

СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

к.т.н. В.А. Тимофеев, В.В. Тулупов
(представил д.т.н., проф. В.П. Авраменко)

Рассматриваются вопросы формирования структуры математического обеспечения модульного компьютерного тренажера с использованием технологии экспертных систем. Описываются особенности операторского и инструкторского интерфейсов.

В течение последнего десятилетия в области обучения операторов на тренажерах получены значительные результаты, связанные с применением методологии искусственного интеллекта, и, в частности, его прикладной области – систем, основанных на знаниях.

Среди систем искусственного интеллекта, получивших наиболее широкое распространение, следует выделить экспертные системы, использование которых в тренажерных комплексах позволяет наиболее эффективно использовать опыт высококвалифицированных инструкторов. При этом представляется целесообразным построение так называемых гибридных систем, которые наряду с неформальными знаниями специалистов содержат знания, полученные в результате расчетов математического моделирования. Такой подход к решению задач обучения операторов различных производств стал возможен благодаря развитию новых информационных технологий, и, в первую очередь, благодаря созданию промышленных систем, основанных на знаниях [1].

При этом обучающая система может представлять собой совокупность, по крайней мере, двух экспертных систем:

- экспертной системы в предметной области обучения;
- экспертной системы по управлению обучением.

Анализ проблемной области обучения позволяет выделить в структуре задач обучения следующие основные подзадачи:

- задачи описания фактической и требуемой квалификации «идеального» оператора;
- задачи контроля и оценивания фактической квалификации;
- задачи установления причин низкой квалификации;
- задачи управления процессом обучения (квалификацией).

Цель обучения формализуется на основе модели квалификации обучаемого и представляет множество элементов квалификации, которые

необходимо сформировать, т.е. повысить оценки по этим элементам, в процессе обучения.

Функционирование традиционных интеллектуальных обучающих систем опирается на экспертные системы и механизм логического вывода [2,3]. При этом многие процедуры, связанные, например, с формированием гипотез, прогнозом изменения квалификации и установлением причин низкой квалификации, если таковое имеет место, плохо вписываются в структуру экспертной системы. Поэтому более перспективной представляется идея интегрированной интеллектуальной обучающей системы, включающей подсистемы хранения знаний в предметной области, планирования обучения и тестирования обучаемого, а также интерфейсы оператора и инструктора. При этом подсистема хранения знаний включает симулятор, содержащий имитационные модели конкретной технической системы (процесса), а подсистемы тестирования и планирования обучения обеспечивают прогнозирование будущих ситуаций (изменение квалификации), и моделирование путей развития процессов, приведших к текущей ситуации.

Имитационные модели технических систем (процессов) представляют собой основу информационно-моделирующей системы тренажера, являются изменяемыми элементами математического обеспечения тренажера и определяются конкретным видом производства. Отсутствие единого комплексного подхода при разработке имитационных моделей затрудняет разработку моделей, ориентированных на применение в тренажерной технике. Поэтому обычно модели разрабатываются на основании опыта проектировщика с использованием эвристических приемов и практических рекомендаций, научных представлений о моделируемых системах и процессах с учетом широких возможностей современной вычислительной техники и методов системного анализа.

На первый взгляд, имитационные модели могут рассматриваться в отрыве от структуры пользовательских интерфейсов, поскольку состав моделей и взаимодействие их элементов, хоть и определяются задачами компьютерного тренинга, пользователю «не видны». И обратно – при описании принципиальной структуры моделей операторский и инструкторский интерфейсы могут рассматриваться только как источники возмущений и получатели информации.

Очевидно, в то же время, что не все элементы машины равнозначны по взаимодействию с участниками компьютерного тренинга, причем функционально-информационные связи элементов моделируемой системы и пользовательских интерфейсов вполне могут быть стандартизованы. Получающаяся в результате типовая структура моделируемой системы позволяет свести разработку различных тренажерных моделей к описанию собственно технологических феноменов конкретной системы или процесса и формальному конфигурированию стандартных элементов системы (измерительной системы, системы регулирования, системы

исполнительных механизмов и др.), связанных с соответствующими блоками операторского и инструкторского интерфейсов.

Важным моментом создания математического обеспечения интеллектуальной обучающей системы является разработка формализованных моделей оператора, адекватно отражающих динамику обучаемого. Наличие такой модели в подсистемах тестирования и планирования обучения позволяет устранить некоторый субъективизм в оценке его действий и выбрать оптимальную стратегию обучения.

Прогнозная модель оператора, используемая для оптимального решения задачи его обучения, должна соответствовать компьютерной части тренажера. Так как в каждом режиме обучения тренажер обычно описывается дифференциально-операторным уравнением, то такой же является и используемая прогнозная модель. Получившие достаточно широкое распространение модели человека-оператора в виде соединения передаточных функций, описывающих сенсорную и нейромускульную части, достаточно хорошо отражают его следящие свойства, но не позволяют, однако, описать его прогнозирующие свойства. Более эффективным в этом плане является рассмотрение деятельности человека - оператора как аналога процессов, протекающих в оптимальной системе по классическому квадратичному или неквадратичному функционалам.

