
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

О НЕКОТОРЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ И ТЕХНИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ*

К.А. Пупков

Кафедра кибернетики и мехатроники
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Макля, 6, Москва, Россия, 117198

Рассматриваются основные положения теории управления и кибернетики, приведшие к становлению и развитию нового поколения систем — интеллектуальных. Определены некоторые новые задачи в теории и технике таких систем.

Одна из основных трудностей в обработке информации и управления состоит в необходимости принимать решения и выработать управление в условиях неопределенности или при неполных знаниях о возможных последствиях предпринимаемых действий. Идет ли речь о политике создания запасов, о финансировании программы научно-исследовательских работ, об управлении комплексами летательных аппаратов или о планировании создания нового предприятия, — везде остается некоторая доля неопределенности. Это весьма распространенное явление во многих областях человеческой деятельности, в том числе и в науке. Как уменьшить неопределенность, насколько ее надо уменьшить перед тем, как приступить к действиям и какие действия можно считать разумными при наличии неопределенности, решают интеллектуальные системы управления. Для лучшего понимания этих проблем полезно иметь некоторую общую схему, концептуальную структуру или модель, помогающую нам организовать представление о той разнообразной, сложной, подчас весьма тонкой, постоянно меняющейся деятельности, которую называют управлением. Обработка всей поступающей информации и изменение на этой основе решения предназначено для выработки и реализации управления для достижения цели.

* Данная статья написана в рамках реализации Инновационной образовательной программы РУДН «Создание комплекса инновационных образовательных программ и формирование инновационной образовательной среды, позволяющих эффективно реализовывать государственные интересы РФ через систему экспорта образовательных услуг».

Интерес к решению задач управления известен с давних времен. Так, еще в 1848 г. знаменитый физик и математик А.М. Ампер ввел слово кибернетика [1] как термин, определяющий науку об управлении государством. Грандиозная схема политических наук, построенная Ампером, не претворилась в жизнь, вероятно, в связи с тем, что управление действительно представляет собой сферу деятельности, которой свойственна большая неопределенность и которая не имеет видимого сходства с физикой. При этом каждая задача управления кажется уникальной и, как правило, используется интуитивный подход и «оценочные» суждения, основанные на личном опыте. Кроме того, отсутствие математических методов для построения моделей процессов управления и информационных технологий в современном понимании делало решение таких задач весьма проблематичным. Однако потребности общества, связанные с научно-технической революцией, требовало развития науки об управлении в другом направлении. Появление паровых машин, двигателей внутреннего сгорания, электрических машин и т.п. сделало необходимым решение задач обеспечения устойчивости их работы. В 1868 г. Максвеллом была опубликована работа [2] по механизмам с обратной связью, было введено понятие *регулятор*. В дальнейшем это направление развивалось русскими учеными И.А. Вышнеградским [3] и Н.Е. Жуковским [4]. В это же время Н.Е. Жуковским было введено понятие *прочности движения*, которое затем трудами А.М. Ляпунова было развито в теорию устойчивости [5].

Тем не менее интерес к задачам управления более сложными системами развивался. Так, А.А. Богданов в 1913—1917 гг. опубликовал работу «Всеобщая организационная наука» [6]. В 1930 г. Л. Берталанфи представил широкой публике проект общей теории систем [7].

В последующие годы в связи с необходимостью построения систем, состоящих из компонентов различной физической природы, включая и человека, Н. Винер назвал всю теорию управления и связи в машинах и живых организмах *кибернетикой* [8]. Ее отличительной чертой являлось полное отсутствие соображений, связанных с рассмотрением энергии, тепла и коэффициента полезного действия, столь важных в других естественных науках. По существу, главное внимание в кибернетике направлено на качественные стороны взаимодействий между различными компонентами системы и на поведение всей системы, обусловленное этими взаимодействиями. В связи с этим потребовалась разработка подходящей теории, способной адекватно описать процессы в таких сложно организованных системах, включая, конечно, и человека. Развитые к этому времени теория дифференциальных уравнений и Шенновская теория информации не были достаточными. М. Месарович выдвигает общую теорию систем [9], основанную на использовании теоретико-множественных и лингвистических моделей. Однако эти модели не позволяли описать такие феномены, как адаптивное поведение, целенаправленная деятельность.

