

О. А. Соллогуб

ОБЗОР ПУТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОУД

Использование средств искусственного интеллекта (ИИ) на борту КА, в частности, в системах ориентации и управления угловым движением (СОУД), является перспективным направлением, позволяющим добиться высокой степени автономности КА. Однако структура программного обеспечения бортового комплекса управления (БКУ), в том числе СОУД, а также подход к их разработке в настоящее время носят в основном традиционный характер. В связи с этим представляет интерес рассмотрение возможности применения средств ИИ и экспертных систем (ЭС) в БКУ и наземном комплексе управления (НКУ).

Традиционно ЭС рассматривается как система-консультант, заменяющая эксперта в конкретной области /1/. Поэтому основной режим работы с ЭС - консультация в форме диалога. Подобный подход определяет традиционную структуру ЭС с уклоном в сторону средств объяснения, интерфейса, различных психологическим факторов.

Применение ЭС на борту КА требует во многом иных подходов, учитывающих новые, менее исследованные факторы. Отметим, во-первых, что при работе на борту автономного КА ЭС не ведет диалог с пользователем, а взаимодействует с внешними приборами и программами. Во-вторых, ряд задач требуют управления и контроля в реальном масштабе времени, что не позволяет свести их решение к режиму консультации.

Анализ задач БКУ и СОУД показывает, что ЭС, предназначенная для планирования и управления КА в реальном времени, должна быстро и эффективно контролировать состояние систем КА, вплоть до уровня приборов, принимать решения по управлению, часто в условиях неопределенности, оптимизировать использование ресурсов и т.д. Для этого ЭС должна использовать эффективные методы представления и обработки знаний, обрабатывать информацию в реальном времени, использовать предысторию событий, отличать причины событий от их следствий, быстро переключаться с задачи на задачу с учетом их важности и неотложности и т.д.

Существует, однако, ряд задач, не требующих работы в реальном времени и допускающих работу ЭС в режиме, в некоторой степени сходном

с традиционной консультацией. К ним можно отнести, например, оптимизацию конфигурации систем КА, планирование использования ресурсов при решении задач навигации и определения ориентации, анализ функциональных характеристик систем КА, включая задачи оценки точности ориентации, калибровки приборов СОУД на достаточно большом отрезке времени /2/.

Кроме того, ряд задач, в частности, связанных с диагностикой в сложных случаях, анализом причин отказов и их классификацией, выработкой рекомендаций по управлению КА при наличии ошибок в программном обеспечении, долгосрочным планированием работы КА и т.д., могут решаться на НКУ в режиме консультации. Целесообразность такого подхода связана, во-первых, с ограниченностью ресурсов бортовых вычислительных средств и, во-вторых, с возможностью привлечения опытных специалистов, что наряду с применением ЭС повышает качество принимаемых решений.

К задачам, существующим на сегодняшний день в области СОУД, требующим для своего решения применения новых интеллектуальных подходов и в то же время вписывающимся, в принципе, в концепцию ЭС, можно отнести:

- долгосрочное планирование работы КА;
- планирование работы БКУ в конкретных режимах;
- диагностику состояния СОУД, выявление отклонений и т.п.
- определение причин возникновения неисправности;
- выбор решений по реконфигурации СОУД после диагностики;
- оперативная и послеполетная оценка характеристик СОУД.

Перечисленные задачи в ряде случаев трудноразделимы и могут решаться совместно. Часть из них (долгосрочное планирование, анализ характеристик СОУД) не требует реализации на борту КА и может решаться на НКУ. Возможность и целесообразность бортовой реализации других задач зависит от соотношения объемов потребных и реально достижимых на борту КА вычислительных ресурсов.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций показывает, что исследования ведутся как на пути применения отдельных методов и подходов ИИ, так и на пути создания ЭС для управления КА.

В первом из этих направлений уже достигнуты практические результаты. Например, в /3/ представлен метод адаптивного управления упругими системами, дискретно изменяющимися во времени, основанный на использовании методов ИИ для поиска адекватных моделей объекта управления в условиях их резкого изменения. Метод направлен на обеспечение

адекватного управления угловым движением КА с упругими элементами конструкции при изменении его конфигурации.

