

ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА С КОЛИЧЕСТВЕННЫМ КОНТРОЛЕМ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ

Предлагается программная система, предназначенная для обучения учащегося какой-либо предметной области. Система допускает как полное, так и частичное изменение учебного материала. Оценивание качества изучения внутри системы производится количественно с учетом особенности процесса выполнения заданий. При взаимодействии с пользователем оценки преобразуются в качественную форму.

Данная система предназначена для манипулирования знаниями предметной области в целях обучения пользователя и проверки полученных им навыков. В системе реализованы возможности настройки на различный теоретический и практический материал. Для этой цели предусмотрен транслятор, который обеспечивает преобразование информации, представленной во внешней форме, подготавливаемой пользователем-экспертом, во внутреннее представление, с которым работает система. Возможно как частичное, так и полное изменение учебного материала.

Для внешнего представления разработан специальный язык разметки, позволяющий достаточно компактно и просто описывать знания, быстро их верифицировать. Предполагается, что теоретический материал включает текстовые и графические фрагменты, демонстрационные примеры, а практический – контрольные задания, предназначенные для проверки качества изучения теории.

В системе реализован многооконный графический интерфейс взаимодействия с пользователем, выполненный в соответствии с принятыми стандартами. Передвижение по системе и изучение теоретического материала не ограничивается, выполнение контрольных заданий возможно по главам, разделам, подразделам и т.д. как полностью, так и частично, и допускается после изучения соответствующего теоретического материала. Ученик может выходить из системы в процессе обучения и продолжать работу после повторного ее запуска, отслеживать свои действия, анализировать поведение системы и т.д.

С системой могут работать разные ученики, но с каждым из них она работает индивидуально. Пользователь имеет возможность видеть, что и как он уже сделал (изученные и проверенные фрагменты, результаты проверки знаний). Система работает на основе базы знаний, в которой представлена структура и особенности использования учебного материала во время функционирования системы как при изучении теории, так и в процессе выполнения контрольных заданий. Система оказывает помощь в выполнении заданий, разбивая задание, в случае необходимости, на этапы и выводя на экран различного рода подсказки.

Оценивание изучения материала внутри системы производится в количественной форме на основе особенностей выполнения контрольных заданий. Оценки вычисляются по каждому заданию в отдельности, множествам заданий, относящимся к подразделам, разделам, главам, а также всему учебному курсу в целом.

Все количественные оценки принадлежат одной и той же количественной шкале, что обеспечивает их сопоставимость и допускает применение к ним арифметических операций. При взаимодействии с пользователем (учителем или учащимся) для удобства восприятия эти оценки преобразуются в качественную форму (хорошо, удовлетворительно, не очень хорошо, отлично и т.п.). Система разработана в RAD-среде Borland Delphi 6.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Система состоит из базы знаний, базы учебного материала и нескольких подсистем (рис. 1), представляющих собой отдельные программные модули, рабо-

тающие в составе общей исполняемой программы. Их взаимодействие обеспечивается подсистемой управления.

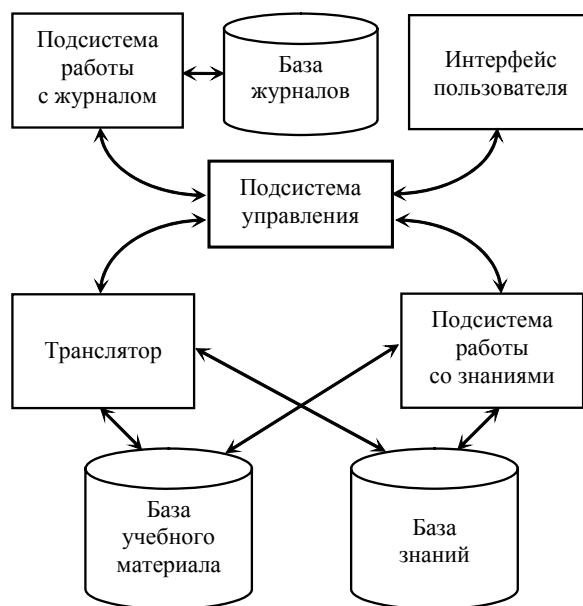


Рис. 1. Общая структура системы

Подсистема управления осуществляет начальную инициализацию и завершение работы других подсистем, передачу им управления и необходимой информации в соответствии с протоколом обмена, защиту от несанкционированного изменения базы учебного материала и базы знаний.