В 1970-е гг. на основании исследований в области теории информации и управления было дано определение понятия *кибернетической системы*, под которой понималась объединенная информационным процессом совокупность подсистем и элементов живой и неживой природы, действия которых служат дости-

жению некоторой цели, притом оптимальным образом [10]. Было также определено, что информационный процесс, объединяющий подсистемы и элементы, есть абстрактное представление объективного содержания. Подсистемы и элементы — суть математические абстракции свойств и поведения некоторых реальных объектов, а цель есть формальное описание задач системы.

Отмечалось также, что одним из важнейших применений теории кибернетических систем является построение абстрактных моделей, отражающих закономерности информационных процессов, происходящих в живой природе, в том числе построение абстрактных моделей психической деятельности человека в процессе познания.

Одновременно происходит проникновение в глобальные процессы, происходящие в природе и обществе.

В.И. Вернадский отмечает, что эволюционный процесс в природе получает особое геологическое значение благодаря тому, что он создал новую геологическую силу — научную мысль социального человечества [11]. Мы как раз переживаем ее яркое вхождение в геологическую историю планеты. В последнее тысячелетие наблюдается интенсивный рост влияния одного видového живого вещества — цивилизованного человечества — на изменение биосферы. Под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние — в ноосферу. Однако остается существенным интерес к изучению процесса мышления и роли человеческого мозга в этом процессе. Естественно, возникает вопрос: «Каким образом мозг обеспечивает адаптивное поведение?» В поисках ответа на него были установлены две группы фактов, примирить которые весьма затруднительно [12].

С одной стороны, физиологи самыми различными способами показали, как велико сходство мозга с машиной — сходство в его зависимости от химических реакций, анатомических структур и в той точности и определенности, с которой его составные части действуют друг на друга. С другой стороны, психологи и биологи с полной объективностью подтвердили правильность обычного житейского убеждения, согласно которому поведение живого организма является целенаправленным и приспособительным.

Психофизиологические исследования, имеющие своей целью выяснение связи между психическими функциями и физиологическими процессами в мозге, заставляют признать очевидный факт: между психическими явлениями и физиологическими процессами (т.е. физико-химическими процессами специфичными для живого организма) существует промежуточное функциональное звено, которое в значительной мере скрыто от строго научного изучения. По всей видимости, физиология высшей нервной деятельности может рассматриваться как инструмент изучения отмеченного промежуточного звена между психикой и физиологией. В настоящее время физиология высшей нервной деятельности приобретает новый теоретический и исследовательский потенциал, переходя от механоэнергетических представлений к системно-информационным, отказываясь от коммутационных принципов в пользу регуляторной теории. Не вызывает сомнения, что в основе функциональной организации нервной системы лежит триединство анали-

зоторных, мнестических (т.е. обеспечивающих запись и воспроизведение информации) и регуляторных процессов. Выяснение универсальной функциональной единицы, способной выполнять триединую функцию, представляет собой одну из основополагающих проблем познания мозга.

Исходный момент на пути выяснения функциональной единицы мозга заключается в признании того, что в качестве субстрата (основы) всех функций мозга (равно как и мыслительных) служит нейрон, который представляет собой автономный «организм», отличающийся от других клеточных «организмов» высочайшей эволюционной специализацией, но не отличающийся главным принципом — поддержанием собственного оптимального равновесного состояния.