Отметим также работу /4/, в которой предложен алгоритм автоматического контроля и диагностики состояния СОУД, использующий эвристический метод порождения и проверки гипотез, объясняющих поведение системы и характер неисправности.

Среди работ, посвященных созданию ЭС в области СОУД, отметим /5/. Представленная система диагностики системы управления ориентацией служит для выявления и локализации неисправностей на НКУ. Особое внимание уделяется определению самого факта наличия неисправности. Обычно неисправность выявляется при выходе телеметрируемых параметров за пределы нормы, что не позволяет обнаружить ряд аномальных ситуаций. Поэтому в качестве более надежных признаков появления неисправности предлагается использовать быстрые и внезапные изменения телеметрируемых параметров.

Интересный подход к построению ЭС диагностики неисправностей (пока без привязки к СОУД) рассмотрен в /6/. Работа системы основана на модели объекта в виде фреймовой сети, содержащей "глубинные" знания о поведении и структуре объекта, организованные в виде 2-мерной иерархии ("целое-часть" и "класс-экземпляр"). На каждом уровне поведение представляется в виде моделей типа "черный" и "серый ящик". Для каждого компонента (подсистемы объекта) "черный ящик" описывает "внешнее" поведение, а "серый ящик" - поведение компонента через поведение составляющих его субкомпонентов. Диагностика производится "от целого к части" с попеременным использованием на каждом уровне моделей "черный ящик" и "серый ящик". Описанный подход показывает перспективный путь построения диагностических систем на основе глубинных знаний, имеющих преимущества перед системами на основе поверхностных (субъективных) знаний. Отметим принципиальную возможность автоматизированного приобретения знаний в процессе автоматизированного проектирования системы, подлежащей диагностике. Применение данного подхода к диагностированию систем КА представляется весьма интересным.

Серьезный интерес представляет работа /7/, посвященная созданию автоматизированной (в перспективе - автономной) системы управления воздушными беспилотными летательными аппаратами (БЛА). Архитектура системы построена на основе принципа "доски объявлений" /8/, что позволяет обеспечить параллельную работу нескольких экспертных систем (субсистем), решающих отдельные задачи (в число субсистем входят

3-степенная модель БЛА, системы планирования маршрута, реагирования на внешние источники опасности, диагностики неисправностей, и т.д.). Обмен информацией происходит через "доску объявлений", управлением "доской" и включением подсистем занимается другая ЭС - модуль управления. Ряд подсистем также построен на основе концепции "доски объявлений". Подобный иерархический принцип построения ЭС позволил реализовать прототип системы, обеспечивающей управление с Земли в реальном времени несколькими БЛА. Описанный подход представляется очень интересным и перспективным, так как, в силу близости предметных областей, он, по-видимому, может быть легко перенесен на системы управления КА.

В заключение отметим, что современное состояние дел в рассматриваемой области позволяет сделать вывод о возможности применения подходов и методов ИИ, в том числе концепции ЭС, в области СОУД КА. Использование этих подходов в СОУД требует проведения дальнейших исследований и обещает достижение высокой степени автономности КА.

Список литературы

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. - М.: Мир, 1989.
2. D.Leinweber. Expert Systems In Space. IEEE Expert, Spring 1987.
3. S.Hanagud, B.J.Glass, A.J.Calise. An AI-Based Model-Adaptive Approach to Flexible Structure Control. AIAA, 1987.
4. Макаров В.П., Платонов С.Н. Метод автоматической диагностики состояния системы управления движением ИСЗ. - В сб.: Методы использования искусственного интеллекта в автоматизированных системах. - Куйбышев: КПТИ, 1989.
5. Signal, June 1987, v.41, No 10, p.83-87.
6. Haruki Ueno, Masahito Yamamoto and Yasumasa Oomori. Systematic Knowledge Modeling and Model-Based Reasoning for Trouble Shooting Based on the Concept of Object Model. Presented at the Conference on Artificial Intelligence, Tver, Russia, October 19-24, 1992.
7. John Gilmore. Multiple Aerial Vehicle Expert System. Presented at the Conference on Artificial Intelligence, Tver, Russia, October 19-24, 1992.
8. Jaggannathan, V. editor (1989), "Blackboard Architectures and Applications", Academic Press Publishing Company, New York, New York.