

В. Б. МЕЛЕХИН

Дагестанский государственный технический университет, Махачкала

М. В. ХАЧУМОВ

Институт программных систем им. А.К. Айламазяна РАН, Переславль-Залесский;
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва

ВИДЫ МЫШЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ОРГАНИЗАЦИИ

Рассматривается проблема создания автономных интеллектуальных мобильных систем, способных целенаправленно функционировать в сложных условиях. Для решения предлагается синтезировать в интеллектуальном решателе когнитивные инструменты трех типов мышления: наглядно-действенного, наглядно-образного и понятийного. Затрагиваются вопросы организации самообучения, мотивационного поведения и связанного с ним автоматического целеполагания в нестабильных условиях. Для решения мобильной системой сложных задач предлагается использовать специальные модели представления знаний и логики вывода умозаключений.

Введение. Одной из актуальных проблем искусственного интеллекта является создание автономных интеллектуальных мобильных систем (АИМС) различного назначения, способных целенаправленно функционировать в сложных априори неопределенных проблемных средах (ПС). Обеспечить АИМС высокими функциональными возможностями предлагается на основе синтеза в интеллектуальном решателе задач когнитивных инструментов следующих взаимосвязанных и дополняющих друг друга типов мышления: наглядно-действенного, наглядно-образного и понятийного или абстрактного мышления [1].

В докладе приводятся общие принципы организации целесообразного поведения АИМС на основе наглядно-действенного мышления и когнитивные инструменты его реализации. Особое внимание уделяется такой слабо исследованной проблеме, как организация мотивационного поведения АИМС и связанного с ним автоматического целеполагания. Рассматриваются основные недостатки решения сложных задач АИМС на основе разработанных в настоящее время процедур поиска решений путем перебора в пространстве состояний и подзадач [2]. Предлагаются и обосновываются пути, позволяющие эффективным образом обойти данные недостатки. При этом автоматическое планирование деятельности АИМС в пространстве состояний организуется на основе когнитивных инструментов наглядно-образного мышления. Основная задача когнитивных инструментов абстрактного мышления сводится к разбиению полученного АИМС задания на связанные между собой этапы его выполнения. Ключевым вопросом предлагаемого доклада является исследование возможности интеграции когнитивных инструментов разных типов мышления для решения сложных полифазных задач.

Когнитивные инструменты наглядно-действенного мышления. Инструменты строятся путем формализации и структуризации рефлекторной деятельности и целесообразного поведения высокоразвитых живых систем [3]. Необходимость разработки таких средств мышления обусловлена тем, что на практике часто может возникнуть случай, когда АИМС требуется организовать целесообразное поведение в условиях с высоким уровнем априорной неопределенности текущих условий функционирования. Следовательно, основная функция когнитивных инструментов наглядно-действенного мышления АИМС связана с изучением закономерностей преобразования текущих условий ПС в процессе самообучения. Данный вид мышления позволяет АИМС адаптироваться к априори неопределенным ПС на основе автоматического формирования условных программ целесообразной деятельности [4].

Когнитивные инструменты наглядно-действенного мышления используются АИМС, когда возникает необходимость в достижении заданной цели на участке проблемной среды, расположенном в пределах разрешающей способности ее технического зрения. Данные инструменты предназначены для организации следующих видов деятельности АИМС:

- самообучения, которое заключается в изучении закономерностей преобразования текущих условий функционирования по методу проб и ошибок с использованием имитации

отработки пробных действий на формальном описании текущей ситуации ПС и инструментов избирательности поступающей информации. В процессе самообучения АИМС автоматически формируют условные программы целесообразной деятельности, позволяющие достичь системе различные цели поведения и переносить накопленный опыт в новые условия ПС, аналогичные ранее изученным условиям;

- условного поведения, связанного с выполнением АИМС ранее сформированных условных программ целесообразной деятельности, приводящих к достижению соответствующих безусловных сигналов (заданных целей) в результате отработки входящих в их структуру действий в ответ на появление в проблемной среде закрепленных в процессе самообучения условных сигналов;
- безусловного поведения, которое сводится к отработке безусловных реакций в ответ на появление в проблемной среде соответствующих им безусловных сигналов, что приводит к достижению заданных АИМС целей, определяемых этими сигналами;
- мотивационной деятельности, характерной особенностью которой является автоматическое целеполагание при попадании АИМС в нестабильные условия проблемной среды и невозможности отработки действий, связанных с достижением подцели поведения. Организация данного вида поведения вызвана необходимостью планирования целенаправленной деятельности АИМС в ответ на возникновение в проблемной среде определенного вида условий, сигнализирующих о наличии в ней событий, препятствующих результативной отработке ранее запланированных действий. Например, при возникновении в проблемной среде опасных для АИМС угроз.