Каким образом переплетаются принципы, определяющие функции нейрона как индивидуального «организма» и принципы интеграции нейронов в целостные системы мозга? Как предполагается, противоречие между индивидуальными и системными принципами нейрона отсутствует, поскольку принципы тождественны. Основная функция нейрона — информационная. Нервная клетка переходит из одного функционального состояния в другое (условно разделяемые на состояние покоя и деятельности) — такой переход определяется внешней информацией, которая взаимодействует с актуальной потребностью. На основе последней формируется мотивация — программа деятельности по удовлетворению потребности. Мотивация является той внутренней информацией, с которой взаимодействует внешняя информация в процессе записи и извлечения из памяти. Нервная клетка, как все живые организмы, имеет ограниченный функциональный потенциал, обусловленный генетическим материалом. В процессе жизнедеятельности в этом материале активируются кванты, которые затем копируются, извлекаются и монтируются в новые структуры, служащие носителями памяти и жизненного опыта. Таким образом, выяснение нервной организации мозга и моделирование его функций связано с поиском принципов, общих для отдельного нейрона и для целостного мозга, а также принципов, определяющих хранение и воспроизведение информации.

Существует предположение, что в качестве микроструктурной функциональной единицы мозга может служить нейронный модуль, состоящий из популяции нервных клеток, имеющих общий эффекторный выход. Примером такого модуля служит большой пирамидальный нейрон (БПН) и группа связанных с ним нейронов, использующих эффекторный выход БПН. Нейроны этой группы производят предварительный анализ информации, поступающей к БПН, и тем самым оптимизируют работу БПН. БПН обладает следующими свойствами, указывающими на ведущее положение в модуле: имеет наибольшую разветвленность дендритов, ответственных за восприятие информации: апикальный дендрит БПН, достигающий наружного (молекулярного) слоя коры и ветвящейся там во все стороны, проходит через весь поперечник коры, что позволяет собирать информацию от нейронов всех слоев; БПН имеет максимальный набор функциональных блоков. На доминирование БПН в интеллектуальных механизмах мозга указывает то, что БПН преобладают в ассоциативных зонах неокортекса — области коры, на-

ходящихся на дорсальной и латеральной областях полушарий; эволюция мозга сопровождалась, прежде всего, ростом числа БПН; онтогенетическое созревание мозга человека совпадает с наибольшим увеличением числа и размеров именно БПН. Развитие интеллекта характеризуется не столько возрастанием потоков воспринимаемой и анализируемой информации, сколько обеспечением тонкой целенаправленности деятельности мозга от момента принятия решения до его выполнения. Целенаправленность (мотивация) поведения определяется удовлетворением актуальной потребности — снятием влияний, которые вызывают потребность. Вследствие того что принцип целенаправленности является общим для психики, для мозга, а также для БПН, последний рассматривается как необходимое микроструктурное звено интеллектуального механизма мозга.

В ходе исследований совершенствовались аналоговые модели БПН, имитирующие универсальную функциональную единицу, способную выполнить роль базового элемента в целостной деятельности мозга. Использовались модели, отражающие влияние регуляторных, мотивационных и мнестических факторов, определяющих паттерн функционального состояния (ФС) и, соответственно, активность БПН в условиях выработанного поведения и в условиях обучения.

Во-первых, на основе компьютерной программы, служащей аналоговой моделью БПН [13], проведен анализ закономерной корреляции изменяющегося уровня потребности и фактора памяти при формировании выходной результирующей импульсации нейрона в ответ на сигнальную стимуляцию. Данные, полученные на модели при испытании сигналов, и данные, полученные в эксперименте на БПН с тестированием стимулов разной сигнальной значимости в условиях изменяющейся потребности до и после выработки условного рефлекса, статистически сопоставимы. Иными словами, модель может служить имитатором работы БПН.

