Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. Б. Кудрявцев, К. Вашик, А. С. Строгалов, П. А. Алисейчик, В. В. Перетрухин, Об автоматном моделировании процесса обучения, *Дискрет. матем.*, 1996, том 8, выпуск 4, 3–10

DOI: <https://doi.org/10.4213/dm554>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.198.64.247

26 апреля 2023 г., 17:44:44

Об автоматном моделировании процесса обучения

© 1996 г. В. Б. Кудрявцев, К. Вашик,
А. С. Строгалов, П. А. Алисейчик, В. В. Перетрухин

Рассматривается проблема компьютерного моделирования процесса обучения человека в некоторой предметной области. Предлагаются требования к компьютерным обучающим системам и приводится описание основных блоков реально функционирующей обучающей системы «IDEA for Windows», разработанной авторами на основе их теоретических результатов по автоматному моделированию процесса обучения.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант 95-01-01264.

1. Введение

Ныне действующие компьютерные обучающие системы представляют собой компьютерную компиляцию учебников теоретического характера и сборников упражнений к ним, снабженную в наиболее продвинутых версиях соответствующими аудио- и видеоэффектами иллюстративного характера. В этих системах главную роль играет пользователь, который, действуя по инструкциям, должен пошагово усвоить те знания, которые он получает от нее. Таким образом, роль компьютерной обучающей системы может быть охарактеризована как пассивная. Она фактически выступает лишь как сумма знаний, овладение которыми представляет значительный труд для пользователя. В действительности же, процесс обучения содержит три основные компоненты: учителя, ученика и пространство их взаимодействия в виде, например, учебника с упражнениями. Задача обучения состоит в нахождении учителем оптимальной последовательности взаимодействия этих компонент. Эти компоненты и их взаимодействие и должны моделироваться.

В реальных же компьютерных обучающих системах роли учителя и ученика обнаруживаются лишь в виде слабых следов, а главным в них является учебник с упражнениями и набор инструкций, указывающий, как овладевать заложенными в систему знаниями, что весьма слабо отражает указанное взаимодействие.

На начальном этапе развития компьютерных моделей и средств обучения такие системы сыграли свою, безусловно положительную, роль, и трудно было требовать, чтобы они шире имитировали процесс обучения, отражая в себе также еще роли учителя, ученика и процесс взаимодействия, поскольку в то время моделирование интеллектуальной деятельности лишь начиналось.

В проекте «IDEA» [1] разработана и доведена до практического использования задача построения такой компьютерной системы обучения, которая моделировала бы все компоненты образовательного процесса: учителя, ученика, учебного материала и оптимального их взаимодействия. В нем заложены механизмы для формирования модели учителя и ученика, введен учебник с упражнениями, понимаемый как набор определенным образом организованного учебного материала с элементами мультимедиа и на этой основе имитируется процесс реального обучения с учетом таких характерных его особенностей, как взаимная настраиваемость учителя и ученика, способности ученика, оптимальность стратегии дозирования знаний и упражнений учителем, скорость запоминания и забывания знаний учеником, продолжительность и устойчивость его активного состояния и т.п.

В этом подходе учитель и ученик интерпретируются как адаптивные автоматы, а процесс обучения состоит в их итеративном взаимодействии. Со стороны автомата-учителя на каждом шаге выбирается оптимальная с его точки зрения подача автомату-ученику обучающей информации на основе того, как усвоил на предыдущих шагах обучения такую информацию автомат-ученик.

Обучающая система является достаточно универсальной для заданного класса предметных областей, а также открытой, и легко пополняется информацией во всех своих основных частях.

Модельным классом таких предметных областей у нас выступают реальные языки. Таким образом, эти обучающие системы после наполнения их конкретным содержанием становятся компьютерными обучающими системами по языкам.

В соответствии с изложенным, в проблеме синтеза адаптивного компьютерного учителя необходимо было решение следующих основных задач.

- (1) Синтез автомата-учителя.
- (2) Синтез автомата-ученика.
- (3) Разработка информационной системы, аналогичной учебнику с упражнениями.
- (4) Выработка оптимальной стратегии взаимодействия компонент 1–3.
- (5) Создание интерфейса с широкими сервисными услугами для пользователя.

