

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

M.I. Khodakovskiy

RESEARCH MODEL OF SEARCH OF KNOWLEDGE IN MOLECULAR MEMORY WITH USING ONTOLOGY AND AGENT-BASED PROGRAMS

The article describes the processes of the creation of models and features of knowledge discovery in molecular memory based on ontologies and agent-based programs.

Key words: molecular memory, training systems, ontological and agent-based software.

Розглянуті умови моделювання та особливості пошуку знань в молекулярній пам'яті на основі онтологій та агентних програм.

Ключові слова: онтологічні та агентні програми, молекулярна пам'ять, навчаючі системи.

Рассмотрены условия создания моделей и особенности поиска знаний в молекулярной памяти на основе онтологий и агентных программ.

Ключевые слова: онтологические и агентные программы, модели молекулярной памяти, обучающие системы.

© Н.И. Ходаковский, 2014

УДК 681.327

Н.И. ХОДАКОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОИСКА ЗНАНИЙ В МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАМЯТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОНТОЛОГИЙ И АГЕНТНЫХ ПРОГРАММ

Вступление. Изучение процессов обработки информации при формировании запоминающих структур различного строения и назначения является очень актуальным для понимания и разработки систем обучения. Построение обучающих систем основывается на создании подсистем постановки задачи, определения специфики задачи, выбора пути поиска, нахождения и обработки знаний в подсистемах семантической памяти обучаемого. В указанных подсистемах памяти информация организована в определенной форме существования и уровне систематизации результатов познавательной деятельности человека. Такое определение организации информационных элементов также составляет содержимое модулей знаний, хранящихся в нейронных и синаптических сетях мозга обучаемых. Важной особенностью синаптических систем, состоящих из множества синапсов, в отличие от отдельного нейрона, является способность принимать и передавать множество сигналов. Исследование моделей обработки знаний в молекулярной памяти с использованием онтологий и агентных систем позволит значительно расширить возможности построения обучающих систем.

Постановка задачи. Цель данной работы – это исследование путей обработки информации в модулях знаний молекулярной памяти с помощью моделей на основе использования онтологий и агентных программ для создания обучающих систем.

Особенности организации молекулярной памяти в системах естественного ин-

теллекта. Долговременная и кратковременная память сохраняются в связях между нейронами и в местах контакта между ними – синапсах. В синапсах аксон в виде отростка нейрона, передающего сигнал, встречается с одним из десятков дендритов – выростов соседнего нейрона, принимающих сигнал. При формировании кратковременной памяти стимуляции синапса оказывается достаточно для того, чтобы временно повысить эффективность прохождения последующих сигналов. В случае долговременной памяти повышение эффективности синапса становится постоянным [1].

Основными процессами формирования указанных выше видов молекулярной памяти как памяти на молекулярном уровне являются процессы обработки информации с помощью синтеза многочисленных типов белков в виде ферментных систем, являющихся своеобразными программными модулями клеточной подсистемы. Функции программных агентов в данном случае выполняют программные агенты в виде генов ядра нейрона. Здесь и далее понятие «программный агент» используется как элемент модели.

При введении термина "агент" в молекулярную информатику необходимо отметить, что последний возник при алгоритмизации программ для искусственного интеллекта и определяет логическую сущность, которая обладает некоторой автономностью в своей среде или на своем хосте [2]. В компьютерном контексте под агентом понимают сущность, которая объединяет данные, код и способна перемещаться между разными средами выполнения. Благодаря этому агенты могут дать ряд преимуществ, таких как уменьшение передаваемого по сети трафика, децентрализация, высокая надежность и отказоустойчивость, а также легкость развертывания.

Значительные возможности программных агентов позволяют отдельным нервным клеткам получать информацию о том, какие воспоминания следует сохранять в виде долговременных связей с другими нервными клетками, а какие можно удалить.

Для поддержки функций программных агентов при запоминании или стирании информации требуются электрохимические сигналы от соответствующих участков клетки, чтобы активировать гены в клеточном ядре. Гены направляют свой ответ обратно в отростки клетки.

При принятии главного решения на уровне нейрона срабатывает комплекс программ в виде иерархии программных агентов на подтверждение сохранения синаптических связей только в том случае, если её важность информации была неоднократно подтверждена.