Интерфейс пользователя обеспечивает взаимодействие между системой и пользователем. Он осуществляет ввод информации с клавиатуры (например, имя пользователя), команд, результатов выполнения заданий и вывод на экран информации (сообщения, фрагменты учебного материала, контрольные задания и т.п.).

Подсистема работы со знаниями

Подсистема работы со знаниями обеспечивает манипулирование информацией, содержащейся в базе учебного материала, с помощью информации, содержащейся в базе знаний (БЗ). База учебного материала состоит из двух компонент, в одной из которых хранится теоретический материал (БТМ – база теоретического материала), а в другой – практический (БПМ – база практического материала). В БТМ содержатся тексты, используемые при освоении теоретического материала, а в БПМ – описания контрольных заданий, необходимых для проверки качества изучения курса.

Для представления информации в этих базах используются сетевая и табличная модели.

База знаний – центральная часть системы. В ней находится информация о структуре как теоретического, так и практического материала, связях отдельных элементов БТМ и БПМ, особенностях представления и использования материала во время функционирования системы как при изучении теории, так и в процессе выполнения контрольных заданий.

В системе реализован транслятор, обеспечивающий изменение учебного материала и БЗ как полностью, так и частично. Предполагается, что, в целом, теоретический материал состоит из глав, каждая из которых может состоять из разделов, которые, в свою очередь, могут состоять из подразделов. Допускается и дальнейшее разбиение материала на части. Представление теоретического материала в системе ориентировано на гипертекстовую структуру фрагментов (хотя и не требует этого в обязательном порядке).

Множество контрольных заданий может быть разбито на подмножества, каждое из которых предназначено для проверки качества изучения какой-либо главы. Каждое из этих подмножеств, в свою очередь, также может быть разбито на подмножества, соответствующие разделам, и т.д. Это означает, что если множество заданий Z_w , предусмотренное для проверки качества изучения определенной части w (например, раздела) теоретического материала, разбито на n подмножеств $Z_{w,1}, Z_{w,2}, \dots, Z_{w,n}$, каждое из которых соответствует какому-либо фрагменту (для раздела – подразделу) этой части, то должно выполняться

$$\bigcup_{i=1}^n Z_{w,i} = Z_w \text{ и } \forall i, j = \overline{1, n} \quad Z_{w,i} \cap Z_{w,j} = \emptyset.$$

Обязательного наличия специального подмножества заданий для каждого параграфа, подраздела, раздела не требуется. Однако, если разбиение есть, то любое задание z принадлежит множеству Z_w тогда и только тогда, когда является элементом одного из подмножеств $Z_{w,1}, Z_{w,2}, \dots, Z_{w,n}$. Это означает, в частности, что если, например, для каких-либо подразделов (не обязательно всех) некоторого раздела такие подмножества определены, то для всего раздела в целом отдельных заданий быть не должно. В случае отсутствия разбиения все множество заданий используется для проверки качества изучения теоретического материала данной части в целом.

Заданиями могут быть различного вида тесты:

- альтернативный или множественный выбор из предложенных вариантов;
- перекрестный выбор, требующий указание связей между элементами двух различных множеств;
- подстановка, предусматривающая добавление элементов (фрагментов) в предлагаемый ответ;
- исправление ошибок в предлагаемом ответе;
- установление правильной последовательности объектов в предлагаемом ответе.