Решение задач 1–4 сопряжено с рассмотрением целого ряда вопросов. К их числу относятся:

- (a) Разработка динамических баз данных и знаний, состоящих из больших массивов синтаксической информации со сложной семантикой и нечеткими логическими связями. Эти базы должны быть компактными по объему занимаемой памяти и в то же время позволять достаточно быстро получать необходимую информацию из них.
- (b) Разработка признакового пространства описания состояний автомата-учителя и автомата-ученика с указанием функционально-метрических зависимостей между ними, позволяющими задавать функционирование этих автоматов.

- (с) Разработка оптимальных стратегий взаимодействия автомата-учителя с автоматом-учеником как средствами собственно теории автоматов и нечеткой логики, так и процедурами типа распознавания образов и пр.

Эти вопросы были исследованы авторами и изложены в [1, 2]. Теоретическим фундаментом модели является автоматная модель гибридного вида и ее свойства [3], а также некоторые модели и методы, созданные авторами или привлеченные из теории интеллектуальных систем. Ниже следует описание структуры и принципы функционирования основных блоков компьютерной обучающей системы «IDEA for Windows».

2. Общая структура системы

Система «IDEA for Windows», называемая далее просто «IDEA», состоит из следующих основных модулей.

2.1. Учебный курс

Учебный курс представляет собой набор данных, необходимых для обучения. В него входят следующие разделы.

- (1) Учебный материал — описание предметной области в форме текстов, изображений, графиков, схем, видеофильмов, звуковых записей и т.д.
- (2) Тренировочные упражнения, предназначенные для закрепления полученных знаний и навыков. Получение новой информации может быть организовано в виде упражнений. Четкое разделение между тренировочными и тестовыми упражнениями не проводится, поскольку система следит за всем процессом обучения и, следовательно, может использовать для принятия решений сведения, полученные в ходе выполнения тренировочных упражнений. «IDEA» имеет постоянно пополняемый набор типов упражнений (в настоящее время 20), среди которых есть, например, тренировка произношения, позволяющий использовать ее при обучении иностранным языкам.
- (3) Описание структуры учебного курса в виде дерева (или нескольких деревьев) учебных целей. Это дерево содержит в качестве корневой вершины глобальную учебную цель, например, усвоение данного учебного курса. Вершины следующего яруса — подцели этой глобальной цели, и так далее вплоть до вершин нижнего яруса атомарных учебных целей. Примером атомарной учебной цели может служить знание форм одного неправильного глагола. Как правило, существует несколько глобальных учебных целей, и, соответственно, несколько соответствующих им деревьев. При обучении языкам это грамматика, коммуникативные навыки, лексика, знание стандартных языковых конструкций и т. д. Для каждой учебной цели в дереве может (а для целей нижнего яруса должен) быть указан набор тренировочных и тестовых упражнений, которые будут использованы системой для закрепления или проверки знаний, необходимых для достижения этой цели.

- (4) Справочная информация: таблицы, словари и т. п.
- (5) Набор учебных стратегий. Учебная стратегия — это планируемая последовательность упражнений либо учебных целей. В одном и том же курсе для ученика может быть выбрана та или иная учебная стратегия в зависимости от его задач (это может быть не обязательно овладение всем учебным материалом, а лишь некоторой его частью). На выбор стратегии также влияют режим обучения (частота и длительность занятий), начальные знания ученика, тип ученика, определенный на основании анализа процесса обучения, конкретные события в процессе обучения (например, неожиданные трудности при усвоении определенного материала), возможно, возраст ученика. Таким образом, учебный курс, содержащий достаточное количество стратегий, позволяет экспертной системе подойти к ученику индивидуально, что и составляет главное преимущество системы «IDEA» по сравнению с другими компьютерными обучающими системами. Разумеется, в процессе обучения могут возникнуть локальные отклонения от стратегии, связанные с решениями экспертной системы или самого ученика, но глобальная задача экспертной системы — это провести ученика по выбранной стратегии и, следовательно, решить соответствующую этой стратегии задачу обучения.

2.2. Интерфейс ученика

Этот модуль решает следующие задачи.

- (1) Отображает на экране для ученика содержимое учебного курса, всех его компонент, перечисленных выше.
- (2) Позволяет выполнять упражнения, и во время их выполнения дает разрешенный автором курса доступ к справочной и иной информации. Для этого доступа интерфейс ученика использует свои навигационные средства или созданную автором систему гипертекстовых ссылок.
- (3) Отображает результаты упражнений и рекомендации экспертной системы.
- (4) Дает ученику (или следящему за обучением учителю) возможность вмешиваться в процесс обучения, локально отклоняясь от планируемой системой последовательности упражнений, необходимых для достижения этой цели. Такими отклонениями могут быть следующие.

