

УДК 681.518.9; 621.384.3

С. С. Анцыферов, А. С. Сигов, К. Н. Фазилова
МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия
119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

S. S. Antsyferov, A. S. Sigov, K. N. Fazilova
MIREA – Russian Technological University, c. Moscow, Russia
Russia, 119454, c. Moscow, Vernadsky ave., 78

METHODOLOGY OF INTELLIGENT SYSTEMS DEVELOPMENT

В статье рассмотрены принципы построения и особенности интеллектуальных систем. Интеллектуальным системам присуща нестационарность, способность адаптироваться к изменяющимся условиям, принципиальная неравновесность, способность вырабатывать варианты поведения и изменять свою структуру.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, база знаний, элементарные компоненты, активные элементы, самоорганизация.

The article considers the principles of construction and features of intelligent systems. Intelligent systems are characterized by non-stationarity, the ability to adapt to changing conditions, fundamental non-equilibrium, the ability to develop behavior options and change their structure.

Keywords: intelligent systems, knowledge bases, elementary components, active elements, self-organization.

Введение

Тенденция создания сложных информационных технических систем, особенно с элементами искусственного интеллекта, со все более широким использованием когнитивных технологий обусловлена тем, что к настоящему времени разработан ряд формализованных моделей мыслительных процессов, отражающих современные гипотезы о их протекании в мозге человека, т.е. когнитивных моделей. Интеллектуальные системы, использующие такие модели, приобретают возможности оперирования приобретаемыми знаниями при решении сложных задач [1-5]. Можно сказать, что в таких системах симулируется работа мозга человека в рамках понимания ее на сегодняшний день. Наиболее перспективны разработки в области когнитивных нейробиологических систем с самоорганизацией и ассоциативной памятью на основе комбинирования логической и нейронной когнитивных парадигм, что фактически означает переход к аппаратной реализации обучаемых интеллектуальных систем нейробиологического типа. Ожидается, что на этом пути могут быть созданы системы со сложностью поведения, приближающейся к человеческой.

Принципы построения интеллектуальных систем

Основу построения интеллектуальных систем (ИС) составляют принципы многокомпонентности и многосвязности. Будем полагать, что между элементарными компонентами (ЭК) системы могут в процессе адаптации (обучения или самообучения) устанавливаться стохастические связи (каждого с каждым), обеспечивающие их информационное взаимодействие и тем самым решение конкретной задачи из той или иной предметной области. В состав элементарного компонента входят: основная база знаний (БЗ) и ряд подсистем, предназначенных для извлечения знаний, обработки внешней и внутренней информации, формирования цели, обучения и самообучения, контроля и диагностики, диалогового общения. ЭК могут функционировать как автономно, так и в интерактивном режиме. Интерактивный режим предполагает ввод задания от оператора и выдачу ЭК подтверждения о понимании задания, либо запросов на уточнение непонятных моментов. Оператор имеет возможность формировать и корректировать основную и вспомогательные базы знаний ЭК. В режиме диалогового общения используется БЗ, содержащая правила анализа и синтеза естественно-языковой или графической информации в ограниченной проблемной области, а также интерпретатор, использующий эту БЗ для преобразования неформализованного задания в формализованное в рамках внутреннего языка компонента. Формирование цели связано с анализом возможности выполнения задания при существующих на данный момент ресурсах ЭК и состоянии его подсистем. Подсистема формирования цели имеет свою БЗ и интерпретатор, преобразующий формализованное задание в контрольно-диагностическую информацию для построения на языке представления знаний некоторого желаемого варианта решения. Основная БЗ, позволяющая решать некоторый заранее определенный набор задач, должна содержать формализованное в рамках метода и языка представления знаний описание (модель) реализации пространственно-временного информационного поля (ИП). Основные знания об обрабатываемом поле формируются подсистемой извлечения знаний, а дополнительные – подсистемой обучения и самообучения. Эти подсистемы должны иметь собственные БЗ и интерпретаторы для организации процессов формирования знаний и обучения. Обработка знаний осуществляется подсистемой вывода о знаниях для прогнозирования и формирования значений алгоритмических констант обрабатывающих алгоритмов (образов алгоритмов). Эта подсистема проводит