Задания могут быть разбиты на разное количество этапов разной степени подробности (каждый этап может быть разбит на части и т.д.). Задание ученик может выполнить сразу (на первом уровне), если даст верный ответ на сформулированный вопрос. Если ученик не может решить задачу на этом уровне (дал

неверный ответ или не смог дать ответ), он может решить ее последовательно по частям (этапам), т.е. на втором уровне. Возможен и третий уровень, если какие-либо этапы выполняются по частям, и т.д. (рис. 2).

Этапы (части) представляют собой тестовые задания, выполнение которых в совокупности заменяют этап предыдущего уровня. Количество уровней для каждого конкретного задания зависит от его особенностей. Могут быть задания, для которых предусмотрен только один уровень (задание необходимо выполнить только сразу, этапов нет). На каждом уровне этапы (части) также могут предполагать разное количество следующих уровней. Другими словами, какие-то части выполнения задания могут дробиться на еще более мелкие этапы, а какие-то и нет.

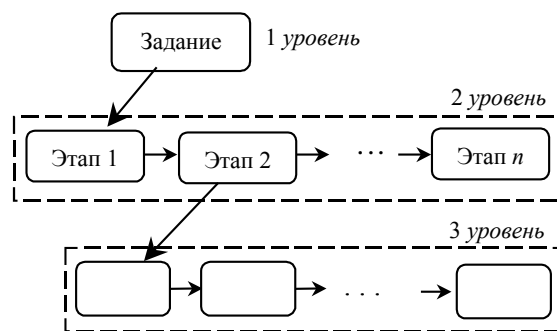


Рис. 2. Многоуровневое выполнение задания

Информация о возможности этапного выполнения заданий содержится в БЗ, что позволяет системе гибко реагировать на проблемы, с которыми сталкивается ученик в процессе контроля полученных навыков. Задание может быть выполнено на разном уровне. Переход на следующий уровень выполнения задания осуществляется по инициативе системы (если дан неверный ответ) или по инициативе ученика для каждого этапа (каждой части) в отдельности. Это означает, что, выполняя задание, можно на любом этапе перейти на следующий уровень, но после выполнения этого этапа по частям снова производится автоматический возврат на предыдущий уровень. В процессе выполнения задания ученик может перейти к соответствующему теоретическому материалу. В БЗ содержится информация о взаимосвязях между элементами практического и теоретического материала, что обеспечивает реализацию перехода из режима выполнения контрольного задания к семантически связанному с ним теоретическому материалу с последующим возвратом к продолжению выполнения этого же задания.

Подсистема работы с журналом

Подсистема работы с журналом работает на основе специальной динамически формируемой базы данных, в которой отражаются особенности работы каждого ученика. Благодаря этой подсистеме обеспечиваются дополнительные удобства работы пользователя (ученика и учителя). Ученик может выходить из системы в процессе обучения и продолжать работу после повторного ее запуска, отслеживать свои действия, анализировать поведение системы и т.д. С систе-

мой могут работать разные ученики, но с каждым из них она работает индивидуально. С целью реализации таких возможностей для каждого из них формируется отдельный журнал, в котором хранится информация об ученике (имя, дата начала работы), особенностях его работы в целом (количество входов в систему, место последнего прерывания работы с ней и т.п.) и особенностях изучения учебного материала (количество попыток изучения различных частей теоретического материала, особенности процесса выполнения заданий, оценки результата выполнения как отдельных заданий, так и по главам, разделам, подразделам и т.п., количественную и качественную форму выражения этих оценок и т.д.).

Ученик может прекращать работу с системой, прерывая не только работу с теоретическим материалом, но и выполнение контрольных заданий. При повторном запуске подсистема работы с журналом выясняет, выполнение каких заданий не завершено, и предлагает ученику продолжить их выполнение (рис. 3). Ученик волен согласиться с этим или отказаться и самостоятельно решать, что он будет делать дальше.

