

# ОП

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

**ОП** Основы построения современных  
Инфокоммуникационных Систем

**ОП.11.** Когнитивные системы и телекоммуникационные  
сети  
(количество частей – 1, число страниц - 8)

# ОП.11

## Терминологические аспекты

В качестве необходимых условий жизни общества и отдельного индивидуума обычно называется триада "материя + энергия + информация". Рассуждения о смысле этой "формулы" можно найти в трудах ученых, живших в разное время. Пожалуй, в XX веке выдающийся вклад был сделан академиком В.И. Вернадским в концепции *ноосферы* [1].

В современных публикациях, касающихся упомянутой триады, акцентируется внимание на возрастающей роли информации в жизни общества и отдельного человека. И все чаще в книгах, статьях и докладах встречается прилагательное "*когнитивный*". Иногда приводятся несхожие определения при переводе с английского языка словосочетаний "cognitive system", "cognitive technology" и им подобных. В этом материале под "когнитивными системами" понимаются современные аппаратно-программные средства, использующие одноименные технологии.

Когнитивные технологии "имитируют" мыслительную деятельность человека. Они, как правило, основаны на моделях с нечеткой логикой (*fuzzy logic*) и на нейронных сетях (*neural networks*). Цели, преследуемые при создании когнитивных систем, могут быть представлены следующими примерами: получение новых знаний, принятие решений в сложных ситуациях и интеллектуальная обработка данных.

Отношения между когнитивными системами и телекоммуникационными сетями можно рассматривать с разных точек зрения. В данном материале внимание акцентируется на двух моментах. Во-первых, для функционирования когнитивной системы любого рода необходим обмен информацией, обеспечиваемый телекоммуникационными сетями. Во-вторых, в телекоммуникационных сетях могут использоваться когнитивные системы и технологии, позволяющие радикально улучшить показатели эффективности процессов обмена информацией. Оба отношения по-своему интересны и заслуживают тщательного анализа.

## Исторический экскурс

До проведения такого анализа и изложения ряда важных свойств когнитивных систем целесообразно рассмотреть характерные этапы эволюции общества, связав их с видом используемых информационных технологий. Иными словами, речь идет о феномене, который получил название *коэволюция*. Данный термин на английском языке известен как *coevolution*. Он был образован от латинского слова *evolutio* (развертывание) путем добавления приставки "*co*", которая – в данном случае – указывает на согласованность.

*Доречевой период* развития общества характеризуется тем, что взаимодействие осуществлялось в реальном масштабе времени посредством жестов (физических и артикулярных). Знания и опыт формировались сотни и тысячи лет. Они передавались индивидуально, преимущественно – на генетическом уровне.

*Появление речи* способствовало формированию и оперативному обмену знаний в обществе. Оперативные знания запоминались и передавались из уст в уста. В этот период оперативных (не генетических) знаний, накапливаемых в обществе, было достаточно для создания примитивных орудий труда и некоторых видов организационной деятельности.

*Появление письменности* обеспечило возможность накопления знаний, отражаемых на различных физических носителях. Этот период поделил общества на цивилизованные и варварские. В свою очередь, люди разделились на грамотных и неграмотных. Это время характеризуется появлением первых учебных заведений, науки и ученых, осознанно работающих в интересах накопления знаний и социального развития общества.

*Появление книгопечатания* и библиотек способствовало существенному ускорению роста грамотности общества, доступности знаний и стало катализатором для материализации знаний в виде технологий (в широком смысле этого понятия).

*Период электросвязи* характеризуется появлением и бурным развитием телеграфа, телефона, радио и телевидения, позволяющих быстро передавать и получать информацию на расстоянии, а также управлять сложными технологическими и социальными процессами в реальном масштабе времени на огромных территориях.

*Изобретение компьютеров* (как средств вычислительной техники) способствовало быстрой автоматизации промышленной и гуманитарной сфер деятельности общества, формированию электронных информационных ресурсов и информационных систем.

*Конвергенция информационных и телекоммуникационных систем* сформировала обширные возможности по предоставлению широкого спектра новых услуг (независимо от времени суток, местоположения, степени мобильности пользователей). Появились предпосылки для эффективного использования информационных ресурсов государством (для решения задач управления страной), а также его гражданами в своих личных интересах. Началось активное обсуждение путей практической реализации концепции "*информационного общества*".

### **Прогноз на ближайшее будущее**

Когнитивные системы способны повысить индекс качества жизни (*quality-of-life index*).