Во-вторых, функциональная организация БПН как гомеостатированного организма иллюстрируется механической аналоговой моделью, которая имеет вид центробежного регулятора, применяемого в технике для поддержания заданной скорости вращения двигателя. И не важно, какой двигатель использовать в модели — электрический или внутреннего сгорания, — принципиальный момент заключается в наличии связи между аппаратом, ответственным за энергоснабжение и управление мощностью двигателя и регулятором, настроенным на определенную величину скорости вращения. Число оборотов двигателя является аналогом частоты импульсации нейрона; факторы, вызывающие повышение и понижение скорости вращения рассматриваются в качестве аналогов тормозных и возбуждающих стимулов. Изменение длины рычагов и массы грузов на рычагах центробежного регулятора и, соответственно, перенастройка равновесного состояния регулятора имитирует перенастройку ФС нейрона при изменении мотивации и перенастройку ФС при обучении. Предложенные модели, наглядно демонстрируя функциональную организацию БПН, как ожидается, содействуют пониманию интеграции БПН в процессы целостного мозга и обращают внимание на принципы, способные объединить базовые элементы нейрокompьютера в структуре брэйньпьютера.

Однако неуспех моделей теории систем в решении задач кибернетики был связан с тем, что не существовало информационных технологий и вычислительных средств, позволявших исследовать эти модели, так как они были нелинейными, многомерными и во многих случаях их анализ был сопряжен с перебором вариантов. В связи с этим начинается декомпозиция кибернетики. Появляется информатика, впитавшая в себя алгоритмизацию математических моделей и программирование для вычислительных машин; развивается теория распознавания образов, теория управления, теория принятия решений, искусственный интеллект и т.п.

Однако прогресс в развитии дискретной математики, нейрофизиологии, микро- и нанопроцессорной вычислительной техники, информационных технологий и теории управления позволил возвратиться к системным задачам кибернетики, но в виде нового поколения систем — интеллектуальных.

В основу построения структуры интеллектуальных систем была положена концепция функциональной системы в живой природе П.К. Анохина [14], которая определена как замкнутое физиологическое образование с наличием обратной информации о результатах действия. Каждая функциональная система, обеспечивающая тот или иной приспособительный эффект, имеет многочисленные каналы, по которым информация с периферии достигает соответствующих нервных центров. Полезный приспособительный эффект — это центральный пункт любой функциональной системы, так как способствует достижению цели, которая выступает в том числе как системообразующий фактор.

Интеллектуальная система представляет собой объединенную информационным процессом совокупность технических средств и программного обеспечения, работающую автономно или во взаимодействии с человеком (коллективом людей), способная на основе сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, вырабатывать решения о действии и находить рациональные способы достижения цели [15]. Разработка теории и техники интеллектуальных систем потребовала создания новых информационных технологий, включая динамические экспертные системы, базы знаний, параллельные алгоритмы и языки программирования, робастные и адаптивные методы управления, а также новых технических средств микромеханики и микроэлектроники, позволяющих реализовывать интеллектуальные системы.

Далее рассмотрим некоторые задачи теории и техники интеллектуальных систем.

Развитие информационных технологий в XXI столетии будет сопряжено с разработкой и созданием интеллектуальных систем обработки информации и управления в различных средах обитания и деятельности человека. Сегодня вычислительные средства (различного рода компьютеры) значительно превзошли человека в таких хорошо определенных областях, как вычисления, обработка текстов, а в последнее время даже в области логического вывода. Тем не менее им еще недостает гибкости и они отстают от человека во многих областях, например, в распознавании образов, решении задач при неполной информации, в способно-