Введение понятия программных агентов позволяет при моделировании ответа ядра на поступивший сигнал из синапса «узнавать» гену в виде программного агента когда нужно усилить синаптическую связь, а когда дать возможность поступившей информации ликвидироваться.

Рассмотрим механизм запоминания при работе молекулярной памяти. Здесь важным моментом является получение эффекта усиления синаптической передачи. Если синапс работает недолго, но с высокой частотой, то он становится более эффективным, и в ответ на последующие стимулы в нём будут возникать

более сильные отклонения потенциала. Данное временное усиление синаптической связи является основной характеристикой кратковременной памяти. Для долговременного усиления синаптической связи постсинаптическая клетка должна выработать специальные белки, усиливающие синаптическую связь. Эти белки могут добавлять новые рецепторы, а также влиять на пресинаптическую клетку.

Очень важным свойством генов в виде программных агентов является их участие в превращении памяти из кратковременной в долговременную. В работе [1] на большом количестве экспериментов было показано, что обучение требует синтеза новых белков в мозге в течение нескольких первых минут тренинга, в противном случае информация в памяти будет утеряна. Чтобы произвести новый белок, программный агент находит необходимый участок ДНК, находящийся в клеточном ядре, копирует его на небольшую подвижную молекулу, называемую матричной РНК (мРНК), которая затем выходит в цитоплазму клетки, где специальные программные агенты в виде клеточных органелл считывают закодированные в ней инструкции и синтезируют молекулы белка. Если заблокировать процесс транскрипции ДНК в мРНК или трансляции мРНК в белок, то образование долговременной памяти нарушится, в то время как кратковременная не пострадает.

Для понимания процессов формирования долговременной молекулярной памяти рассмотрим возможный вклад в такой процесс программных агентов. Так, в молекулярной информатике таким важным программным агентом может быть представлен транскрипционный фактор под названием CREB, который играет ключевую роль в превращении кратковременной памяти в долговременную. Транскрипционные факторы – это управляющие белки, содержащиеся в клеточном ядре, которые отыскивают с помощью соответствующих программных агентов конкретные последовательности ДНК и связываются с ними. Фактически они являются выключателями, управляющими транскрипцией генов. Поэтому активация CREB в нейроне ведет к активации генов, что приводит к производству белков, усиливающих синаптическую связь, и превращают кратковременную память в долговременную.

Использование различных моделей для описания процессов формирования запоминающих структур в молекулярной долговременной памяти. Сетевая модель имеет аналогом структуру долговременной памяти человека и пригодна для представления знаний любых типов. Она может быть представлена в виде семантических сетей для целей моделирования естественного языка. Сетевая структура используется при этом для представления семантических отношений между концептами (словами, обозначающими некоторые понятия предметной области) [3]. При моделировании знаний семантическая сеть состоит из двух множеств: узлов и соединяющих узлы ребер, которые отражают бинарные отношения между ними. В качестве узлов в модели используются объекты предметной области, их свойства и значения, а также события, процессы, явления. Ребра могут иметь или не иметь тип, направление и количественную оценку

отношений между узлами. Главное преимущество сетевой модели – способность выражения достаточно тонких смысловых оттенков знаний [4].

Важным типом модели для представления знаний является продукционная модель. Основу этой модели составляет множество так называемых продукционных правил, которые применяются в тех областях, где значительная часть знаний основана на опыте специалистов, эмпирических закономерностях и ассоциациях [5, 6]. Модель базируется на логике «из ситуации следует действие», представляет систему правил вида «Если..., то...» и обеспечивает способ представления выводов, рекомендаций, указаний, стратегий. Эта модель широко используется в слабоформализованных областях.

С началом широкого развития поисковых систем начал разрабатываться онтологический подход к моделированию знаний. Под онтологией в компьютерном контексте представляют на некотором языке знания о предметной области [7]. При этом онтология может быть эквивалентной формальной системе понятий предметной области, их свойств, отношений между ними и правил операций над ними. Таким образом онтология является моделью предметной области и служит основой баз знаний и баз данных. Главная цель создания онтологии – стандартизация и максимальная формализация моделей знаний.

При использовании онтологий достигается значительная эффективность в совместном использовании людьми или программными агентами структуры информации о предметной области. Также онтологии позволяют совмещение разных частей модели предметной области с возможностью изменения и доступности моделей для новых пользователей. Важной особенностью онтологий является отделение структуры знаний предметной области от конкретных данных.