Поскольку в этом показателе, предложенном компанией Economist Intelligence Unit, на первом месте стоит здоровье, то в качестве примера приводятся соответствующие возможности, которые свойственны когнитивным системам. Они известны по названию "персональный доктор". Простейший вариант реализации идеи "персональный доктор" показан на рис. 1. Предполагается, что проблемы со здоровьем у человека связаны с работой сердца и уровнем сахара в крови.

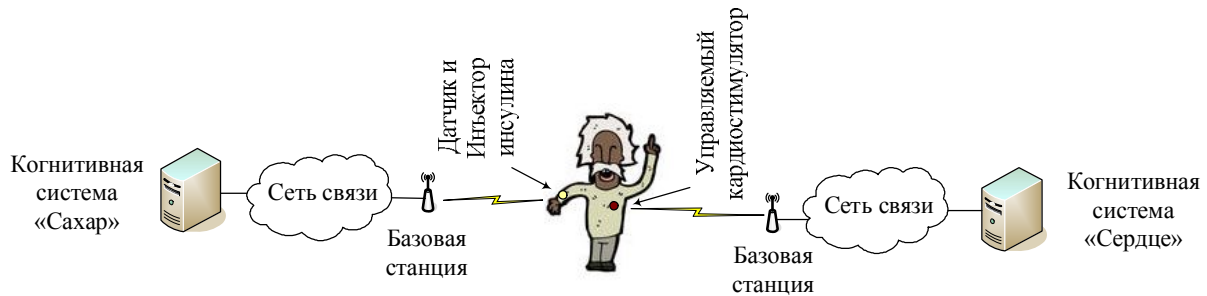


Рис. 1. Концепция "персональный доктор"

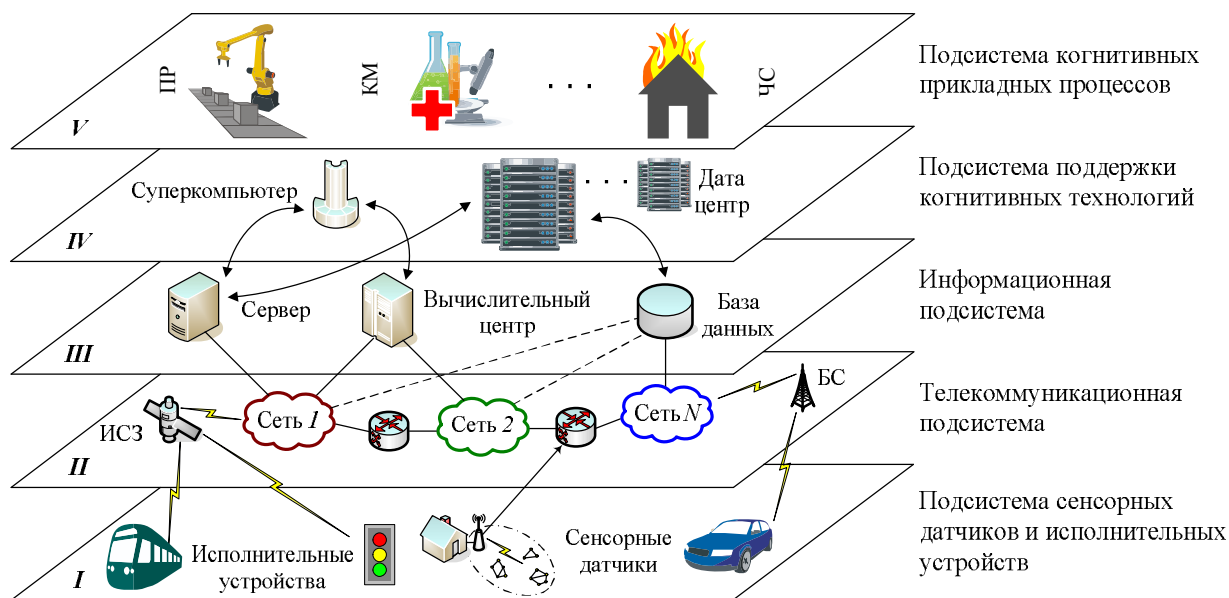
Для обеспечения нормальных условий жизни используются два вида устройств, расположенных на теле человека. Первое названо "Управляемый кардиостимулятор", а второе – "Датчик и инъектор инсулина". Не исключено, что данные названия могут не соответствовать терминам, принятым в медицине; концепция "персональный доктор" требует разработки новой системы понятий на стыке нескольких дисциплин.