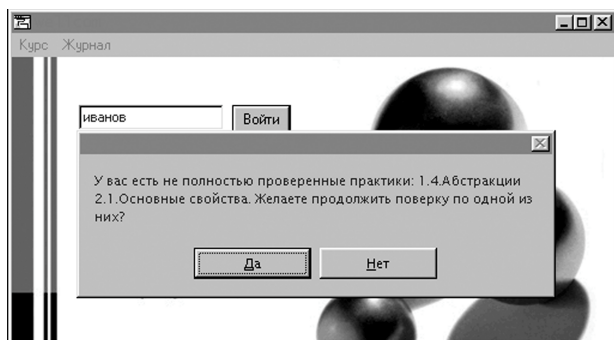


Рис. 3. Предложение о продолжении работы после перезапуска системы

Журнал доступен для просмотра как ученику (частично), так и учителю (полностью). Его редактирование возможно лишь частично, причем разрешено это выполнять только учителю. Учитель также может полностью его уничтожить. Возможности работы с журналом ученика ограничиваются просмотром. Кроме этого, он может потребовать начать изучение с самого начала, что приведет к почти полному уничтожению информации в журнале (остаются лишь имя, дата начала работы с системой и количество попыток изучать материал с самого начала).

Таким образом, подсистема работы с журналом позволяет ученику иметь свободу выбора теоретического материала для изучения либо практического для проверки полученных навыков, знать не только свое поведение, но и системы, продолжать ранее прерванную работу по изучению или выполнению контрольных заданий любой части материала, начинать работу с самого начала.

ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

В системе производится количественное оценивание выполнения задания методом, изложенным в [1].

При этом учитывается не только факт выполнения задания, но и стиль выполнения (потребность в подсказках, выполнение задания не полностью, а поэтапно). Оценки вычисляются не только для каждого задания в отдельности, но и для частей теоретического материала (глав, разделов, подразделов и т.д.), объединяющих задания в множества, а также по всему учебному материалу (для всего множества заданий). Суть заключается в поощрении за правильно выполненное задание или, хотя бы, действия, операции, этапы, а также наказания за возврат к теоретическому материалу и поэтапное решение задачи с помощью системы. Для этого используется соответствующая информация, характеризующая каждое задание. Она включает в себя сведения о возможности разбиения на этапы, операции или действия, значения коэффициентов наказания за возврат к теории и поэтапное выполнение, а также значения коэффициентов поощрения как за решение всей задачи (максимально возможная оценка), так и за выполнение каждого этапа, операции, действия. Эта информация закладывается в систему экспертом-учителем при настройке системы и позволяет учителю регулировать влияние негативных факторов на величину оценки по каждому заданию в отдельности.

Пусть для множества W частей (возможно, не всех) теоретического материала имеется множество контрольных заданий Z , выполнение которых предусмотрено для оценивания качества освоения этих частей. Для каждой части $w \in W$ имеется множество заданий $Z_w \subset Z$, причем

$$\bigcup_{w \in W} Z_w = Z \text{ и } \forall w_1 \in W, \forall w_2 \in W Z_{w_1} \cap Z_{w_2} = \emptyset.$$

Для каждого задания $z \in Z_w$ в процессе его выполнения вычисляется количественная оценка $Q(z)$. По итогам выполнения заданий из Z_w вычисляется количественная оценка Q_w для всей соответствующей теоретической части $w \in W$. При этом учитываются оценки по всем заданиям множества Z_w с разным весом. Эти веса $v(z)$ отражают вклад выполнения каждого задания $z \in Z_w$ в Q_w ; $0 < v(z) < 1$, $\sum_{z \in Z_w} v(z) = 1$. Оценка

Q_w представляется взвешенной суммой оценок $Q(z)$ за выполнение заданий $z \in Z_w$ теоретической части $w \in W$, т.е.

$$Q_w = \sum_{z \in Z_w} v(z) Q(z). \quad (1)$$

Для части теоретического материала, для которой отдельные задания не предусмотрены, но она, в свою очередь, состоит из множества W_r ($W_r \subset W$) частей, для которых оценки вычислены по формуле (1), Q_{W_r} за изучение учебного материала W_r в целом также вычисляется в виде взвешенной суммы

$$Q_{W_r} = Q_{W_r} = \sum_{w \in W_r} \eta(w) Q_w, \quad (2)$$

где $\eta(w)$ – вес (вклад) выполнения всех заданий по теме $w \in W_r$ в изучение теоретического материала W_r в целом, $0 < \eta(w) < 1$, $\sum_{w \in W_r} \eta(w) = 1$.