Рассмотрим этапы разработки компьютерных программ-онтологий. Можно выделить несколько этапов разработки онтологии. После определения предметной области надо осуществить поиск существующих онтологий и рассмотреть возможность их повторного использования. Многие онтологии доступны в электронном виде и могут быть импортированы в среду проектирования новой онтологии. Затем важно получить полный список терминов предметной области, разработать иерархию классов и описать их свойства. Следующим шагом является описание отношений между элементами онтологии. На этом этапе важно определиться, на каком уровне иерархии находится понятие, т. е. является ли оно классом объектов, конкретным объектом или свойством одного из объектов. Глубина детализации определяется приложением онтологии. Последним этапом является создание отдельных экземпляров классов путем ввода конкретных значений их свойств.

Обоснование и эффективность введения процессов обработки онтологий при формировании молекулярной памяти. Поскольку онтологии сами являются моделью исследуемой предметной области и служат основой баз знаний и баз данных об этой области, то их моделирование для понимания обработки информации в подсистемах синапс-ядро нейрона является достаточно важным инструментом. Программные продукты, используемые нейроном показывают возможность и необходимость применения интеллектуальных аген-

тов для автоматического принятия решения. В свою очередь, онтологии могут широко использоваться для моделирования свойств реактивности интеллектуальных агентов.

Рассмотрим наиболее интересующий сегмент автоматизированного проектирования онтологий в свете организации обработки информации в нейроне. Необходимо отметить, что онтологии представляют собой результат детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи, правила, теоремы и ограничения, принятые в этой области [8]. Здесь необходимо подчеркнуть важное свойство автоматизированных систем как систем, имеющих возможность автоматического принятия решений. Аналогично структуре команды «if» в языках программирования, в онтологии имеется выбор для программ при принятии решений [9].

Детальное изучение процессов обработки информации в нейронных и синаптических сетях систем естественного интеллекта при обучении позволяет использовать на уровне моделей процессы обработки информации в компьютерных программных системах онтологий с использованием программных агентов. При этом широкое использование онтологий в семантической паутине (Semantic Web) позволяет рассматривать ряд важных ее свойств при изучении уровней организации обработки информации в большом количестве подсистем субнаносистемы нейрона. Не трудно предположить, что для физического представления различных предметных областей в нейроне используются своеобразные онтологии и словари. Как и в объектно-ориентированном описании программ, здесь онтология также состоит из классов и их экземпляров. У классов и экземпляров выделяются свойства, на свойства могут накладываться логические ограничения. Для описания онтологий, подобных Semantic Web с языками RDFS и OWL, в нейроне, в том числе в цепи подсистем, обслуживающих «вычислительный» тракт «синапс-ядро нейрона», существуют свои описания программ и библиотеки подпрограмм.

Наличие в модельном описании онтологии в нейроне позволяет программным агентам иметь доступ к структурам информации о предметной области клетки. При этом можно выделить несколько этапов работы программного агента с онтологией. После определения предметной области осуществляется поиск существующих онтологий и рассмотрение возможности их повторного использования. Многие онтологии могут копироваться и быть импортированы в среду проектирования новой онтологии.

Возможности использования процессов построения онтологий в молекулярной памяти при обучении. При построении обучающих компьютерных систем важно использовать имеющийся арсенал инструментов построения онтологий, как в базах знаний компьютера, так и в «базах знаний», расположенных в нейронных и синаптических сетях обучаемого. После нахождения необходимой онтологии важно получить полный список терминов предметной области, разработать иерархию классов и описать их свойства. Следующим шагом является описание отношений между элементами онтологии. На этом этапе важно опре-

делиться, на каком уровне иерархии находится понятие, т. е. является ли оно классом объектов, конкретным объектом или свойством одного из объектов. Глубина детализации определяется приложением онтологии. Последний этап – это создание отдельных экземпляров классов путем ввода конкретных значений их свойств.

Приведенный короткий путь построения онтологий может быть использован как при формировании соответствующих запоминающих структур, являющихся хранилищем существующих онтологий клетки и сетевых ресурсов мозга, так и при воспроизведении информации по интересующему нас вопросу. Следует подчеркнуть, что существующие возможности автоматизированного проектирования онтологий могут в значительной мере быть использованы при создании электронных учебников и сценариев работы мастер-классов.