сти к обучению, прогнозу результатов предполагаемого действия и выработки управления с учетом динамики протекания процессов в реальном времени. Такая работа с информацией, свойственная человеку, характеризуется понятием *гибкой обработки информации*, в отличие от традиционной *жесткой обработки информации* и выработки управления вычислительной системой, которая предполагает наличие полностью заданной информации в априори оговоренном мире или проблемной области. Этот подход к обработке информации, который можно назвать ассоциативным или *интуитивным* в противовес *логическому*, еще совсем не развит в существующей ныне информационной технологии. Здесь уместно отметить, что развитие информационных технологий происходило во взаимосвязи с эволюцией вычислительных систем. Если такие системы первых поколений позволяли осуществлять цифровую обработку данных и текстов, создавать и использовать базы данных, то вычислительные системы пятого поколения уже дают возможность обрабатывать знания, осуществлять логический вывод и тем самым создают начала их интеллектуализации. Такие вычислительные системы представляли собой некоторые самостоятельные образования — инструмент, не входящий органически в состав естественных и общественных процессов, а лишь предназначались для выполнения некоторых весьма важных вычислительных операций, отображающих эти процессы. Взаимодействие же человека или коллектива людей с вычислительной системой состояло в необходимости разработки программы вычислений, ее отладки и представлении результатов в удобной для понимания человеком форме и т.п. Вместе с тем ясно, что получение информации для обработки ее в вычислительных системах сопряжено с проведением различного рода измерений тех или иных характеристик окружающей среды, а результаты обработки данных должны использоваться для принятия решения о том или ином действии, в соответствии с управлением, выработанным вычислительной системой с последующим контролем результатов управления. Возможно, поэтому в конце 1980-х гг. текущего века была выдвинута новая парадигма систем обработки информации и управления — концепция «Интеллектуальные системы» [15]. Несколько позже, в начале 1990-х гг. в Японии как продолжение программы «Вычислительные системы пятого поколения» выдвигается программа «Вычислительные системы реального мира» (Real-World Computing — RWC) при мотивировке ее появления прогнозируемыми требованиями к потребностям в информации общества XXI в. [16]. Сутью этой программы является поиск алгоритмов, обеспечивающих интеграцию новых базисных функций при поддержке следующих областей знаний:

- распознавание и понимание, вплоть до восприятия жестов или движения пальцев;
- понимание устной речи;
- логический вывод и решение задач;
- разработка информационных баз для конкретных областей знания и алгоритмов принятия решений на основе статистических данных при тех или иных ограничениях;

- методы самоорганизации сложных информационных баз;
- решение задач моделирования и организация пользовательского интерфейса;
- распознавание намерений человека и работа с широкополосными каналами связи, которые он использует для передачи информации (с помощью жестов, звуков, рисунков);
- разработка дисплейной методологии, включая виртуальную реальность для представления изменяющихся во времени ситуаций;
- автономный и совокупный контроль, одной из задач которого служит выявление принципиальной методологии интеграции восприятия и осознания, планирования и действия в реальном мире с точки зрения адаптации и познания.

Дальнейшие исследования, ориентированные на приложения, будут направлены на реализацию автономных информационных интегрированных систем и информационных систем об окружающей среде. По сути, предполагается создание вычислительных систем реального мира, в которых новые функции будут интегрироваться с другими, снова образуя новые функции, не нарушая при этом жизнестойкости и открытости системы. Тем не менее вычислительные системы реального мира все-таки остаются в рамках автономных вычислительных систем, хотя и предусматривающих в своем составе функций контроля, планирования и действия в реальном мире.

В концепции интеллектуальных систем принципиально предполагается ее взаимодействие с окружающей средой, наличие мотивации, использование знаний для синтеза цели, оценки, принятие решения и выработка управления, контроль реальных результатов управления и сопоставление их с прогнозированными динамической экспертной системой результатами действия [17; 18; 19]. Поэтому исследование и создание интеллектуальных систем потребовало разработки новых информационных технологий. Частично, особенно в области алгоритмов «мягкой» логики, в настоящее время они коррелируются с программой RWC.

Информационная технология, развиваемая в интеллектуальных системах и поддерживаемая вычислительной техникой и системами связи, порождает перемены в обществе. Эти перемены проникают не только в промышленную сферу, такую как система рационального распределения и производства новых товаров и услуг, но также вызывают качественное улучшение образа жизни, стимулируют развитие регионов, а также образования и культуры. Так, в сфере информационных сетей результатом будет значительный рост не только количества, но и качества и разнообразия информации, требующей обработки. Поэтому для такого связанного в информационную сеть общества потребуется новая технологическая база, которая каждому даст возможность легко и эффективно пользоваться различными информационными ресурсами сети.