Как уже отмечалось выше, наличия специального множества заданий для каждого параграфа, подразделе-

ла, раздела не требуется. Например, для какого-либо раздела хотя и предусматривается разбиение теоретического материала на подразделы, но не для всех подразделов могут быть предусмотрены контрольные задания. Аналогичная ситуация допустима для любой главы, подраздела и т.д. При вычислении оценки по формуле (2) учитываются лишь $w \in W_r$, для которых существуют контрольные задания. По этой формуле вычисляются оценки не только для глав, разделов, подразделов и т.д., но и оценка Q по всему учебному курсу в целом.

Техника вычислений оценок за выполнение заданий, а также изучение тем и всего учебного материала таково [1], что получаемые оценки принадлежат одному и тому же интервалу $[0, F]$, где F – максимально возможная количественная оценка, которую может получить ученик за выполненное задание. Это обеспечивает их сопоставимость и возможность использования в вычислениях. При взаимодействии с пользователем (учителем или учащимся) для удобства восприятия количественные оценки преобразуются в качественную форму (*хорошо, удовлетворительно, не очень хорошо, отлично* и т.п.).

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕНАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ

Как весь учебный материал, так и любая его часть может быть изменена. Для изменения базы учебного материала и базы знаний предусмотрен транслятор, который обеспечивает преобразование информации, представленной во внешней форме, подготавливаемой пользователем-экспертом, во внутреннее представление, с которым работает система. Возможно как частичное, так и полное изменение баз. Для внешнего представления разработан специальный язык размет-

ки, позволяющий достаточно компактно и просто описывать знания, быстро их верифицировать.

Внешнее описание теоретического материала включает содержание, текстовые и графические фрагменты для основного материала и гипертекстовых ссылок, описание связей пунктов содержания и гипертекстовых ссылок с соответствующими фрагментами. Основу внешнего представления практического материала составляет описание контрольных заданий. Оно включает в себя тексты вопросов и вариантов ответов на них; информацию, необходимую для реализации этапности выполнения заданий; коэффициенты, предназначенные для количественного оценивания; информацию о связях контрольных заданий с частями теоретического материала (как с точки зрения проверки качества изученности теории, так и для последующей реализации подсказок).

В случае, если у эксперта при описании какого-либо контрольного задания во внешнем представлении возникают методические трудности с определением значений коэффициентов, предназначенных для количественного оценивания, он может их не указывать. В этом случае система во время трансляции автоматически присваивает им такие значения, что впоследствии стиль выполнения такого задания не будет влиять на величину вычисляемой оценки. Она будет зависеть лишь от получаемого в конечном итоге ответа (правильный или нет). Значения коэффициентов наказания за возврат к теории и поэтапное выполнение, а также значения коэффициентов поощрения как за решение всей задачи (максимально возможная оценка), так и за выполнение каждого этапа, операции, действия могут быть изменены в режиме редактирования учителем позже, в процессе обучения. Таким образом, учитель имеет возможность гибко влиять на систему в процессе ее функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лецинский Б.С.* Оценивание знаний учащегося с использованием теории нечетких множеств // Вестник ТГУ. 2003. № 280. С. 374–378.

Статья представлена кафедрой теоретической кибернетики факультета прикладной математики и кибернетики Томского государственного университета, поступила в научную редакцию «Кибернетика и информатика» 21 мая 2003 года.