Так как эффективность выбранной стратегии обучения зависит как от индивидуальных свойств обучаемого, так и от инструктора, контролирующего и оценивающего действия оператора, модель деятельности человека-оператора, решающего задачи на тренажере, является также основой для решения задачи создания оптимального инструктора, деятельность которого не могла бы стать источником возникновения ложных навыков у обучаемого [4]. Оптимальный инструктор используется в качестве эталонного варианта действий для сравнения и оценки деятельности обучаемого. Построение его формализованной модели основано на идее адаптивного обучения. При наличии такой модели в процессе обучения параллельно с действиями обучаемого в заданной ситуации производится обращение к модели оптимального инструктора, формирующей эталонный вариант поведения, затем производится сравнение степени совпадения действий обучаемого и определение уровня обученности оператора.

Основной принцип оценивания заключается в сравнении показателей, характеризующих деятельность обучаемых (достигнутых результатов) с заданными нормативными или оптимальными показателями. Такое сравнение позволяет получить необходимые данные для управления обучением и стимулирования активности обучаемых.

Система оценок действий обучаемого и определения уровня обученности операторов является необходимым элементом любого обучающего комплекса. Процесс обучения оператора должен продолжаться до тех пор, пока обучаемый не выйдет на так называемый уровень стацио-

нарной обученности, характеризующийся минимально возможными уровнями допускаемых ошибок и времени выполнения работ, а также относительной стабильностью результатов.

Особенностью действий обучаемого оператора является неоднозначность принимаемых решений, в самой сути его деятельности заложена возможность выполнения тренировочного задания не только единственным верным образом. Поэтому при оценивании действий обучаемого важнейшим моментом является принципиальная возможность получения количественных характеристик принятого им решения и последствий соответствующего воздействия обучаемого на процесс [5].

Оценивание деятельности оператора включает контроль правильности действий обучаемого, регистрацию ошибок, расчет показателей его деятельности и итоговой оценки в процессе выполнения обучаемым контрольных, тренировочных и учебных задач.

Как свидетельствует анализ показателей оценки деятельности оператора, применяемых в различных промышленных сферах, они, будучи различными по форме, в то же время являются близкими по содержанию. Поэтому целесообразно в качестве такой использовать интегральную оценку, учитывающую различные показатели с весовыми коэффициентами.

На основании полученной оценки операционная система управления обучением вырабатывает решение о стратегии обучения. Эффективность математического обеспечения тренажера зависит от того, насколько успешно решена задача определения оптимального варианта действий. В связи с этим облегчается задача определения текущей оценки оператора и итоговой оценки принятого обучаемым решения, использующей систему показателей, включающую различные параметры обученности.

Особенность компьютерных тренажеров как человеко-машинных интерфейсов состоит в одновременной работе операторского и инструкторского интерфейсов и моделируемой системы, причем участники компьютерного тренинга, решая свои задачи, взаимодействуют не напрямую, а посредством технической системы. В этих условиях помимо качества имитационных моделей, используемых в подсистеме хранения знаний, ключевым для соблюдения принципа подобия деятельности обучаемого в тренинге и в реальной работе является соответствие интерфейсов и моделируемой системы задачам, решаемым оператором и инструктором в ходе компьютерного тренинга [5].

Как операторский, так и инструкторский интерфейсы включают в себя уровень предоставления с блоком контроля и исполнения и блоком графической поддержки, а также уровень диалога, ответственного за взаимодействие оператора со всеми элементами тренажера. Однако так как объектом наблюдения и управления инструктора является процесс обучения оператора, его интерфейс ориентирован на взаимодействие с

задачей компьютерного обучения. Кроме того, если взаимодействие оператора с тренажером всегда происходит в темпе моделирования изучаемого процесса, то инструктор имеет возможность наблюдать и воздействовать на процесс обучения как в реальном времени, так и во времени, отличном от протекания моделируемого процесса. Наконец, интерфейс инструктора по самому характеру задачи компьютерного обучения относится к разряду кооперативных, так как в нем предусмотрены параллельные операторским вмешательства в ход процесса обучения.

В заключение отметим, что для решения задач обучения на компьютерном тренажере, построенном обычно по блочно-модульному принципу, позволяющем унифицировать систему обучения и использовать тренажер для обучения операторов различных производств, целесообразно применение блочно-модульного принципа создания программного обеспечения, при котором прикладные программы реализуются в виде независимых элементов, взаимодействующих между собой под управлением организующей программы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уотермен Д. *Руководство по экспертным системам*. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
2. *Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Под ред. В.Е. Шукинунова*. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
3. Стенин А.А. *Автоматизированные обучающие системы (анализ и синтез)*. – Луганск : ВУНУ, 2000. – 109 с.
4. Красовский А.А. Концепция оптимального инструктора и автоматизированное обучение на тренажерах // *Техническая кибернетика*. – 1989. – №6. – С. 139 - 144.
5. Дозорцев В.М. Структура человеко-машинного взаимодействия в компьютерных тренажерах операторов технологических процессов // *Процессы и системы управления*. – 1998. – №5. – С. 57 - 65.

Поступила 15.04.2002

ТИМОФЕЕВ Владимир Александрович, канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Национального университета радиозлектроники. В 1975 году окончил Харьковский институт радиозлектроники. Область научных интересов – контроль и управление динамическими объектами.

ГУЛУПОВ Владимир Владимирович, преподаватель кафедры информатики Национального университета внутренних дел. В 1991 году окончил Харьковское высшее командно-инженерное училище ракетных войск. Область научных интересов – контроль и управление динамическими объектами.