В связи с этим в различных прикладных областях обработки информации и управления информационные среды вычислительных систем должны отражать интеллектуальную деятельность и быть способными к сотрудничеству с людьми

в обстановке реального мира. Поскольку под интеллектуальной системой понимается объединенная информационным процессом совокупность технических средств и программного обеспечения, работающая автономно или во взаимосвязи с человеком (коллективом людей), способную на основе сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, вырабатывать решения о действии и находить рациональные способы достижения цели, то в технологическом аспекте вычислительные части интеллектуальных систем должны уметь гибко обрабатывать информацию о реальном мире, как это делает человек, поскольку многие задачи этого мира плохо определены и их трудно представить в виде алгоритма.

Для разработки интеллектуальных систем важно прежде всего изучить интуитивный (ассоциативный) аспект обработки информации человеком и воплотить его в виде новой информационной технологии. В связи с этим, координируя логический и интуитивный аспекты обработки информации, интеллектуальные системы, выступая как новая парадигма информационной технологии, будут включать также новые функции:

- синтез цели на основании мотивации, сведений об окружающей среде и собственном состоянии системы;
- интеграции разнообразной, сложной, с перекрестными связями информации, содержащей неопределенности, и получение подходящего (приближенного) решения в разумное время;
- активного овладения необходимой информацией и знаниями и приобретения знаний индуктивно;
- адаптации самой системы к потребителю и меняющейся обстановке.
- выработка и исполнение управления для достижения цели.

Поскольку человек способен гибко обрабатывать информацию потому, что мозг соединяет распределенное представление информации, высокопараллельную обработку, способность к обучению и самоорганизации, а также способность интегрировать информацию, в технической реализации этих характеристик естественных интеллектуальных систем можно указать два главных аспекта:

- функциональный, для которого характерны допустимость и интеграция неопределенной и сомнительной информации и способность к адаптации и обучению;
- вычислительный, для которого характерна высокопараллельная и распределенная обработка многомерной, с большим количеством связей информации.

По сути, обработка информации — это функция, способность, которую приобретали люди в процессе эволюции, приспособляясь к меняющейся обстановке и воздействиям окружающей среды. Эта функция хотя и многогранна, в ней, как отмечалось, можно выделить аспекты логической и интуитивной обработки информации. В связи с этим полезно рассмотреть, каким образом эти два аспекта обработки информации развиваются и интегрируются в вычислительной части интеллектуальной системы по отношению к обработке информации и выработке управления человеком.

Таким образом, имеется некоторая разность между результатами обработки информации человеческим мозгом и с помощью алгоритмов, реализованных в той или иной вычислительной среде.

Эту разность необходимо минимизировать, принимая во внимание, что способность к «гибкой» обработке информации пока все-таки принадлежит человеку. Кроме того, должно быть синтезировано такое управление, которое способствовало бы достижению цели, выбранной в интеллектуальной системе.

Можно также сказать, что технология обработки информации должна дополнить или заменить человеческую функцию ее обработки путем автоматизации и интеграции логического и интуитивного подходов. Однако исторически механизмы автоматизации развивались теоретически и технологически применительно к логической обработке в традиционных цифровых компьютерах и в связи с этим последовательная обработка утвердилась сегодня как господствующая парадигма, интуитивная обработка информации изучалась в таких областях, как распознавание образов и обучение, алгоритмы которых реализуются на базе нейронных вычислительных сетей, на которых может быть реализована параллельная и распределенная обработка информации. Тем не менее интуитивная обработка информации остается еще слабо развитой областью информационной технологии.

Отсюда вытекают новые проблемы в разработке и создании интеллектуальных систем. Эти системы должны поддерживать различные аспекты человеческой деятельности, накапливая в базе знаний на основе обработки разных видов информации реального мира и использовать ее для принятия решения и выработки управления для достижения прогнозируемых результатов действия всей системы. Такая информация чрезвычайно обширна, и по самой природе, ей свойственна неопределенность и неполнота. Поэтому интеллектуальные системы требуют реализации новых функций с разной гибкостью, которая впитывает в себя такие понятия, как устойчивость функционирования, качество протекаемых процессов в реальном времени, открытость. Новизна функций должна строиться на основе новых теоретических подходов или алгоритмов, пригодных для интеллектуальных систем, включающих такие гибкие функции, как интеграция символов и образов, обучение и самоорганизацию.