Когнитивные инструменты наглядно-образного мышления. Инструменты предназначены для вывода решений в процессе автоматического планирования поведения, связанного с преобразованием текущих недоопределенных условий функционирования на основе информации, поступающей из проблемной среды и знаний, хранящихся в памяти интеллектуальной системы. Необходимость организации такого поведения обусловлена тем, что на практике построить подробную модель ПС, позволяющую АИМС эффективным образом планировать целенаправленное поведение, как правило, не представляется возможным [5].

Процедуры вывода решений, построенные на базе средств наглядно-образного мышления, предусматривают наличие у АИМС модели представления знаний, в которой в обобщенном виде отражаются закономерности преобразования различных ситуаций ПС. Данная модель представления знаний строится безотносительно к конкретной предметной области и условий функционирования, например, в виде заданного множества фрейм-микропрограмм поведения [6], сформированных на основе активных нечетких семантических сетей [7].

Наличие обобщенной модели представления знаний позволяет АИМС, в соответствии с ее назначением и формой представления цели, организовать планирование целенаправленного поведения путем генерации соответствующего дерева вывода решений на основе конкретизации имеющихся у нее сведений и с учетом текущих условий функционирования. Предлагаются и обосновываются следующие пути, позволяющие эффективным образом обойти недостатки алгоритмов решения задач на основе процедур поиска путем перебора:

- построение модели представления знаний в виде заданного множества типовых сценариев на основе фрейм-микропрограмм поведения, позволяющих путем их целенаправленного выбора и комбинирования, а не перебора, автоматически строить план решения сложных задач;
- использование когнитивных инструментов вывода решений, на основе которых планирование осуществляется путем выбора типовых элементов деятельности, отработка которых позволяет выполнить необходимые преобразования текущих условий ПС.

При этом автоматическое планирование деятельности АИМС в пространстве состояний, когда цель поведения определяется в виде желаемой ситуации, организуется на основе когнитивных инструментов наглядно-образного мышления следующим образом. На первом этапе формируется модель описания воспринимаемой в проблемной среде ситуации. Затем в интеллектуальном решателе устанавливаются все различия между формальным описанием текущей ситуации и заданной в декларативной форме целевой ситуации. Наконец, используя типовые элементы представления знаний и процедуры вывода решений, в пространстве состоя-

ний генерируется план предстоящей деятельности в виде дерева решений, определяющего действия интеллектуальной системы, обеспечивающие достижение цели.

Планирование же целенаправленной деятельности АИМС в пространстве подзадач сводится к разбиению заданной в процедурной форме представления цели на подцели или подзадачи поведения. Такое разбиение осуществляется автоматически по заданным правилам до уровня детализации, позволяющего установить последовательность действий, отработка которых обеспечивает достижение заданной цели в текущей ситуации ПС.

Понятийное или абстрактное мышление. Оно является наименее изученным видом мыслительной деятельности человека и АИМС, требующим проведения всесторонних исследований, связанных с разработкой когнитивных инструментов его эффективной реализации. Область применения данной формы мышления связана с решением сложных задач, например, когда исходное местоположение системы определяется одной ситуацией ПС, а цель достигается в абсолютно другой. Абстрактное мышление используется в процессе планирования деятельности, предусматривающей необходимость перехода из одних условий в другие, лежащие за пределами разрешающей способности технического зрения.

Следовательно, основная задача когнитивных инструментов абстрактного мышления сводится к разбиению полученного АИМС задания на связанные между собой этапы и автоматической постановке для каждого такого этапа соответствующей подцели. Затем требуется осуществить планирование и реализацию сформированного плана на каждом этапе полифазной деятельности на основе когнитивных инструментов наглядно-действенного или наглядно-образного мышления в зависимости от уровня неопределенности ПС. Достижение подцели на каждом текущем этапе является предпосылкой для перехода на следующий этап и т.д., пока не будет достигнута подцель, сигнализирующая о выполнении полученного задания.

Решение задачи, связанной с полифазной деятельностью, может быть получено на основе различных способов организации и построения когнитивных инструментов абстрактного мышления. Первый способ организации связан с разработкой специальной логики взаимосвязанных между собой суждений, позволяющих установить все необходимые промежуточные этапы и соответствующие им подцели поведения [8]. Второй способ связан с разработкой специальной модели представления знаний и процедур автоматического вывода решений с различным уровнем детализации, например, путем автоматического роста редукционной сетевой модели решения поставленной перед АИМС задачи [9].

