

УДК 04.78

**В.Н. ДАШКИЕВ***Харьковский институт Военно-воздушных сил им. И. Кожедуба, Украина***МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ,  
ФУНКЦИОНИРУЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ**

Предложен метод формирования базы знаний искусственного интеллекта, который включает в себя такие составляющие: передача знаний в готовом к использованию виде; многократное повторение похожих упражнений; имитация практической деятельности с участием других интеллектуальных систем; самообучение в практической деятельности

**искусственный интеллект, формирование базы знаний, методология****Введение**

При создании перспективных систем искусственного интеллекта одной из ключевых проблем будет формирование их базы знаний. В ряде случаев это может создать серьезную проблему, в частности, при разработке интеллектуальных систем (ИС), действующих в условиях высокой степени неопределенности в информационно насыщенной среде, когда количество вариантов решения задач и внешних условий бесконечно. В таких условиях разработчики ИС не в состоянии предусмотреть все возможные варианты задач и найти верные их решения. Следовательно, силами разработчиков ИС формирование базы знаний, минимально необходимых для функционирования ИС, является невозможным. Ситуация усугубляется при функционировании ИС в условиях дефицита времени и ресурсов в агрессивной внешней среде либо если функционирование ИС сопряжено с «юридическими последствиями», то есть с угрозой для жизни, здоровья и имущества людей в случае ошибки ИС.

Фундаментальным принципом ИС является выработка ею решения на основании накопленных знаний. Поэтому формирование базы знаний является необходимой предпосылкой к воплощению искусственного интеллекта (ИИ).

Исходя из этого, актуальной является научная проблема разработки методологии формирования базы знаний систем ИИ. Причем такая методология должна содержать два аспекта. Первый – это методология для разработчиков, показывающая пути и способы первоначального формирования базы знаний ИС, создаваемой ими. И второй аспект – внутренняя методология самой ИС, указывающая ей пути и способы пополнения собственной базы знаний. Иными словами, это методология обучения и самообучения ИИ.

В специальной литературе уже рассмотрен ряд аспектов формирования базы знаний искусственного интеллекта. Так, в работе [1] рассматривается проблема структурирования знаний человека-эксперта и режимы его взаимодействия с инженером по знаниям. Также рассмотрена проблема формализации получаемых ИС качественных знаний. В работе [2] обосновывается необходимость воплощения в ИИ так называемых псевдофизических логик, выполняющих отсутствующие связи при пополнении базы знаний ИИ.

Существенной особенностью рассмотренных источников является то, что в них во всех единственным методом формирования базы знаний является прямая передача знаний от эксперта интеллектуальной системе. В работе [3] прямо утверждается, что

источником знания для наполнения базы знаний ИС служат эксперты (люди) в соответствующей предметной области. Это, несомненно, справедливо для практического применения ИИ в ряде узких предметных областей и уже реализовано в существующих ИС. Однако достигнутые результаты ориентированы на решение текущих практических проблем либо на самую ближайшую перспективу. Предполагается, что ИС сама, без участия человека, не будет способна формировать или пополнять собственную базу знаний, кроме того, собственного запаса знаний человека-эксперта (либо группы экспертов) совершенно достаточно для формирования базы знаний ИС. Однако разумно предположить, что в более отдаленной перспективе, во-первых, повысятся возможности ИС, а, во-вторых, запаса знаний человека уже будет недостаточно для решения бесконечного разнообразия задач, которые могут возникнуть перед ИС.

Следовательно, невзирая на накопленный научный задел, проблема методологии обучения и самообучения ИИ еще далека от завершения.

## 1. Формулирование проблемы

Научными целями данной статьи являются:

- анализ характера предполагаемых задач для ИС;
- анализ требований к базе знаний ИС, соответствующих решаемым задачам;
- выработка предложений относительно обобщенной методологии и источников формирования и пополнения базы знаний ИИ, в том числе действующего в условиях неопределенности, дефицита времени в агрессивной внешней среде при бесконечном разнообразии задач, их условий и путей решения.

### Метод исследования

Для решения поставленных научных задач пред-

лагается использовать метод системного анализа. Поскольку биологические объекты вынуждены существовать в условиях, сходных с ИС (информационно насыщенная агрессивная внешняя среда, дефицит времени, высокая степень неопределенности), для решения проблемы предлагается использовать подход бионики.

## 2. Решение проблемы

Можно предположить, что перспективная ИС будет включать в себя следующие компоненты: аппаратную часть, базу знаний, системное программное обеспечение, управляющее всеми информационными процессами ИС, средства получения информации из внешней среды (датчики), а также средства связи с другими ИС и исполнительные органы.

Вероятно, вначале, то есть на момент изготовления аппаратной части, ИС еще не является работоспособной. Очевидно, что по уровню сложности как аппаратной части (АЧ), так и системного программного обеспечения (СПО) ИС будет значительно превосходить существующие ныне ЭВМ. Естественно предположить значительно больший уровень отказов АЧ и ошибок в СПО. Их необходимо будет отлаживать. Кроме того, необходимо будет осуществить первоначальный запуск информационного процесса.