Поскольку гибкая обработка информации и выработка управления выходят за пределы традиционных подходов, то можно указать некоторые области исследования новых функций, а именно:

- распознавание и понимание разного рода информации типа рисунков; звуков речи и символической информации, присущей естественным языкам;
- вывод и решение задач с помощью баз знаний, которые допускают прямую обработку информации и обладают способностью к обучению и самоорганизации;
- интерфейс и моделирование взаимодействия человека с реальным миром;
- управление и автоматическое управление в интеллектуальных системах, функционирующих в реальной среде.

В связи с этим можно указать два направления развития интеллектуальных систем: 1) автоматические интеллектуальные системы, адаптированные к реальной окружающей среде; 2) диалоговые системы, в которых интегрируются функции автоматических систем и человека в их взаимодействии.

Первое направление означает объединение интеллектуальных систем с реальным миром. При этом системы должны быть способными автономно понимать и контролировать среду путем активного и адаптивного взаимодействия с реальным миром и способны взять на себя часть деятельности человека в этом мире. Таким системам необходимо справляться с неполнотой, неопределенностью и изменчивостью информации, характерными для реального мира. К новым функциям таких систем можно отнести понимание воздействий окружающей среды, моделирование реального мира, планирование последовательности действий, оптимальное управление с целью достижения желаемого результата, элементы адаптации и самоорганизации.

Второе направление означает «объединение» системы с человеком. Это должны быть гибкие системы, поддерживающие и повышающие интеллектуальную деятельность людей в таких областях, как решение задач и получение информации за счет расширения каналов связи между людьми и системами. Чтобы помочь людям в решении задач и получении новой информации, потребуется гибко воспринимать и интегрировать различную информацию. Здесь новые функции в системе: это вопрос и ответ, высказанные на естественном языке, понимание намерений на базе различной информации, поступающих от людей, реализация интеллектуальной поддержки для нахождения и представления полезной информации в огромном количестве данных, хранящихся в базах данных, интеллектуальное моделирование для создания новых информационных данных и прогнозирования изменений в реальном мире, методы интеграции для обеспечения взаимодействия человека и системы, вычислительная модель реального мира и т.д.

Для интеллектуальных систем эти новые функции необходимо оценить с точки зрения обеспечения таких важных характеристик интеллектуальных систем: устойчивость, открытость и работа в реальном времени.

Кроме того, интеллектуальные системы XXI в. будут базироваться не на одной, а на разных ключевых информационных технологиях, таких как технологии для высокопараллельных вычислительных сетей (транспьютероподобных), оптических вычислительных систем, нейросистем и логических вычислительных систем. Эти технологии должны интегрироваться в интеллектуальных системах, чтобы справляться с задачами реального мира.

Современное состояние интеллектуальных систем характеризуется тем, что практически во все сферы крупномасштабной человеческой деятельности проникают идеи интеллектуализация процессов обработки информации и выработки управления для достижения цели. Проблемой остается решение задачи синтеза цели на основе сведений об окружающей среде, знаний и мотивации. Актуальным является комплексирование алгоритмов обработки информации и управления в базах знаний экспертных систем, обладающих свойством самоорганизации в зависимости от состояния окружающей среды, собственного состояния и цели. Рассматривается в связи с этим проявление кооперативного действия большого числа объектов самой разной природы. Часто стал употребляться термин синергетика для описания такого действия вплоть до получения единой картины мира. Так как мы движемся из «эры закрытого сбалансированного общества» к «откры-

тому несбалансированному обществу», будут необходимы интеллектуальное управление и глобальная стандартизация. При использовании Интернета на базе слияния интеллектуальных систем и информационных сетей можно покончить с географическими трудностями глобальной кооперации.