Особую роль при этом играет разработка инструментов автоматического синтеза и комбинирования процедур планирования поведения АИМС в различных условиях ПС [10].

С одной стороны, для построения когнитивных инструментов абстрактного мышления требуется разработать специальные логики рассуждений. С другой стороны, необходимо построить такую модель представления знаний, которая позволяет, оперируя типовыми подзадачами поведения и условиями результативного их применения, определить все этапы полифазной деятельности и наметить пути ее реализации. В частности, требуется построение нетрадиционных схем рассуждений, позволяющих в процессе планирования полифазного поведения сформулировать и дать ответы на следующие важные для достижения цели вопросы:

- как наилучшим образом обеспечить целенаправленную смену условий функционирования и автоматически сформулировать соответствующие промежуточные подцели поведения, достижение которых обеспечивает эффективную реализацию основной цели деятельности?
- что необходимо предпринять для получения наиболее эффективных промежуточных результатов на альтернативной основе в процессе планирования полифазного поведения?

Для ответа на вопросы предлагается использовать специальные модели представления и обработки знаний, а также логики вывода сложных суждений и умозаключений, которые позволяют для решения стоящих задач построить пространство перехода из одних условий в другие условия поведения, соответствующие различным этапам полифазной деятельности.

Заключение. В работе обозначены основные проблемы, связанные с организацией инструментальных средств вывода решений и планирования целенаправленного поведения АИМС в процессе выполнения различных по сложности задач на основе различных форм мышления. Показано, что наглядно-действенное мышление позволяет целенаправленно функционировать

и изучать закономерности преобразования текущей ситуации априори неописанной ПС. Инструментальные средства наглядно-образного мышления предназначены для вывода решений в процессе планирования поведения, связанного с преобразованием текущей ситуации ПС. Наименее разработанными являются инструментальные средства понятийного мышления, позволяющие решать сложные задачи, требующие для достижения цели перехода из одной ситуации ПС в принципиально отличающуюся от нее ситуацию среды.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ №21-71-10056

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Планирование поведения автономных интеллектуальных мобильных систем в условиях неопределенности. СПб: ПОЛИТЕХНИКА, 2022. 276 с.
2. Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. Руководство. М.: Диалектика, 2015. 1408 с.
3. Поддьяков Н.Н. Мышление дошкольника. М.: Педагогика, 1977. 272 с.
4. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Инструментальные средства управления целесообразным поведением самоорганизующихся автономных интеллектуальных агентов. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2021. Т. 22. С. 171–180.
5. Каляев А.В., Чернухин Ю.В., Носков В.Н., Каляев И.А. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов. М.: Наука, 1990. 147 с.
6. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Планирование поведения интеллектуального беспилотного летательного аппарата в недоопределенной проблемной среде. Часть 1. Структура и применение фрейм-микропрограмм поведения. *Искусственный интеллект и принятие решения*. 2018. № 2. С. 73–83.
7. Melekhin V.B., Khachumov M.V. Fuzzy semantic networks as an adaptive model of knowledge representation of autonomous intelligent systems. *Scientific and Technical Information Processing*, 2021, Vol. 48. No 5. P. 333–341.
8. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Вывод сложных суждений как инструмент понятийного мышления интеллектуальных мобильных систем. *Морские интеллектуальные технологии*. 2021. Т. 51. № 1–1. С. 111–117.
9. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Элементы понятийного мышления в планировании поведения автономных интеллектуальных агентов. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2021. Т. 22. № 8. С. 411–419.
10. Мелехин В.Б., Хачумов М.В. Принцип построения процедур планирования поведения автономных интеллектуальных роботов на основе полипеременных условно-зависимых предикатов. *Автоматика и телемеханика*. 2022. № 4. С. 140–154.

V.B.Melekhin (Daghestan State Technical University, Makhachkala), M.V.Khachumov (Ailamazyan Program Systems Institute of RAS, Pereslavl-Zalessky; Federal Research Center “Computer Science and Control” of RAS, Moscow)

Types of thinking of autonomous intelligent mobile systems and ways of their organization

The problem of creating autonomous intelligent mobile systems capable of goal-directed functioning under uncertainty is considered. It is proposed to synthesize cognitive tools of three types of thinking in an intelligent problem solver: visual-effective, visual-figurative and conceptual. The problems of organizing self-learning, motivational behavior and related automatic goal-setting in unstable conditions are discussed. To solve complex problems by mobile systems, it is proposed to use special models of knowledge representation and inference logic.

Авторы готовы представить текст на английском языке для сборника материалов мультиконференции, который будет подан для индексирования в Scopus.