Здесь важным выводом может быть положение о том, как готовить и подавать новый материал при обучении. Необходимо подчеркнуть, что процесс подготовки материала должен на первом этапе учитывать технологию, используемую в Semantic Web, а в дальнейшем быть значительно более эффективным за счет применения методических основ извлечения экспертных знаний с помощью новых когнитивных и коммуникативных психологических методов. Представляется, что разработка современных и доступных для аналитиков психологических методов извлечения знаний ускорит и увеличит эффективность разработки баз знаний и интеллектуальных компьютерных программ.

Представление моделей работы онтологических и агентных программ в молекулярной памяти при обучении. Важнейшую роль в семантической сети, как компьютера, так и в синаптических сетях естественного интеллекта должны играть специальные программы – интеллектуальные агенты, в задачу которых входит работа с информацией, представленной в семантической сети онтологическими программами. Указанные агенты по заданиям пользователей способны находить источники информации, запрашивать данные, сопоставлять и проверять их на соответствие критериям поиска, а затем выдавать ответ в удобной для пользователей форме [9].

Определение программного агента сводится к программе, способной вступать во взаимодействие с пользователем или другой программой. При этом агент получает соглашение выполнять действия от имени кого-либо. Такие действия дают возможность право решать, какие действия представляются целесообразными для действий данного агента. Таким образом, основное назначение агентов состоит в активации программ принятия решений самостоятельно.

В связи с приведенным выше определением программных агентов целесообразно привести деление указанных интеллектуальных агентов в зависимости от выполняемых ими функций. Основное понятие интеллектуальных агентов, обладающих определенными формами искусственного интеллекта в виде рассуждения и обучения, позволяет изменять способ достижения своих целей. Распределенные агенты выполняют свои действия на физически различных интеллектуальных системах или компьютерах. Многоагентные системы в отличие от

распределённых агентов, для достижения цели должны общаться. Мобильные агенты способны перемещать результаты своей работы на другие исполняющие устройства, аналогичные процессорам. Здесь необходимо также отметить, что указанные типы агентов обладают рядом свойств, способствующих для принятия правильных решений. Так свойство реактивности позволяет агентам реагировать на изменения среды в реальном времени. Проактивность предоставляет возможность решать задачи, в отличие от реактивных агентов, не простым реагированием на изменения среды, а с предварительным опрашиванием среды для принятия соответствующих решений.

Важно отметить свойство обучаемости как проявление интеллектуальности агентов, выражающейся в возможности находить новые решения. При этом указанные агенты способны изменять алгоритм своей работы на основе имеющегося своего опыта и опыта других агентов, реализованных в соответствующей программе.

Обосновывая использование технологий работы онтологических и агентных программ при обучении посредством построения запоминающих молекулярных структур, необходимо отметить, что человеческий мозг содержит функциональные структуры, позволяющие определять грамматическую правильность тех или иных высказываний. Более того, это осуществляется и в случае, когда смысла таких высказываний он еще не понимает. Правильные суждения мозг обрабатывает по заложенным программам построения общих законов синтаксиса во время предыдущего обучения. Процесс человеческого логического мышления зиждется на определенной формальной системе правил и, при этом, очень похож на работу аналогичных компьютерных программных онтологий.

Здесь важно подчеркнуть, что способность мышления обучаемого основана на том, что наши мысли в действительности представляют собой систему логических операций и связей как результат полученных ранее программ.

Свойства программных агентов, которые могут быть использованы в моделях формирования молекулярной памяти. Рассмотрим возможности программных агентов в моделях формирования молекулярной памяти. Интеллектуальные автономные агенты достаточно эффективно могут участвовать в процессах построения молекулярной памяти, поскольку способны самообучаться, взаимодействовать друг с другом и проявлять самостоятельность при общении с клиентом.

Технологии автономных агентов актуальны с точки зрения разработчика тем, что дают возможность пользователю, не знающему способа решения задачи или необходимых параметров управления процессами, обойтись использованием одного прототипа агента. Группы таких агентов запускаются в распределенную сеть и довольно эффективно производят обработку информации согласно параметров окружающей среды и поставленным задачам.