Оба устройства при помощи беспроводных каналов связи подключаются через сеть связи к базам данных, которые условно названы когнитивными системами "Сердце" и "Сахар". Получая информацию, обе когнитивные системы с учетом персональных данных человека и других факторов выдают команды в кардиостимулятор и в инъектор инсулина для быстрого оптимального решения возникающих проблем.

Устройства, расположенные на теле человека, относятся к техническим системам, которые называются сенсорами (Sensor) и исполнителями (Actor). В нашем примере эти элементы рассматриваются как единое устройство. В общем случае для когнитивных систем выделяют сети сенсорных датчиков (Sensor Networks – SN) и сети исполнительных устройств (Actor Networks – AN). Беспроводные сети датчиков и исполнительных устройств (Wireless sensor and actor networks – WSANs) выполняют функции рецепторов и акцепторов для подсистемы искусственного интеллекта. В примере, приведенном на рис. 1, каждая пара "сенсорный датчик и исполнительное устройство" объединена в единое изделие. Местами размещения сенсорных датчиков и исполнительных устройств могут служить дома с различными элементами телемеханики и сигнализации, автомобили,

роботы, а также многие другие технические и нетехнические системы.

Модель когнитивной инфокоммуникационной системы можно представить в виде многослойной конструкции. Она приведена на рис. 2. Для анализа этой модели достаточно определить ключевые функции для пяти подсистем, которые пронумерованы римскими цифрами.



БС – базовая станция, ИСЗ - искусственный спутник земли, КМ – когнитивная медицина, ПР – промышленный робот, ЧС - чрезвычайная ситуация.

Рис. 2. Модель когнитивной инфокоммуникационной системы

На уровне I располагается подсистема сенсорных датчиков и исполнительных устройств. Их можно рассматривать как своего рода терминалы. В качестве примеров таких терминалов показаны вагон транспортного средства, светофор, набор датчиков, расположенных на территории дома, и автомобиль. Функции этих технических средств будут различаться весьма существенно, но можно выделить одно общее свойство: должны формироваться сообщения, преобразовываться в сигналы, передаваться на верхние уровни модели с целью получения информации для выполнения содержащихся в ней инструкций.

На уровне II находится телекоммуникационная подсистема. Ее задачи заключаются в сборе информации с уровня I. С этой целью могут использоваться разные технические средства. В качестве примеров показаны ИСЗ и БС сети мобильной связи. Для создания телекоммуникационной подсистемы используются ресурсы эксплуатируемых сетей связи различного назначения.

Уровень III образован информационной подсистемой. Характерными примерами

применяемых технических средств могут служить серверы, вычислительные центры и базы данных. Кроме того, в состав информационной подсистемы будут входить разного рода центры обработки вызовов, доступ к которым организуется через сети телефонной связи и Интернет.

На уровне IV выполняются вспомогательные функции для когнитивных систем. По этой причине он назван подсистемой поддержки когнитивных технологий. Типичными примерами используемых технических средств можно считать суперкомпьютер, а также дата центр (data center). Их основная задача – выполнение вычислительных операций по обработке информации с целью принятия решений.

Уровень V определяет подсистему когнитивных прикладных процессов. Строго говоря, когнитивные технологии реализуются именно на этом уровне. Реализуемые прикладные процессы представлены тремя актуальными приложениями: промышленный робот, когнитивная медицина, чрезвычайная ситуация.

Пятиуровневая модель представляется весьма удачной с точки зрения решения основных задач анализа и синтеза всех компонентов когнитивных систем. Предлагаемая модель, при необходимости, допускает деление какой-либо подсистемы на компоненты, если это целесообразно для решения специфической задачи. В ряде случаев подсистемы, напротив, могут объединяться, если их реализация осуществляется в виде совокупности общих аппаратно-программных средств. В частности, подуровни IV и V в некоторых приложениях целесообразно рассматривать как единое целое.

### **Обмен информацией в когнитивных системах**

Если когнитивные системы не предъявляют специфических требований к процессу обмена информацией, отличных, например, от специфицированных для сети следующего поколения, то новые задачи перед Операторами связи не возникают. Переход к сети следующего поколения обеспечит потребности когнитивных систем. По всей видимости, ситуацию такого рода следует рассматривать как исключение.