сопоставление образов алгоритмов и модели информационного поля, поиск оптимального алгоритма обработки, используя для этого собственную БЗ, содержащую правила интерпретации этих знаний. Получаемые на каждом шаге интерпретации прогнозируемые значения управляющих корректирующих воздействий, используются для коррекции либо модели ИП, либо алгоритмических констант с целью проверки правильности выполняемых шагов по критерию адекватности модели ИП и образов алгоритмов. При возрастании адекватности, за счет указанной обратной связи, шаг фиксируется как правильный и проводится соответствующая коррекция. Если же адекватность уменьшается, коррекция на этом шаге отменяется и ищется новый вариант решения. В процессе обработки информации (внешней и внутренней) выявляются текущие изменения интенсивности информационного потока с помощью собственных БЗ и интерпретаторов подсистем обработки. Получаемая информация используется в подсистемах извлечения знаний, контроля и диагностики.

В ходе функционирования всех ЭК, входящих в состав ИС, происходит установление межкомпонентных связей путем постоянного взаимного информирования, представляющего собой семантическую операцию, содержащую множество взаимосвязанных процедур: генерирование, передача, прием, хранение, восприятие, понимание, принятие решения. Генерирование семантической информации (SI) осуществляется семантическим источником и заключается в ее производстве и воспроизведении. Передача представляет собой пересылку (транспортировку) семантической информации. Прием семантической информации реализуется в виде операций преобразования, формирования, стробирования и пр. Хранение семантической информации основано на свойстве элементов – изменять свое состояние в зависимости от внешних воздействий, устойчиво сохранять новое состояние и распознавать его. Восприятие семантической информации можно интерпретировать как синтез знаков моделей SI, хранимой в памяти ЭК, и сводится оно к логико-вычислительным операциям. Понимание семантической информации ЭК определяется посредством семантической операции сравнения знаковых систем (внешних моделей) с соответствующими внутренними моделями – эталонами, хранимыми в памяти ЭК, и сводится оно к формально-логическим операциям. Принятие решения – акт выбора одной из заданного количества альтернатив по установленному критерию, сводится к формально-логическим операциям и реализуется программным способом или специальным логическим блоком.

Особенности интеллектуальных систем

Особенности подобных систем обусловлены наличием в их составе активных элементов, т.е. элементов, способных самостоятельно принимать решения. Особенности носят, как правило, двойственный характер: они являются новыми свойствами, полезными для системы, ее приспособляемости к изменяющимся условиям, но в то же время вызывают неопределенность. К основным особенностям можно отнести: нестационарность (изменчивость, нестабильность) отдельных параметров, стохастичность, а часто и непредсказуемость поведения; способность адаптироваться к изменяющимся условиям и помехам; принципиальная неравновесность, что создает проблему устойчивости; способность проявлять негэнтропийные тенденции, что обусловлено наличием активных элементов; способность вырабатывать варианты поведения и изменять свою структуру, выходить на новый уровень эквифинальности, сохраняя при этом целостность и основные свойства; способность и стремление к целеобразованию (основа негэнтропийных процессов). Основная особенность такого рода систем – принципиаль-