Временное изменение режима обучения. Возможны три режима в зависимости от того, как выбирается очередное упражнение: экспертной системой, самим учеником после просмотра содержимого курса или независимо от результатов предыдущего упражнения берется следующее упражнение в текущей стратегии.

Изменение текущей стратегии.

Пауза как между упражнениями, так и во время выполнения упражнения.

- (5) Отображает статистику обучения: выполненные упражнения, их результаты, другие события, происходившие при их выполнении (превышение запланированного времени, пользование справочной информацией и т. п.), рекомендации экспертной системы, предпринятые по инициативе ученика отклонения от учебной стратегии (см. далее 1.5).
- (6) Дает ученику представление о текущем состоянии его знаний, уровень достижения всех учебных целей, описанных в дереве целей, а также целей, соответствующих учебным стратегиям.

2.3. Авторская система

Авторская система представляет собой инструмент создания и редактирования всех компонент учебного курса.

2.4. Модуль редактирования курса и доступа к нему в режиме ученика

Этот модуль обеспечивает модулю интерфейса ученика и авторской системе доступ к данным учебного курса. Уровень доступа, возможности просмотра и изменения данных, определяют интерфейсные модули. В частности, не только ученик, но и автор (в зависимости от своей квалификации) может не видеть или не иметь возможности редактировать некоторые части курса.

2.5. База данных истории обучения

В этой базе данных хранится и постоянно обновляется информация обо всех событиях, произошедших в процессе обучения. Эта информация является основой для принятия решений экспертной системой, а также (частично) доступна ученику через интерфейс ученика. Фиксируются следующие события.

- (1) Все выполненные или начатые упражнения, при этом прерванные упражнения фиксируются отдельно.
- (2) Успешно выполненные упражнения и отдельные части упражнений.
- (3) Допущенные при выполнении упражнений ошибки с квалификацией класса ошибки.

«IDEA» использует следующие четыре класса ошибок:

- (a) случайные ошибки (опечатки, случайное нажатие кнопки мыши не в том месте и т. п.);
- (b) ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по изучаемой в данный момент теме;
- (c) ошибки, связанные с недостаточными знаниями (навыками) по другим темам;
- (d) нераспознанные ошибки (например, бессмысленная последовательность букв там, где надо было написать слово).

- (4) Обращения к справочной или иной дополнительной информации.
- (5) Существенные превышения запланированного автором упражнения времени или, наоборот, выполнение упражнения значительно ранее запланированного времени.
- (6) Предпринятые по инициативе ученика отклонения от учебной стратегии и другие вмешательства в ход обучения.

Вся перечисленная информация доступна как для отдельных упражнений и атомарных учебных целей, так и на верхних ярусах дерева учебных целей как аккумулированная информация о подцелях.

2.6. Учитель

Этот модуль в общепринятой терминологии представляет собой экспертную систему. Она состоит из ядра и базы знаний продукционного типа. Задача экспертной системы — определять тактику прохождения по учебной стратегии для решения соответствующей этой стратегии учебной задачи. Кроме того, экспертная система корректирует поведение ученика в процессе обучения, давая ему советы. Основой для принятия решения служит следующая информация.

- (1) Текущая стратегия (задача обучения).
- (2) База данных истории обучения.
- (3) Гипотеза о типе ученика, постоянно корректируемая в ходе обучения.
- (4) Локальные события, произошедшие в последнем упражнении, текущей учебной цели, в течение сегодняшнего урока или за последний час и т.д.
- (5) Дерево учебных целей, используемое при необходимости дополнительной тренировки, возврата к недостаточно усвоенной теме и тестирования знаний после ее повторения.