Первоначальный запуск, начало функционирования ИС и образование ее базы знаний, анализ поступающей информации, осуществление выводов на знаниях возможны лишь при наличии некоторого «ядра» – минимального объема знаний, которые ИС изначально произвести не в состоянии и которые могут быть получены ею лишь извне в готовом к использованию виде.

Итак, первым методом формирования базы знаний ИС в соответствии с источником знаний являет-

ся «школа», то есть передача ИС знаний в подготовленном к использованию виде, не требующем какой-либо дополнительной обработки. Источником знаний здесь может быть как человек-разработчик, так и другая ИС. В отличие от живых организмов, одна ИС может передать другой не только решение задачи, но и историю его поиска. Следовательно, для обучения поиску решения обучаемой ИС (в отличие от человека) необязательно проделывать весь путь. Достаточно записать в память готовый чужой опыт. Метод «школа» является наиболее дешевым, ибо один раз полученные знания далее могут размножаться без ограничения и максимально быстро. Проблемой является лишь получение знаний в первый раз.

Главный недостаток метода «школа» проистекает из потенциально бесконечного разнообразия решаемых ИС задач. Разнообразие условий сходных задач также бесконечно и требует собственного пути решения. В интересах максимальной эффективности процесса обучения необходимо организовать взаимообмен опытом ИС, причем каждая из них должна решать задачу, отличающуюся от всех прочих. Проблемой для метода «школа» (впрочем, и для всех других методов) является необходимость критической оценки получаемых знаний, ибо не во всех случаях правильность или ошибочность решения является очевидной. Источник знаний не обязательно предоставляет верное или оптимальное решение. Очевидно, что на ранних этапах обучения всякое получаемое знание должно восприниматься бескритично, как абсолютно достоверное. Впоследствии ИС должна сформировать некий функциональный блок – «критический оценщик» как собственных выводов, так и знаний, получаемых извне.

Однако сформированного «школой» ядра знаний может оказаться недостаточно для полноценного функционирования системы, в частности, в услови-

ях высокой степени неопределенности, дефицита времени и ресурсов в агрессивной внешней среде, особенно, если функционирование ИС сопряжено с «юридическими последствиями». В этом случае требуются как дополнительные знания, так и дополнительное подтверждение «надежности» ИС (достоверности ее решений).

В ряде случаев использования ИС критичными являются не только истинность или ошибочность решения, но и путь нахождения решения, время, за которое решение найдено, либо траектория исполнительного органа, которым ИС управляет. Собственно само решение ИС может иметь сложную иерархическую структуру, например, представлять собой многопараметрический процесс. Пример: автоматическая посадка самолета. Здесь задержка в принятии решения или отклонение от некоторой области допустимых («верных») траекторий тождественно ошибочному решению. Возможно, что найденное решение – траекторию – необходимо будет увязывать с динамическими свойствами исполнительного органа или с внешними условиями.

В этих случаях можно предложить метод «тренировка»: многократное повторение тождественных либо сходных упражнений с критической оценкой результата каждого упражнения. Акцент в этом методе может ставиться либо на оптимизацию «траектории» выполнения решения задачи в идентичных условиях, либо на обучение нахождению решения тождественных задач в различающихся начальных условиях.

Применимость вышеизложенного метода ограничивается теми практическими случаями, когда ИС имеет дело только с законами природы и (или) с техническими параметрами исполнительного органа, управляемого ИС. Однако в более сложных случаях ИС может иметь дело с активной, то есть интеллектуальной компонентой (множеством компо-

нент) внешней среды. Эти компоненты либо содействуют, либо противодействуют ее функционированию – действие с «союзником» либо с «противником». Также возможно появление задач, либо неизвестных или малоизвестных ИС, либо известных, но в условиях, ранее не встречавшихся. Особенно серьезен такой случай при риске «юридических последствий».

Естественно, что здесь имеется потенциально бесконечное разнообразие условий, задач и путей их решения. Это делает невозможным устранение «риска неизвестности». Иными словами, мы не сможем свести к нулю вероятность того, что ИС встретится с задачей, верное решение которой ИС не будет способна найти за некий приемлемый промежуток времени. Однако очевидно, что подобную вероятность можно снизить до допустимого уровня адекватным развитием базы знаний ИС. Естественно, что это целесообразно делать в условиях, приближенных к реальности, но тогда, когда ошибка в решении не приводит к катастрофическим последствиям.

Этому соответствует метод обучения «игра», для которого характерно обязательное присутствие других интеллектуальных систем, биологических или искусственных, действующих в кооперации с обучаемой ИС либо противодействующих ей. Обучение может проводиться в естественных условиях либо в условиях, когда внешний мир имитируется физическими или виртуальными средствами. Акцент делается именно на создании высокой степени неопределенности, на достижении максимального разнообразия задач и их условий.