Тем не менее в настоящее время интеллектуальные системы описываются лишь в терминах нейронных сетей, фаззилогики, эволюционных алгоритмов. При технической реализации интеллектуальных систем происходит интеграция различных компонентов измерительных устройств, вычислительной техники, устройств сравнения и исполнительных устройств с целью создания систем нового поколения.

Источником возмущающего воздействия для интеллектуальной системы является окружающая среда, а функционирование системы должно обеспечить в конечном итоге компенсацию этого воздействия при достижении цели. И.П. Павлов писал: «Вся жизнь — от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды. Придет время, пусть отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественнонаучный, осветит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них и самого себя» [20]. Это высказывание могло бы послужить эпиграфом ко всем работам кибернетического направления, включая интеллектуальные системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ampere A.-M.* Essaisur la philosophie des sciences, 2nd partie, Bachelier; Paris, 1843.
- [2] *Maxwell I.C.* On Governors // Proc. Of the Royal Soc. of London. — 1868. — Т. 16. — С. 270—283.
- [3] *Вышнеградский И.А.* О регуляторах непрямого действия // Изв. СПб практического технологического института. — 1878. — С. 1—48.
- [4] *Жуковский Н.Е.* О прочности движения // Ученые записки Московского университета, 1882.
- [5] *Ляпунов А.М.* Общая задача об устойчивости движения. — Харьков, 1892.
- [6] *Богданов А.А.* Всеобщая организационная наука (Тектология). Ч. 1—III. — Л.-М.: Книга, 1925—1928.
- [7] *Bertalanfy L., von.Hempel C.G., Bass R.E., Ionas H.* General Systems Theory: A New Approach to Unity of Science // Human Biology. — 1951. — Vol. 23. — P. 302—361.
- [8] *Winer N.* Cybernetics or Control and Communication in the Animal and Machine, John Willy and Sons, 1948.
- [9] *Mesarovic M.D.* (ed.) «Views of General Systems Theory». John Willy and Sons, N.-I/-L.-Sydney, 1964.
- [10] Основы кибернетики. Теория кибернетических систем / Под ред. К.А. Пупкова. — М.: Высшая школа, 1976.
- [11] *Вернадский В.И.* Научная мысль как планетное явление. — М.: Наука, 1991.
- [12] *Эйбл У.Р.* Конструкция мозга. — Мир, 1964.
- [13] *Вальцев В.Б., Лавров В.В., Пушкарев Ю.П.* Моделирование функциональной единицы мозга: регуляторные и системно-информационные принципы // XXX Всероссийское совещание по проблемам Высшей нервной деятельности. СПб., 15—20 мая 2000. — Т. 1. — С. 296—298.

- [14] *Анохин П.К.* Проблемы центра и периферии в физиологии нервной деятельности. — Горький, 1935.
- [15] *Пупков К.А.* Интеллектуальные системы: проблемы теории и практики // Изв. Вузов. Сер. Приборостроение. — 1994. — № 9—10. — С. 3—5.
- [16] Японские перспективные НИОКР в области вычислительной техники и искусственного интеллекта // Сб. материалов / Сост. А.С. Нариньяни и И.Е. Швецов. — Москва-Новосибирск, 1993.
- [17] *Пупков К.А.* Динамические экспертные системы в управлении // Изв. Вузов. Сер. Приборостроение. — 1996. — № 8—9. — С. 39—50.
- [18] *Пупков К.А.* О некоторых новых задачах теории и техники интеллектуальных систем // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. — 2000. — № 1 (38). С. 3—11.
- [19] *Пупков К.А., Коньков В.Г.* Интеллектуальные системы. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
- [20] *Павлов И.П.* Полное собрание сочинений. — Т. 3. — С. 124—125.

ON SOME STAGES OF DEVELOPMENT OF THEORY AND TECHNIQUES OF INTELLIGENT SYSTEMS

К.А. Pupkov

Cybernetics and Mechatronics Department
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

The main principles of theory of control and cybernetics that led to formation and development of intelligent systems — are considered. Some new problems in the theory and the techniques of such systems are defined.