3. Обучение с применением экспертной системы

Впервые начиная работу с системой «IDEA», ученик должен ответить на ряд вопросов, запланированных автором учебного курса. Как правило, это вопросы об имени, возрасте, начальном уровне знаний по предмету обучения, о наличии знаний в смежных областях (например, при обучении иностранному языку это знание другого языка). Возможны также вопросы о целях, которые ставит себе ученик при изучении данного курса, о предполагаемой частоте и длительности занятий. На основании результатов этого начального опроса экспертная система рекомендует ученику одну из учебных стратегий. Каждая стратегия содержит краткое описание, позволяющее ученику самому решить, следовать ли рекомендации экспертной системы или попробовать начать обучение по другой стратегии. Вторая задача начального опроса — дать экспертной системе информацию для выработки начальной гипотезы о типе ученика. В процессе

обучения эта гипотеза будет корректироваться. В зависимости от текущей гипотезы экспертная система будет применять ту или иную тактику обучения. Есть и еще одна немаловажная деталь, позволяющая внести один из элементов индивидуализации процесса обучения — «IDEA» обращается к ученику по имени, называя его ты или Вы в зависимости от возраста и используя правильный род в зависимости от пола. Автор курса также имеет возможность использовать значения этих переменных в текстах упражнений.

Затем экспертная система выбирает первое упражнение. Все события, происходящие во время его выполнения, фиксируются в базе данных результатов ученика. После того, как упражнение выполнено, экспертная система дает ученику советы, объясняет текущую учебную ситуацию и предлагает следующее упражнение. В любой момент ученик имеет возможность отклониться от предлагаемой ему последовательности упражнений, но этот факт, а также все, что происходит во время таких отклонений, фиксируется в базе данных результатов ученика и будет использовано в дальнейшем экспертной системой при принятии решений.

4. Оптимизация времени принятия решения экспертной системой

Ввиду существенного объема баз знаний и данных и необходимости очень часто обращаться к экспертной системе и практически мгновенно реагировать на происходящие события, задача оптимизации принятия решений в обучающих экспертных системах приобретает особенную актуальность. При решении этой проблемы в экспертной системе «IDEA» была использована следующая особенность. База знаний в левой части продукции использует практически всю информацию, содержащуюся в базе данных истории обучения, и следовательно, при вычислении истинности условий приходится всякий раз обращаться к базе данных. Однако содержимое этой базы данных меняется весьма медленно, так как основную ее часть составляет аккумулированная информация об учебных целях. Поэтому компилятор базы знаний создает специальную индексную структуру, устанавливающую связь между записями базы данных и продукциями базы знаний. При обновлении информации в базе данных истории обучения сразу выделяется список продукции базы знаний, условия которых необходимо пересчитать, и этот список решающим образом сокращает время принятия решения.

5. Язык описания истории обучения

Для экспертной системы был разработан специальный язык, позволяющий использовать в продукциях базы знаний аккумулированную информацию о событиях, содержащуюся в базе данных истории обучения.

Основой этого языка служат следующие понятия.

Тип ученика. «IDEA» не имеет предопределенных типов ученика, давая автору базы знаний (методисту) свободу в определении собственных типов в соответствии со своей методикой.

Событие. Примеры событий перечислены выше. Автор базы знаний может определять новые события, вычисляемые на основании уже определенных ранее.

Интервал. Это либо учебная цель, либо учебная стратегия, либо упражнение, либо один из временных интервалов: сегодняшнее занятие, последний час и т. п.

Тип кривой. Это описание динамики частоты события на интервале одним-двумя словами: часто; редко; сначала редко, потом чаще и т. д. «IDEA» использует конечное множество определяемых автором типов кривых (в работающей сейчас базе знаний их 14).

Вес кривой на интервале. Это отношение числа произошедших событий к числу возможных, либо, как в случае пользования справочной информацией, к числу ожидаемых (в этом случае оно может быть больше 1).

Опыт создания базы знаний для системы «IDEA» показал, что этот язык хорошо отражает структуру знаний специалистов по методике обучения, и они, не будучи знакомы ни с теорией экспертных систем, ни с языками программирования, способны создавать работающую базу знаний.

Список литературы

1. Вашик К., Кудрявцев В. Б., Строгалов А. С. *Проект «IDEA». Введение в новое поколение программного обеспечения типа ICBI для передачи знаний и навыков с помощью экспертной системы.* Link@Link Software GmbH, Dortmund, 1995.
2. Кудрявцев В. Б., Вашик К., Строгалов А. С., Алисейчик П. А., Перетрухин В. В. Компьютерная система обучения автоматного типа. В кн.: *Проблемы теоретической кибернетики.* Изд. центр РГГУ, Москва, 1996, с.111.
3. Кудрявцев В. Б., Алешин С. В., Подколзин А. С. *Введение в теорию автоматов.* Наука, Москва, 1985.

Статья поступила 23.10.96.