ная ограниченность формализованного описания, т.е. необходимость сочетания формальных методов и методов качественного анализа. При формировании таких моделей меняется первичное представление о моделях, характерное для математического моделирования и прикладной математики. Стандартная процедура моделирования процесса проектирования самоорганизующихся систем может состоять в следующем: вначале необходимо разработать знаковую систему, фиксирующую (отображающую) известные на данный момент элементы (компоненты) и связи между ними; затем, путем преобразования полученного отображения с помощью установленных правил (структуризация или декомпозиция, композиция, поиск мер близости на пространстве состояний и т.п.) необходимо получить новые, неизвестные ранее компоненты, взаимосвязи и зависимости между ними. Накапливая информацию, фиксируя новые компоненты и их взаимодействия (связи) можно получить отображения последовательных состояний, создавая все более адекватную модель системы. Подобное моделирование представляет собой как бы «механизм» развития системы. Его практическая реализация связана с необходимостью разработки соответствующего языка моделирования, в основу которого может быть положен один из стандартных методов моделирования сложных систем: теоретико-множественные представления, базирующиеся на понятиях множества, элементы множества, отношения на множествах; математическая логика, базовыми понятиями которой являются высказывание, предикат, логические функции (операции), кванторы, логический базис, законы алгебры логики, математическая лингвистика, оперирующая такими понятиями, как тезаурус (структура языка), грамматика, семантика, прагматика; имитационное динамическое моделирование, использующее специфический аппарат, позволяющий отразить причинно-следственные связи между элементами системы и динамику изменений каждого элемента; информационный подход, оперирующий такими понятиями, как информация, логическая информация, информационная сложность и др.

Выводы

Отображение интеллектуальных систем в виде самоорганизующихся систем позволит исследовать процессы обработки информации и знаний с большой неопределенностью на начальном этапе проектирования (постановки задачи).

Список литературы

1. Antsyferov S. S. Adaptive data processing of isotropic space-time fields [Текст] / S. S. Antsyferov, N. N. Evtikhiev // *Journal of Optical Technology*. – 2006. – Т. 73. – № 10. – С. 702–706.
2. Анцыферов С. С. Повышение интеллектуального потенциала адаптивных информационно-распознающих систем [Текст] / С. С. Анцыферов // *Искусственный интеллект*. – 2010. – № 4. – С. 330–336.
3. Анцыферов С. С. Общие принципы построения и закономерности функционирования интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // *Искусственный интеллект*. – 2011. – № 3. – С. 6–15.
4. Анцыферов С. С. Оценка уровня качества интеллектуальных систем [Текст] / С. С. Анцыферов // *Искусственный интеллект*. – 2013. – № 3. – С. 316–323.
5. Анцыферов С. С. Стандартизация процессов проектирования когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова // XVI Международная научно-практическая конференция «Современные концепции научных исследований». – Москва : Евразийский Союз Ученых, 2015. – № 7(16). – С.153–154.
6. Анцыферов С. С. Показатели неравновесной устойчивости когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова, К. Е. Русанов // *Проблемы искусственного интеллекта*. – 2016. – № 2 (3). – С. 4–11.
7. Анцыферов С. С. Методология оценки состояний когнитивных систем [Текст] / С. С. Анцыферов, К. Н. Фазилова // *Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта»*. – 2020. – № 3 (18). – С. 19–28.

References

1. Antsyferov S.S., Evtikhiev N.N. Adaptive data processing of isotropic space-time fields. *Journal of Optical Technology*, 2006, v. 73, No 10, pp. 702-706.
2. Antsyferov S. S Increase of the Mental Potential of Adaptive Information-distinguishing Systems. *Iskusstvennyy intellect* [Artificial Intelligence], 2010, No. 4, pp. 330-336.
3. Antsyferov S. S. General principles of construction and patterns of functioning of intelligent systems. *Iskusstvennyy intellect* [Artificial Intelligence], 2011, No. 3, pp. 6-15.
4. Antsyferov S. S. Estimation of quality level of intellectual systems. *Iskusstvennyy intellect* [Artificial Intelligence], 2013, No. 3, pp. 316-323.
5. Antsyferov S. S., Fazilova K. N. Standartizatsiya protsessov proyektirovaniya kognitivnykh sistem [Standardization of cognitive systems design processes]. *XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Sovremennyye kontseptsii nauchnykh issledovaniy»* [XVI International Scientific and Practical Conference "Modern Concepts of Scientific Research"] - Moscow: Eurasian Union of Scientists, 2015, No. 7(16), pp. 153-154.
6. Antsyferov S. S., Fazilova K. N., Rusanov K. Ye. Pokazateli neravnovesnoy ustoychivosti kognitivnykh sistem [Indicators of nonequilibrium stability of cognitive systems]. *Problemy iskusstvennogo intellekta* [Problems of Artificial Intelligence], 2016, No. 2 (3), pp. 4-11
7. Antsyferov S. S., Fazilova K. N. Metodologiya otsenki sostoyaniy kognitivnykh sistem [Methodology for assessing the states of cognitive systems. *Mezhdunarodnyy retsenziyemyy nauchno-teoreticheskiy zhurnal «Problemy iskusstvennogo intellekta»* [International peer-reviewed scientific and theoretical journal "Problems of Artificial Intelligence"], 2020, No. 3 (18), pp. 19–28.