Объем информации  $V$ , которая должна быть передана и обработана, и время  $T$ , допустимое для передачи и обработки информации, целесообразно рассматривать как случайные величины. Очевидно, что соответствующие функции распределения  $F(V)$  и  $F(T)$  будут иметь большой размах, учитывая различие в характере когнитивных систем. В частности, можно утверждать, что объем информации может меняться от нескольких битов (система телеконтроля) до сотен мегабайтов (видеоизображения высокой четкости), а

величина  $T$  может измеряться как в микросекундах (технологические операции), так и в минутах (показатели счетчика по оплате электроэнергии).

По всей видимости, будут заметно различаться и требования к достоверности результатов выполнения прикладных процессов. Пожалуй, можно назвать два требования, которые будут идентичны для всех типов прикладных процессов:

- максимальная надежность и живучесть;
- эффективная подсистема технической эксплуатации.

Это значит, что потребуется пересмотр ключевых требований, предъявляемых к телекоммуникационным сетям. В первую очередь, речь идет о пропускной способности транспортных ресурсов, производительности узлов коммутации, допустимой вероятности ошибок, структуре сети, способах управления аппаратными и программными средствами. По всей видимости, следует подчеркнуть, что рост пропускной способности транспортных ресурсов и производительности узлов коммутации будет обусловлен резко возрастающим трафиком. Предварительные оценки свидетельствуют, что ожидаемый рост трафика следует оценивать не процентами и разами, а порядками.

### **Когнитивные технологии в телекоммуникационных сетях**

Без эффективной телекоммуникационной сети когнитивные технологии остаются красивой теоретической конструкцией. Правда, без когнитивных технологий дальнейшее развитие телекоммуникационной сети становится похожим на процесс стагнации. После концепции "сеть следующего поколения" качественно новая парадигма эволюции сетей связи не появилась.

Когнитивные технологии способны существенно изменить ряд процессов работы телекоммуникационных сетей [2, 3]. Можно назвать, по крайней мере, три эффективных направления использования когнитивных технологий:

1. Реализация так называемого "дружественного интерфейса" между пользователем и сетью. В настоящее время не всем потенциальным абонентам телекоммуникационных сетей доступны информационные ресурсы и дополнительные услуги. Чаще всего, такие проблемы испытывают люди преклонного возраста и с ограниченными возможностями. Соответствующие решения можно рассматривать как построение когнитивной системы "персональный помощник".

2. Организация эффективной системы технической эксплуатации, способной не

только решать возникающие проблемы, но и прогнозировать их возникновение. Оператор связи инвестирует значительные средства в систему технической эксплуатации. По этой причине все решения, направленные на повышение функциональных возможностей системы технической эксплуатации, будут использованы Оператором связи. В состав задач по эксплуатации телекоммуникационных сетей входят и процессы управления ресурсами при возникновении чрезвычайных ситуаций.

3. Поддержка качественно новых видов услуг, позволяющих решить важные задачи для каждого пользователя телекоммуникационной сети и общества в целом. С точки зрения индивидуальных интересов речь идет о потребностях, отнесенных к высшим уровням по классификации психолога Абрахама Маслоу [4]. Типичным примером услуг, в котором заинтересована значительная часть населения, служит концепция "work-at-home" – работа дома. Сокращение количества поездок позволяет решить (хотя бы частично) проблемы с пробками на автомобильных дорогах и снизить выброс углекислого газа в атмосферу.

Можно привести еще ряд примеров применения когнитивных технологий для развития телекоммуникационных сетей, но ограниченный объем не позволяет более развивать эту тему. Возможно, что этим аспектом использования когнитивных технологий заинтересуются слушатели, и кто-то из них поделится своими соображениями.

### Литература

1. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере. – Успехи современной биологии, 1944, №18, вып. 2.
2. Gopalakrishnan T.R., Nair, Abhijith N., Sooda K. Transformation of Networks through Cognitive Approaches. – JRI (Journal of Research & Industry), Vol. 1, Issue 1, December 2008.
3. Thomas R.W., Friend D.H., DaSilva L.A., MacKenzie A.B. Cognitive Networks: Adaptation and Learning to Achieve End-to-end Performance Objectives. – IEEE Communications Magazine, Vol. 44, №12, 2006.
4. Маслоу А.Г. Мотивация и личность. – Санкт-Петербург, "Евразия", 2001.

Авторы: Комашинский В.И., заместитель директора ЛО ЦНИИС, д.т.н.,  
Соколов Н.А., главный научный сотрудник ЛО ЦНИИС, д.т.н.