктора-иностранца.

В создании этих баз принимали участие студенты Горного института из различных регионов России, а также из Китая, Южной Кореи, Монголии, Израиля, Марокко, Гвинеи, Ливии, Мозамбика, Нигерии и Сомали. Произнесения дикторов-иностранцев оценивались тремя экспертами по четырехбальной шкале (очень хорошо, хорошо, неплохо, плохо). Все русские произнесения были просегментированы на фонемы. Эта информация была использована для соотнесения состояний скрытых марковских моделей с фонетическими символами.

Общие оценки произношения (*D_HMM* и *D_VQ*) определяют точку на плоскости. На этой плоскости можно построить зоны, соответствующие одному, двум и трем стандартным отклонениям, полученным по базе русских дикторов. Эти зоны можно рассматривать как различные степени акцента. Результаты обработки иностранной базы слова ноль представлены на рис.7.

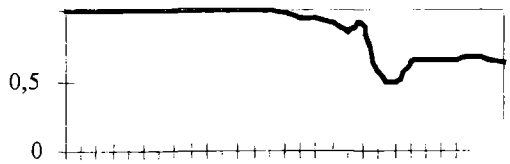


Рис.8. Изменение *P_HMM_n* для слова «ноль», произнесенного как «ноли»

Прослушивание реализаций из базы подтверждает связь между положением точки на плоскости и воспринимаемой величиной акцента.

Изменение оценок качества произношения (*P_HMM_n* и *P_VQ_n*) по длине слова позволяет выявлять те участки, на которых наблюдаются наиболее значительные ошибки. Например, зависимость *P_HMM_n* для слова ноль, произнесенного диктором-китайцем как ноли, представлена на рис.8.

На базе разработанных методов была создана демонстрационная программа тренировки произношения десяти русских цифр. Ее интерфейс представлен на рис.9. Здесь сектор, представленный на рис. 7, для большей наглядности развернут в окружность.

Экспериментальные исследования системы позволили сделать вывод, что оценки, выставляемые ею, примерно в 73 % случаев согласуются с оценками экспертов.

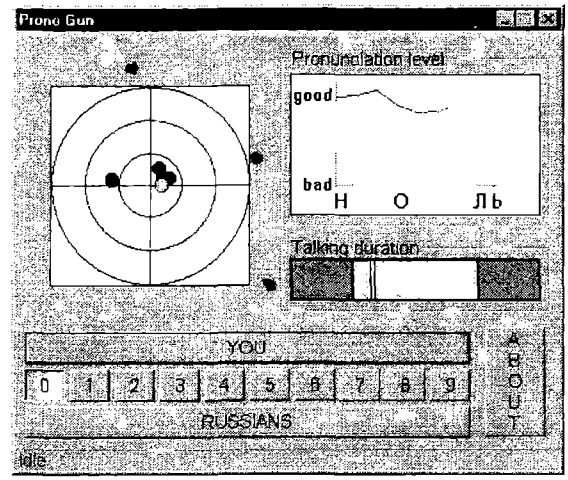


Рис.9. Интерфейс системы тренировки произношения русских цифр

ЛИТЕРАТУРА

1. *Керов Л.А.* Экспертные системы: Инструментальные средства разработки: Учеб. пособие Л.А.Керов, А.П.Частиков, Ю.В.Юдин, В.А.Юхтенко; под ред. Ю.В.Юдина. СПб.: Политехника, 1996. 220 с.

2. *Лорьер Ж.-Л.* Системы искусственного интеллекта: Пер. с франц. М.: Мир, 1991. 568 с.

3. *Осуга С.* Обработка знаний: Пер. с англ. М.: Мир, 1989. 293 с.

4. *Machovikov A., Chernov M., Stolyarov K.* Computer-Based Training of Russian Words Pronunciation. UNTELE'2000: Proceedings of international workshop «Use of New Technologies in Foreign Language Teaching».- Compiegne, France, 2000.