RESUME

S. S. Antsyferov, A. S. Sigov, K. N. Fazilova
Methodology of Intelligent Systems Development

The tendency to create complex information technical systems, especially with elements of artificial intelligence, with the increasing use of cognitive technologies is due to the fact that a number of formalized models of thought processes have been developed to date, reflecting modern hypotheses about their course in the human brain, i.e. cognitive models. Intelligent systems using such models acquire the ability to operate with acquired knowledge when solving complex problems. We can say that in such systems, the work of the human brain is simulated within the framework of understanding it today. The most promising developments are in the field of cognitive neurological systems with self-organization and associative memory based on the combination of logical and neural cognitive paradigms, which actually means the transition to hardware implementation of trained intelligent neurological systems. It is expected that systems with a complexity of behavior approaching human can be created along this path.

The basis for the construction of intelligent systems are the principles of multi-competence and multi-connectivity. The features of such systems are due to the presence of active elements in their composition, i.e. elements capable of making decisions independently. Features are, as a rule, dual in nature: they are new properties useful for the system, its adaptability to changing conditions, but at the same time cause uncertainty.

During the functioning of all elementary components that make up intelligent systems, inter-component connections are established through constant mutual information, which is a semantic operation containing many interrelated procedures: generation, transmission, reception, storage, perception, understanding, decision-making.

The display of intelligent systems in the form of self-organizing systems will allow us to study the processes of information and knowledge processing with great uncertainty at the initial stage of design (problem statement).

РЕЗЮМЕ

С. С. Анцыферов, А. С. Сигов, К. Н. Фазилова

Методология развития интеллектуальных систем

Тенденция создания сложных информационных технических систем, особенно с элементами искусственного интеллекта, со все более широким использованием когнитивных технологий обусловлена тем, что к настоящему времени разработан ряд формализованных моделей мыслительных процессов, отражающих современные гипотезы о их протекании в мозге человека, т.е. когнитивных моделей. Интеллектуальные системы, использующие такие модели, приобретают возможности оперирования приобретаемыми знаниями при решении сложных задач. Можно сказать, что в таких системах симулируется работа мозга человека в рамках понимания ее на сегодняшний день. Наиболее перспективны разработки в области когнитивных нейробиологических систем с самоорганизацией и ассоциативной памятью на основе комбинирования логической и нейронной когнитивных парадигм, что фактически означает переход к аппаратной реализации обучаемых интеллектуальных систем нейробиологического типа. Ожидается, что на этом пути могут быть созданы системы со сложностью поведения, приближающейся к человеческой.

Основу построения интеллектуальных систем составляют принципы многокомпонентности и многосвязности. Особенности подобных систем обусловлены наличием в их составе активных элементов, т.е. элементов, способных самостоятельно принимать решения. Особенности носят, как правило, двойственный характер: они являются новыми свойствами, полезными для системы, ее приспособляемости к изменяющимся условиям, но в то же время вызывают неопределенность.

В ходе функционирования всех элементарных компонентов, входящих в состав интеллектуальных систем, происходит установление межкомпонентных связей путем постоянного взаимного информирования, представляющего собой семантическую операцию, содержащую множество взаимосвязанных процедур: генерирование, передача, прием, хранение, восприятие, понимание, принятие решения.

Отображение интеллектуальных систем в виде самоорганизующихся систем позволит исследовать процессы обработки информации и знаний с большой неопределенностью на начальном этапе проектирования (постановки задачи).

Статья поступила в редакцию 04.04.2022.