Перспектива развития интеллектуальных агентов для выполнения всевозможных операций поиска и сбора информации зависит, в первую очередь, от запросов поисковых систем Интернета. В последней используются различные сетевые агенты, Web-роботы для индексации данных в базах данных и базах

знаний поисковых систем. Стремительный рост Web-пространства требует новых подходов для отбора нужных сведений. Новые поколения интеллектуальных автономных агентов подходят для этого как нельзя лучше – они способны самообучаться, эффективно взаимодействовать друг с другом и проявлять определенную самостоятельность при общении с клиентом. Агенты объединяются в мультиагентные системы для решения более серьезных задач и для более быстрого выполнения их.

Рассмотрим принципы работы агентов в поисковых системах, приближающихся по сложности к нейронным и семантическим сетям человека. Актуальность таких сравнений может быть отнесена, например, к мобильным вычислениям в сети. Миграция агентов при этом может поддерживаться не только между постоянно подсоединенными к сети узлами, но и между мобильными платформами, подключаемыми к постоянной сети на промежутки времени по низкоскоростным каналам. Клиент подсоединяется к постоянной сети на короткий промежуток времени с мобильной платформы, отправляет агента для выполнения задачи и отсоединяется; затем клиент подсоединяется к другой точке сети и забирает результаты работы агента. В случае использования сервера, на который должен переместиться агент, последний подсоединяется к сети, а затем после выполнения своих функций отсоединяется. В этом случае агент может переместиться на подсоединяемый сервер и вернуться в постоянную сеть. Поисковые агенты могут содержать сведения о различных информационных источниках путем определения типа информации, способа доступа к ней и таких характеристик информационного источника, как надежность и точность данных.

Выводы. Программные онтологии – это основные объекты для агента при сборе и передаче информации в различных базах. Важно чтобы онтология была как можно понятней агенту, что необходимо для более эффективной его работы. Агенты имеют возможность считывать из онтологии предметные знания и тем самым настраиваться динамически на решение определенных задач. Используя онтологии, агенты получают возможность совершать поиск в определенных базах и предметных областях. Онтологии предназначены так же для общения между агентами.

Функции программных агентов при запоминании или стирании информации проявляются посредством использования электрохимических сигналов от удаленных участков клетки для активации генов в клеточном ядре. При этом гены направляют свой ответ обратно в отростки клетки.

При принятии главного решения на уровне нейрона срабатывает комплекс программ в виде иерархии программных агентов на подтверждение сохранения синаптических связей только в том случае, если её важность информации была не однократно подтверждена.

Введение понятия программных агентов позволяет при моделировании ответа ядра на поступивший сигнал из синапса «узнавать» гену в виде программного агента когда нужно усилить синаптическую связь, а когда дать возможность поступившей информации ликвидироваться.

Представляется, что разработка современных и доступных для аналитиков психологических методов на основе использования агентных и онтологических систем при извлечении знаний ускорит и увеличит эффективность разработки баз знаний и интеллектуальных компьютерных программ.

1. *Ходаковский Н.И.* Исследование синаптических систем молекулярной памяти и их микропроцессорных свойств при обучении // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2012. – № 11. – С. 23 – 32.
2. *Осуга С., Сазки Ю.* Приобретение знаний. – М.: Мир, 1990. – 304 с.
3. *Анохин К.В.* Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти // ЖВНД. – 1997. – Т. 47, вып. 2. – С. 261 – 279.
4. *Bailey C.H., Kandel E.R., Si K.* The persistence of long-term memory: a molecular approach to self-sustaining changes in learning-induced synaptic growth // Neuron. – 1994. – Т. 44. – P. 49 – 57.
5. *Fields D., Itoh K.* Neural cell adhesion molecules in activity-dependent development and synaptic plasticity // Trends in Neurosciences. – 1996. – Vol. 19. – issue 11. – P. 473 – 480.
6. *Shortliffe E.H.* Knowledge engineering for medical decision making / Shortliffe E.H., Buchaman D.G., Feigenbaum E.A. // Rev. Computer-based Clin. Decision Aids. – 1979. – Vol. 67, N 9. – P. 1207 – 1223.
7. *Автоматическое построение онтологий* [Электронный ресурс]. – [2009] . – Режим доступа: <http://shcherbak.net/avtomaticheskoe-postroenie-ontologij/>
8. *Quillian M.R.* Semantic memory / Quillian M.R. 11 Semantic Information Processing / Ed. by M. Minsky. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1968. – P. 216 – 270.
9. *Кляцев А.С.* Определение структурных свойств онтологий // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2008. – № 2. – С. 69 – 78.

Получено 15.10.2013