Для относительно мощной ИС с достаточным запасом знаний возможен четвертый метод – «машинный сон» (имитирующий функции сна высших животных и человека), когда производится «расщепление сознания» ИС. Одна ее часть виртуально

воспроизводит внешний мир, задачу и условия, в том числе и функционирование других ИС во внешнем мире. Другая часть занимается поиском решения и самообучением. Понятно, что возможности данного метода ограничиваются как производительностью ИС, так и творческими возможностями ее «фантазии». Фактически виртуальными средствами здесь воспроизводятся методы обучения «тренировка» и «игра». Очевидно, что «машинный сон» в большей степени пригоден для имитации «тренировки» и в меньшей степени – «игры». В последнем случае возможна отработка известных задач с неизвестными еще решениями или в условиях, не встречавшихся ранее, но известных ИС. Также возможен синтез новых задач из уже известных ИС элементов. Также нет препятствий тому, чтобы в ИС вводились неизвестные ей задачи.

После осуществления указанных этапов обучения ИС может считаться «взрослой», то есть пригодной к практическому использованию. Однако это не означает, что процесс обучения ИС на этом завершается. Теперь в силу вступает последний метод – «самообучение на практике». Результаты каждой реализации подвергаются осмыслению и пополняют базу знаний. Это не означает, что для практически используемой ИС не будут повторяться предшествующие методы обучения. Целесообразно периодически организовывать «обмен опытом» практически функционирующих ИС, равно, как и новые «игры» и «тренировки». А метод «машинный сон», вероятно, должен стать регулярно повторяющимся процессом, обязательно сопровождающим самообучение ИС.

Очевидно, что чем больше накоплено знаний, тем выше эффективность ИС. Но, с другой стороны, чем больше накоплено решений, тем больше времени требуется на перебор памяти и выбор нужного. Если решение не сопряжено с новизной или высо-

кой степенью неопределенности, то возможен следующий парадокс: ИС с большим объемом знаний потребует больше времени на поиск в памяти решения по сравнению с ИС, имеющей меньший объем знаний. Особенно это опасно в условиях дефицита времени. Иными словами, ИС с высоким уровнем интеллекта, но **при нерационально организованной базе знаний**, в задачах, не сопряженных с новизной, может уступать по эффективности ИС с низким уровнем интеллекта.

Естественно, что в задачах, сопряженных с новизной, ИС с более развитой базой знаний имеет большую вероятность синтезировать верное решение новой задачи из элементов, известных ей.

В любом случае, помимо обучения решению целевых задач, ИС должна обучаться рациональной организации своей базы знаний и процесса познания. Соответственно, в каждый из методов обучения ИС должна быть введена методология самообучения, касающаяся в первую очередь рационализации ее мыслительных процессов.

Логично предположить, что множество ИС будет привлекаться к решению разнообразных задач, причем каждая из них потребует обширной базы знаний. Это влечет за собой необходимость в узкоспециализированных ИС. С другой стороны, вероятно, что обучение ИС будет представлять собой сложный и дорогостоящий процесс. Поэтому очевидно, что экономически нецелесообразно будет разрабатывать индивидуальную базу знаний для каждой отдельной ИС. Можно предположить, что база знаний каждой отдельной ИС будет представлять собой сочетание некоего «ядра», универсального для всех ИС либо для некоторого их множества, и узкоспециализированной «оболочки», направленной на решение прикладных задач каждой конкретной ИС. Возможно, что «ядро» будет передаваться в базу знаний ИС методом «школа», а прикладная «обо-

лочка» – формироваться как методом «школа», так и всеми прочими изложенными методами обучения.

## Заключение

В данной статье в предельно обобщенном виде предложена методология формирования базы знаний ИИ. Предложены следующие методы формирования базы знаний ИИ: «школа» (передача ИС знаний в подготовленном к использованию виде); «тренировка» (многократное повторение тождественных либо сходных упражнений); «игра» (имитация практической деятельности ИИ с обязательным участием других интеллектуальных систем); «машинный сон» (виртуальное воспроизведение методов обучения «тренировка» и «игра» средствами самого обучаемого ИИ); «самообучение в практической деятельности».

## Литература

1. Приобретение и формализация знаний / А.Н. Аверкин, А.Ф. Блишун, Т.А. Гаврилова, Г.С. Осипов // Искусственный интеллект: Справочник / Под ред. проф. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – Кн. 2: Модели и методы. – 304 с.
2. Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Пополнение знаний // Искусственный интеллект: Справочник / Под ред. проф. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – Кн. 2: Модели и методы. – 304 с.
3. Левин Р., Дранг Д., Эделсон Б. Практическое введение в теорию искусственного интеллекта и экспертных систем: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 239 с.

*Поступила в редакцию 23.04.04*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.Б. Сироджа, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков