

УДК 004.896:621.865

Е.Г. БрындинИсследовательский центр «Естествоинформатика»,
г. Новосибирск**РОБОТ С ПОДРАЖАТЕЛЬНЫМ МЫШЛЕНИЕМ**

Коммуникативно-ассоциативная символически-языковая логика мышления позволяет создать символически-мыслящего робота, способного обучаться, реализовывать информационные потребности (задания), обучать в предметных областях, распознавать собеседников, общаться с помощью речи, читать и писать на различных языках. Робот на основе символической языковой коммуникативной логики с ассоциативными и коммуникативными символическими языковыми элементами знаний решает проблему автоматизированной имитации подражательного мышления. Основными практическими задачами имитации подражательного мышления являются, во-первых, составление сущностных ориентированных словарей развиваемых предметных областей знаний и типовых информационных потребностей. Во-вторых, составление типовых процедур реализации информационных потребностей. В-третьих, формирование сетей из коммуникативных и ассоциативных символических языковых элементов знаний предметных областей. В-четвертых, расширение естественного языка до функционального, в-пятых, создание систем речевого и текстового общения на естественном языке и распознавания собеседников.

Символически-мыслящие роботы привязывают свое поведение к символическому мышлению. Робот с символическим языковым мышлением обучается так же, как и человек с подражательным мышлением. Строит модель адаптивного поведения и реализует адаптивное поведение. Адаптивное поведение робот в разнообразных ситуациях реализует по принципу, определенному природой для человека: безусловный рефлекс для сохранности (моторный тропизм) и условный (адаптивный) рефлекс для деятельности.

Управление роботом с подражательным мышлением осуществляется на естественном языке через речевые, зрительные, письменные, графические нейронные системы по информационным потребностям человека. Перспективной структурой реализации информационной потребности является архитектура параллельных вычислений CUDA с GPU-ускорением в использовании GPU-системы для обучения глубоких нейронных сетей.

Ключевые слова: робот с подражательным мышлением, коммуникативно-ассоциативное символически-языковое мышление, реализация информационной потребности.

E.G. Bryndin

Research center "Estestvoinformatika", Novosibirsk

THE ROBOT WITH IMITATIVE THINKING

The communicative associative symbolical language logic of thinking allows to create the symbolical conceiving robot capable to be trained, realize information requirements (tasks), to train in subject domains, to distinguish interlocutors, to communicate with the help of the speech, to read and write in various languages. The robot on the basis of symbolical language communicative logic solves a problem of the automated imitation of imitative thinking with associative and communicative symbolical language elements of knowledge. The main practical objectives of imitation of imitative thinking are, first,

drawing up the intrinsic focused dictionaries of the developed subject domains of knowledge and standard information requirements. Secondly, drawing up standard procedures of realization of information requirements. Thirdly, formation of networks from communicative and associative symbolical language elements of knowledge of subject domains. Fourthly, expansion of a natural language to functional, fifthly, creation of systems of speech and text communication in a natural language and recognitions of interlocutors.

The symbolical conceiving robots tie the behavior to symbolical thinking. The robot with symbolical language thinking is trained also as well as the person with imitative thinking. Builds model of adaptive behavior and realizes adaptive behavior. The adaptive behavior realizes the robot in various situations by the principle determined by the Nature for the person: an unconditioned reflex for safety (motor tropism) and a conditioned (adaptive) reflex for activity.

Control of the robot with imitative thinking is exercised in a natural language through speech, visual, written, graphic neural systems on information needs of the person. Perspective structure of realization of information requirement is the architecture of parallel calculations of CUDA with GPU acceleration in use of GPU of system for training of deep neural networks.

Key words: the robot with imitative thinking, communicative and associative symbolical and language thinking, realization of information requirement.

1. Функциональная структура робота. Робот с символическим языковым мышлением имеет систему распознавания собеседника, систему речевого ввода информационных потребностей, систему реализации информационных потребностей (систему имитации подражательного мышления), нейросетевую систему синтеза речи по тексту реализации информационной потребности (рис. 1) [1–2].

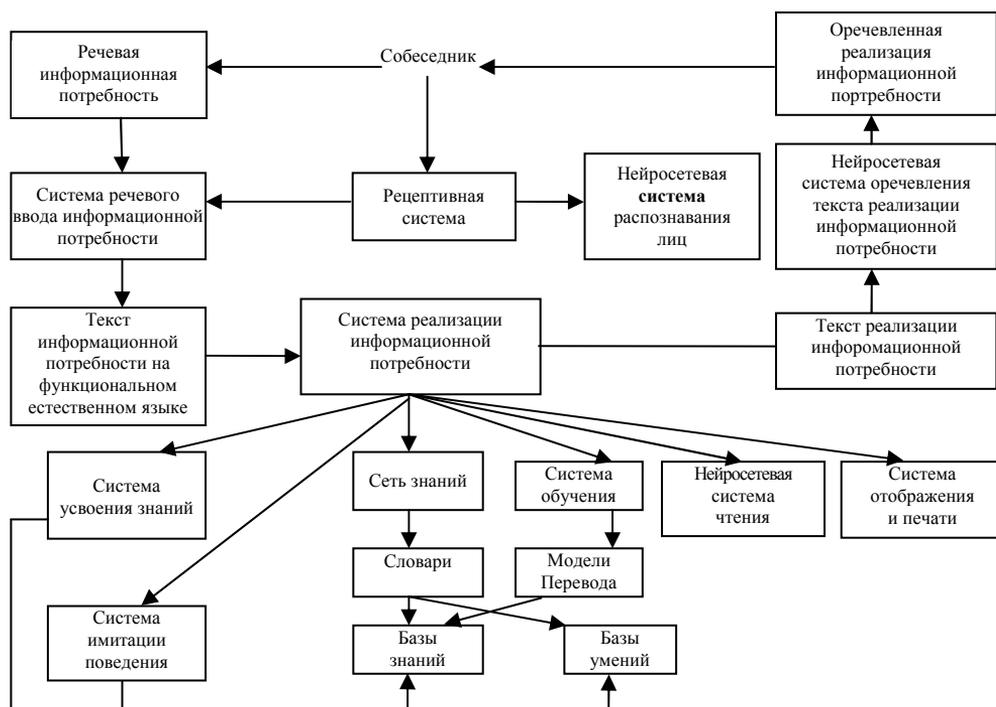


Рис. 1. Системы робота

Система реализации информационной потребности, в свою очередь, содержит системы усвоения знаний, символически-языкового общения, обучения, базы знаний, базы умений, нейросетевую систему чтения, печатающую систему и систему графического отображения [3–11]. Система обучения содержит подсистемы автоматического перевода. Система распознавания собеседников является нейросетевой системой.

Нейросетевая система – это система широко взаимодействующих элементарных перцептронов. В любой момент времени каждый перцептрон имеет определенный уровень активности, который определяется уровнями активности других перцептронов, которые передают сигналы данному перцептрону (см. рис. 1). Перцептрон имеет n входов с ассоциативными весами (коэффициентами усиления входных сигналов) w_p , ($p = 1, \dots, n$) и один выход $f(x_1, \dots, x_p, \dots, x_n)$, где $f(x_1, \dots, x_p, \dots, x_n) = \mathbf{1}$, если $\sum_{p=1}^n w_p x_p \geq Q$, иначе $f(x_1, \dots, x_p, \dots, x) = \mathbf{0}$, где x_p – входной сигнал (0 или 1) на входе p , Q – величина порога срабатывания перцептрона.

Обучение нейросетевой системы задается правилами. Правила обучения задают исходное множество ассоциативных весов и определяют, в каком порядке должны быть модифицированы веса, чтобы улучшить взаимодействие перцептронов.

Для распознавания лиц с помощью многоуровневой нейросетевой системой задается критерий обучения следующей нормой:

$$E(w) = \sum_{i=1}^n (F(x_i) - F_w(x_i))^2,$$

где x_1, \dots, x_n – входы обучающегося множества перцептронов, $F(x_1), \dots, F(x_n)$ – известные желаемые выходы, а $F_w(x_1), \dots, F_w(x_n)$ – выходы, полученные уровнями сетями F_w , с заданными параметрами весов и порогов.

Многоуровневая нейросетевая система распознавания лиц решает следующие задачи: распознавание различных выражений лица, различных масштабов, присутствия деталей (уши, глаза, и т.д.), различных перспектив и ориентаций, шумовых образов.

Информационной единицей общения между роботом и собеседником является информационная потребность. Собеседник использует информационные потребности, которые содержатся в базе знаний робота. Он общается с роботом с помощью комбинаций информационных потребностей, обогащая ими робота. Робот получает новые базовые информационные потребности, элементы знаний и реализации во время своего обучения.

Знакомство робота с человеком осуществляется через нейросетевую систему распознавания лиц. Если человек неизвестен роботу, то рецептивная система запоминает его речевой словарь и лицо. Если он известен роботу, то эта система настроит систему речевого ввода информационной потребности на речевой словарь собеседника. После этого начинается информационный контакт между роботом и человеком. Система речевого ввода преобразует речевую информационную потребность в текст на функциональном естественном языке.

Система речевого ввода включает систему распознавания речи. Система распознавания речи преобразует речевую информационную потребность обучающегося в коды и записывает в память. Слова информационной потребности человек произносит по слогам. Произнесение по слогам слова позволяет осуществить послоговое распознавание слов. Послоговое распознавание слов не требует вычислительной мощности и словарного запаса. Процесс распознавания речевой информационной потребности представляет последовательность процедур классификации элементарных слуховых образов. Слуховыми образами являются слоги устной речи. В каждом нормально произносимом слоге стандарт, обеспечивающий понимание слога, произносимого разными людьми. Стандарт выделяется путем речеслухового нормирования речевых слогов. В качестве стандарта выбираются признаки слогов и отношения основных сигналов формантных структур букв слогов путем факторного анализа независимых сигналов речевого слога. Система распознавания речи включает набор программ для замены речевых слогов после их аппаратного распознавания на коды русских букв, из которых состоит слог, для объединения кодов слогов в слова и занесения их в память и для высвечивания слов на экране дисплея. Помимо программ система распознавания речи включает: слуховые образы слогов слов русского языка, коды слогов, знаков препинания, пробелов и красных строк, пульт управления знаками препинания, пробелом и красной строкой.

Система реализации информационной потребности настраивается либо на усвоение знаний, либо на реализацию, либо на обучение собеседника или перевод, либо на чтение текста, либо на печать или графическое отображение. Система реализации информационной потребности использует словари сущностей предметной области базы знаний, типовые процедуры реализации из базы умений, а также сеть поэлементной реализации информационных потребностей.

Робот реализует информационную потребность, если база знаний содержит необходимый набор элементов знаний, синтаксическую структуру реализации информационной потребности, база умений содержит необходимый набор элементов реализации.

Нейросетевая система синтеза речи по тексту реализации информационной потребности сообщит собеседнику результат реализации. Эта система также сообщит собеседнику об окончании процесса усвоения знаний, прочтения текста, печатания или выполнения графического отображения.

Символически мыслящий робот имеет виртуальную память с упреждающим замещением информации на оперативной памяти, обеспечивающим ее непрерывную обработку. Виртуальная память имеет процессор анализа связей модулей, счетчики использования сегментов оперативной памяти с модулями обрабатываемой информации, процессор перемещения модулей с оперативной памяти на внешнюю и наоборот, процессор перемещения данных между модулями, находящимися на оперативной памяти, коммутатор каналов с многоканальным упреждающим параллельным обменом между устройствами оперативной памяти и внешней.

1.1. Нейросетевые модели ассоциативного процессора и памяти

Нейросетевая модель ассоциативного процессора. В режиме записи такая модель запоминает таблицу соответствий для пар (X_i, Y_i) , $i = 1 \dots L$, где L – длина таблицы; X_i принадлежит X_n , Y_i принадлежит Y_n , X_n и Y_n – пространства векторов размерности n . В режиме воспроизведения она должна в ответ на предъявление на вход сигнала X_i из записанной таблицы выдать парный к нему сигнал Y_i , а в ответ на предъявление сигнала X , отсутствующего в таблице, выдать некоторый стандартный сигнал Y_0 . Сигналы X_i, Y_i , входящие в таблицы, – свои, а не входящие, – чужие. Чужим точкам ставится в соответствие точка Y_0 . Точка Y_i ставится в соответствие некоторой окрестности точки X_i . Возбуждение каждого выходного эталонного вектора Y_i является реакцией модели на специфический входной вектор Z_i – стимул. При кодировании на вход подается L пар векторов (X_i, Z_i) . В результате модификации пластических элементов формируется связь между эталоном X_i и парами (Z_i, Y_i) .

Нейросетевая модель ассоциативной памяти. В режиме записи такая модель запоминает набор H эталонных векторов X_i , принадлежащих X_n , $i = 1 \dots L$. В режиме воспроизведения при подаче на вход вектора X , принадлежащего X_n , она должна воспроизвести вектор X_j , принадлежащий X_n . Если вектор X принадлежит некоторой окрестности Q_i вектора X_i , то вектор X_j принадлежит окрестности Q_i вектора X_i .

Ассоциативная память воспроизводит последовательность символов по любому ее фрагменту. В режиме записи каждому ее фрагменту длины K ставится в соответствие следующий и предыдущий символы последовательности. При подаче на вход фрагмента на выходе воспроизводятся предшествующий и последующий символы. Эти символы добавляются к предыдущему входному фрагменту, и цикл работы повторяется до тех пор, пока не восстановится последовательность.

По процедуре обучения на вход нейросетевой модели ассоциативной памяти последовательно подаются L эталонных независимых векторов X_i . В результате предъявления каждого эталонного вектора i образуется памятный след. Конечное состояние модификации пластических элементов соответствует записи L эталонов. Кодирование памяти детерминированно. Конечное состояние модификации не зависит от порядка предъявления эталонных векторов.

1.2. Структура взаимодействия символически-мыслящего робота с внешней средой

Компонента робота, реализующая адаптивное поведение во внешней среде, включает сенсорную, управляющую, исполнительную и моторную системы, систему диагностики и интеллектуальную информационную систему.

Сенсорная система предназначена для восприятия и преобразования информации о состоянии внешней среды. Она включает телевизионные и оптико-лазерные устройства, ультразвуковые дальномеры, тактильные и контактные датчики, датчики положения, нейросетевые устройства распознавания образов внешней среды и т.п.

Управляющая система запускает процедуры организации языкового общения робота с человеком, процедуры реализации поведения робота исполнительной моторной системой в окружающей среде.

Система диагностики осуществляет контроль за исполнением простых движений частями моторной системы робота на каждом шаге реализации поведения и передачу необходимой информации управляющей системе о состоянии моторной системы для соотнесения ее с информацией от сенсорной системы в режиме реального времени, а также сообщает об окончании простых движений.

Интеллектуальная информационная система реализует языковое символическое мышление и определяет процедуры поведения для моторной системы, модель внешней среды и модель поведения.

Система языкового общения осуществляет диалог человека с роботом, работа с человеком с помощью речи и текстов (рис. 2).

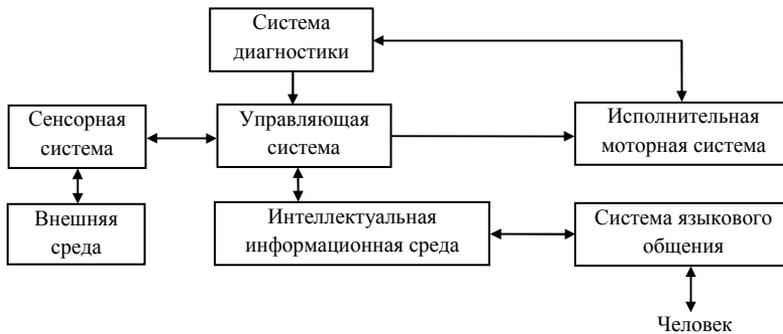


Рис. 2. Системы взаимодействия робота с человеком и средой

Система языкового общения распознает речь и тексты, синтезирует речь, имеет нейросетевые устройства распознавания лица человека, графические устройства, дисплей, табло, индикаторы, устройства вывода текстов.

Исполнительная моторная система реализует процедуры поведения робота во внешней среде, запускает моторную систему на реализацию разнообразных движений. Моторная система имеет механические руки (манипуляторы), механические ноги (педипуляторы). Манипулятор может брать, поворачивать, переносить, собирать, огибать препятствия и т.д. Шагающий робот может передвигаться по незнакомой местности со сложным рельефом, преодолевая препятствия.

Процедура реализации поведения строится по типу «ситуация–действие». В режиме реализации поведения управляющая система постоянно обрабатывает информацию о ситуации от сенсорной системы и от системы диагностики и запускает исполнительную систему.

Система языкового общения с человеком и сенсорная система через интеллектуальную информационную систему соотносят представителей реалити с единицами знаний робота. Робот по информационной потребности человека и сенсорной информации определяет модель внешней среды. Он по модели внешней среды и информационной потребности человека определяет модель поведения. Затем по моделям внешней среды и поведения он определяет последовательность поведенческих актов моторной системы во внешней среде по типу «ситуация–действие», реализуемых с точки зрения своих функциональных и сенсорных возможностей.

1.3. Функциональные аспекты символически-мыслящего робота

Пусть определены **СМР**, **ВС** и **ИПЧ**, где **СМР** – символически-мыслящий робот, **ВС** – внешняя среда, **ИПЧ** – информационная потребность человека.

Символически-мыслящий робот **СМР** имеет информационное рецептивное поле (**ИПР**), базу знаний (**БЗ**), базу умений (**БУ**), модель внешней среды (**МВС**), модели развития знаний (**МРЗ**), модель поведения (**МП**). Информационное рецептивное поле **ИПР** распознает тип информационной потребности: **ИПЧ** поведения или мышления (побудительная или вопросительная).

База знаний **БЗ** содержит предметные области знаний (**ПОЗ**) и сущностно-ориентированные понятийные словари (**СПС**). Знания в **БЗ** имеют сетевое представление с ассоциативными и коммуникативными связями. База умений содержит процедуры реализации информационных потребностей, модель поведения (**МП**), процедуры реализации поведения. Целью функционирования **СМР** является реализация **ИПЧ**. Реализацией **ИПЧ** могут быть либо знания в различных формах и на различных языках, либо поведение **СМР** во внешней среде. Внешняя среда может быть полностью определена и быть неопределенной.

Для определенной внешней среды у робота заданы модель внешней среды, модель поведения и процедуры реализации поведения. В определенной внешней среде робот по **ИПЧ**, модели внешней среды, модели поведения реализует информационную потребность человека процедурами реализации поведения. По **ИПЧ** робот формирует в предметной области сеть поэлементной реализации информационной потребности. Если сеть построена, то он выходит на процедуры реализации **ИПЧ**, запускает процедуры реализации **ИПЧ**. В процессе реализации **ИПЧ** робот через сенсорные устройства контролирует состояние внешней среды. Если состояние внешней среды по каким-то обстоятельствам не соответствует состоянию модели внешней среды, то робот выдает сообщение, что он не может реализовать **ИПЧ** в связи с изменением внешней среды и ждет следующей информационной потребности от человека. После реализации **ИПЧ** робот сообщает человеку об окончании и результаты своей деятельности.

В неопределенной внешней среде робот по сенсорной информации формирует модель внешней среды **ВС**, модель поведения и последовательно реализует **ИПЧ** процедурами реализации поведения: прокладывает

вадет безопасный маршрут движения робота по модели **ВС**, по модели поведения строит последовательно-параллельные движения манипуляторов, педипуляторов и остальных моторных механизмов робота.

Робот для работы с неопределенной внешней средой имеет много различных сенсорных устройств. Модель поведения такого робота формирует процедуру реализации **ИПЧ** из набора стандартных процедур. Поведение робота реализуется по маршруту движения и последовательности промежуточных конфигураций двигательных актов, ведущих к реализации **ИПЧ**. Последовательность конфигураций двигательных актов выстраивается в соответствии с маршрутом и **ИПЧ**.

Модель поведения строит движения моторных механизмов робота по закону изменения их обобщенных координат, гарантирующих реализацию **ИПЧ**. Движение определяется вектором обобщенных координат, определяющим текущее положение степеней подвижности его механической части. Рабочие части моторных механизмов совершают вращения по траектории, определенной вектором фазовых координат.

1.4. Модель внешней среды и поведения робота

Взаимодействие с внешней средой и ее восприятие робот осуществляет с помощью разных сенсорных систем. Реальные ситуации описываются в памяти робота с помощью набора показаний сенсорных датчиков. Сенсорная информация может быть фотографической, сканированной, дальнометрической от оптических и ультразвуковых систем технического зрения.

В терминах показаний сенсорных датчиков формируется первичное описание модели внешней среды. Анализ и обработка этой информации приводят к обобщенному описанию ситуации с помощью понятий.

По обобщенному описанию ситуации и **ИПЧ** выбираются модель поведения робота и набор стандартных процедур реализации **ИПЧ**.

В модели поведения отражены функциональные свойства робота, мобильные возможности робота во внешней среде. Благодаря этому робот может оказывать соответственно мобильным возможностям услуги по **ИПЧ**, модели **ВС** и модели поведения в незнакомой внешней среде.

Задача анализа сенсорной информации, распознавания и описания ситуации является актуальной для взаимодействия робота с неопределенной средой. Решается эта задача путем обучения робота распознавать предметы внешней среды через системы распознавания трехмерных объектов, описывать на естественном языке элементы трехмерных сцен

на основе сенсорной информации с помощью полного набора элементарных ситуативных признаков. Например: дальше, левее, ниже, разъединены, области разного цвета и т.п. Описание внешней среды задается на естественном языке с помощью полного набора элементарных ситуативных признаков.

Робот, анализируя ситуацию внешней среды по первичной модели внешней среды, сенсорной информации, описанию сцены внешней среды выбирает по **ИПЧ** модель поведения, процедуры реализации поведения, строит маршрут перемещения и последовательно формирует двигательные акты частей моторных механизмов робота для реализации потребности. Различают цикловые и позиционные системы координации двигательных актов. В цикловых системах траектории двигательных актов ограничиваются 2–4 точками позиционирования по каждой из степеней подвижности, а в позиционных системах число этих точек может составлять несколько десятков, что позволяет реализовывать сложные двигательные операции.

Цикловое и позиционное управление обеспечивает перемещение рабочего органа по ломаной траектории от точки к точке. Центральным является понятие относительной подвижной системы координат. Относительные подвижные системы координат связаны с каждой позиционной точкой части моторного механизма.

Для каждой позиционной точки на каждом шаге определяется последовательно, на какую величину и в каком направлении переместить ее из текущего положения в заданные. Для каждой части моторных механизмов, связанной с позиционной точкой, определяется, в каком направлении и на какой угол необходимо повернуть. Одновременные поворот и перенос части моторной системы относительно обобщенной системы координат вычисляются по формулам:

$$\tilde{x} = t_{11}(x - x_0) + t_{21}(y - y_0) + t_{31}(z - z_0),$$

$$\tilde{y} = t_{12}(x - x_0) + t_{22}(y - y_0) + t_{32}(z - z_0),$$

$$\tilde{z} = t_{13}(x - x_0) + t_{23}(y - y_0) + t_{33}(z - z_0),$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты позиционной точки в общей системе координат, t_{11}, t_{21}, t_{31} – направляющие косинусы оси $O\tilde{X}$, t_{12}, t_{22}, t_{32} – направляющие косинусы оси $O\tilde{Y}$, t_{13}, t_{23}, t_{33} – направляющие косинусы оси $O\tilde{Z}$.

Для пневматических частей моторных механизмов задается масштаб, указывающий, во сколько раз увеличить или уменьшить размер

части. Модель поведения и процедуры реализации поведения определяются областью профессиональной деятельности, в которой робот должен реализовать **ИПЧ**.

Направляющие косинусы части $\mathbf{P}_1\mathbf{P}_2$ моторной системы робота в собственной относительной системе координат вычисляются по формулам:

$$\cos a_x = \frac{(x_2 - x_1)}{D}, \cos a_y = \frac{(y_2 - y_1)}{D}, \cos a_z = \frac{(z_2 - z_1)}{D};$$

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2};$$

$$\cos a_x + \cos a_y + \cos a_z = 1,$$

где x_1, y_1, z_1 , – координаты позиционной точки \mathbf{P}_1 части $\mathbf{P}_1\mathbf{P}_2$.

Модель поведения содержит алгоритмы адаптивного комплексного управления движениями, маршрут перемещения робота и последовательность двигательных актов частей моторных механизмов робота.

Процедуры реализации поведения выполняют движения частей моторных механизмов робота в соответствии с маршрутом перемещения и последовательностью двигательных актов частей моторных механизмов робота. Маршрут движения робота строится в классах кусочно-полиномиальных функций.

Пусть местность представляет собой плоскость, препятствия задаются ломаными линиями и заданы координаты исходной точки **СМР** и целевой, куда **СМР** должен переместиться.

Необходимо построить оптимальный маршрут, ломаную линию из исходной точки в целевую, который не пересекает ломаных линий препятствий и имеет наименьшую длину.

Эта задача решается классическим методом динамического программирования последовательных приближений в функциональном пространстве с использованием рекуррентного соотношения функции f , определяющей длину маршрута из исходной точки в целевую. Стратегия нахождения минимального маршрута определяется последовательным приближением построенного произвольного маршрута до минимального.

После того как оптимальный безопасный маршрут построен, методами обобщенных, относительных и фазовых координат строятся двигательные акты моторных частей робота. Согласование двигательных актов последовательно-параллельно осуществляет координатор модели поведения по информации, которая находится в поле внимания памяти робота.

1.5. Имитационные возможности робота

Диалог собеседника с роботом начинается с распознавания роботом лица собеседника через нейросетевую систему распознавания лиц. Если лицо собеседника не известно роботу, то робот запоминает его лицо и речевой словарь. Если собеседник известен роботу, то после распознавания его лица система речевого ввода информационных потребностей настраивается на речевой словарь собеседника. После этого система речевого ввода готова к восприятию его речевых информационных потребностей. Письменную информационную потребность читает нейросетевая система чтения текстов. Система ввода речевой и письменной информационных потребностей преобразует информационную потребность на функциональном естественном языке в кодированный байтовый текст и передает его системе анализа информационных потребностей.

Система языкового общения настраивает систему реализации информационных потребностей либо на усвоение знаний, либо на обучение собеседника, либо на перевод текста с одного языка на другой, либо на чтение текста, либо на предметную типовую процедуру реализации, либо на предметную типовую сеть поэлементной реализации. Базы знаний и умений пополняются системой обучения.

Символически-мыслящий робот не может вычувствовать и вымысливать новые информационные потребности, новые понятия, неологизмы. У него нет языкового чувства. Он обладает подражательным символическим языковым мышлением. Для любых информационных потребностей, находящихся реализацию в имеющейся системе знаний, нельзя найти различия в реализации мышлении символически-мыслящего робота и человека. Если знаний у робота не хватает, то человек обучает робота. Роботы с полной системой знаний способны на равное по возможностям символическое языковое мышление с человеком. Такой робот превосходит в профессиональном мышлении человека, не имеющего полных знаний.

Поведение робота привязано к языковому символическому мышлению. Возможности поведения робота зависят от инженерных и технологических достижений в области локомоции и сенсорики.

На уровне имитации мышления поведение представляется последовательностью информационных действий и условий как предметной области знаний. Символическое мышление робота формирует поведение в конкретных ситуативных условиях. Адаптивное поведение поведения осуществляется в нормативных ситуациях. Поведение робота реализуется на основе ориентации действий движений моторной системы робота по поведенческой информационной потребности.

Ситуация для робота нормативная, если он обладает языковой интериоризацией, т.е. робот может рассказывать об окружении.

Поведенческая информационная потребность является типовой для робота в нормативной ситуации, если существуют типовые процедуры символического мышления для формирования действий поведения в этой ситуации. Поведение робота через языковую интериоризацию поведенческой информационной потребности осуществляется типовыми процедурами языкового символического мышления.

Описание ситуации в предметной области и поведенческая информационная потребность являются исходными данными для организации его поведения. Каждый сенсор реагирует только на доступные ему состояния ситуации. Если рецепция подтверждает шаги типовой реализации в ситуации, то реализация поведения продолжается, если нет – то проводится корректировка в реализации поведения.

База знаний (рецептируемая поведенческая среда робота) содержит описания рецептируемых роботом ситуаций. Описываются ситуации, в которых робот может формировать поведение и осуществлять рецепции. База умений содержит дешифраторы поведения и процедуры анализа рецепций, процедуры реализации процесса мышления.

Поведение робота формируется в конкретной ситуации по поведенческой информационной потребности человека, которую робот должен реализовать. Для типовой информационной потребности в типовой ситуации при формировании поведения используется типовая поведенческая процедура. Робот выполняет поведенческие действия поактово дешифрацией рецепций ситуации. Поактовое поведение робота реализуется по следующей схеме:

рецепция.-> дешифрация.-> поведенческое действие.

Поведенческие действия реализуются локомоторными операциями робота на техническом уровне.

Рецепции робота переводятся на понятийный уровень, когда нужно на очередном акте запустить процедуру реализации процесса символического мышления. Результат реализации символического мышления анализируется для выбора дешифратора поведенческих действий. В момент окончания поведенческого действия вырабатывается сигнал для перехода к рецепции следующего момента ситуации и дешифрации поведенческого действия. Последующие рецепции моментов ситуации

совмещаются с текущими поведенческими действиями робота. Зрительная интериоризация робота осуществляется на основе зрительных образов памяти. Зрительная поактовая рецепция материальных объектов ситуации осуществляется мультинейросетевыми системами распознавания образов. Для повышения чувствительности зрительной рецепции объектов ситуации используют приборы ночного видения.

Робот может осуществлять осязательную и обонятельную рецепции. На основе осязания и химической рецепции робот может предупредить об опасной ситуации. Обонятельная рецепция может использоваться на производстве, в быту, в природной обстановке. В процессе реализации поведенческой потребности роботом может осуществляться речевая коррекция потребности и ситуации. В случае отсутствия элементов в базе знаний или в базе умений для реализации поведения робот сообщает об этом человеку.

1.6. Символическое языковое речевое и письменное общение человека с роботом

Одной из важнейших проблем символического языкового общения является проблема понимания речевой и письменной информационной потребности. Проблема состоит в том, что текст и речь вызывают у человека смысловые языковые состояния, которые являются имманентной, неотделимой, ненаблюдаемой другими принадлежностью памяти и формально не определяются. Речевой форме соответствует письменная форма, поэтому достаточно добиться правильного понимания текста информационной потребности. Понимание реализуется через распознавание и выражение понятого естественными средствами и способами. Проблему автоматизации понимания текста можно решить с помощью символического анализа текста, который имитирует способность человека выделять из текста символические языковые элементы, соответствующие актам мышления и сохраняющие соответствие символических языковых элементов и смысловых состояний. Соответствие символических языковых элементов акта мышления и смыслового состояния определяется обозначением смысловых ударений в словах (например, мук'а, м'ука) и смыслового ударного слова (например, **Мы** едем в Японию, Мы едем в Японию, Мы едем **в Японию**).

В процессе анализа каждого слова предложения устанавливается его грамматический вид. Морфологический анализ устанавливает парадигматические отношения словоформ предложения. Синтаксиче-

ский актовый анализ информационной потребности строит дерево синтаксического подчинения слов. Полученный текст приводится к каноническому виду. Семантический актовый анализ информационной потребности определяет ее вид (вопросная, побудительная, понятийная или поведенческая реализация), тип (к какому классу типовых информационных потребностей она относится), тем самым определяется процесс реализации и предметная среда, где она реализуется. Для семантического анализа используется разметка предметных информационных потребностей. По разметке предметной информационной потребности находится либо результат реализации потребности, либо типовая процедура реализации, либо строится сеть поэлементной реализации. Анализ ведется на основе знаний о грамматике естественного функционального языка: лексике, морфологии, синтаксисе, семантике, функциональной синтактике элементов знаний.

Речевые слуховые, письменные и умозрительные возможности робота определяют символическое языковое общение с человеком. Единицей общения является информационная потребность. Возможности символического языкового общения и подражательного мышления позволяют роботам переводить тексты, обучаться (накапливать знания), отвечать на вопросы, читать и писать тексты, реализовать информационные потребности существующими у робота типовыми процедурами реализации.

Слуховые возможности робота зависят от возможностей речевого ввода воспринимать и понимать речевую информационную потребность и преобразовывать ее в символический кодированный текст, по которому робот осуществляет реализацию информационной потребности. Письменные возможности робота определяются его способностью представлять кодированный текст результата реализации потребности символическим языковым текстом.

Умозрительные возможности робота определяются восприятием естественного текста информационной потребности и преобразованием его в кодированный текст, по которому робот осуществляет реализацию информационной потребности.

Речевые возможности робота зависят от возможностей синтеза речи из кодированного текста реализации информационной потребности. Имитация речи осуществляется системой синтеза речи. Задача синтеза речи по тексту реализации информационной потребности роботом

в настоящее время наиболее проработана в научном плане и доведена до широкого промышленного использования. В основе работы систем синтеза речи лежит синтез речевых сигналов словаря. Существуют аналоговые и цифровые системы речевого ответа. Аналоговые системы формируют речевой ответ из аналоговых элементов словаря, а цифровые системы из элементов в цифровой форме. Очень сложно организовать большой словарь с аналоговыми элементами и обеспечивать оперативный доступ к элементам. Перспективными пока являются цифровые системы речевого ответа. Преобразование сигналов в аналоговую форму в этих системах осуществляется на выходе. Существуют два основных класса цифровых систем речевого ответа: системы с кодированием формы речевых сигналов и системы с кодированием спектральной функции речи. Кодирование формы речевых сигналов заключается в дискретизации сигналов и их квантовании. На выходе кодера вырабатывается цифровой код, отображающий результат квантования, который сменяется с частотой дискретизации. Наиболее известным примером такого преобразования речевых сигналов в цифровую форму является импульсно-кодовая модуляция. Кодирование спектральной функции речи в цифровую форму обеспечивают методы параметрического сжатия.

Составление и редактирование словаря являются одной из основных проблем при создании систем речевого ответа. Сюда входят: высококачественная запись словаря обученного собеседника квалифицированным экспертом, качественное преобразование его в цифровую форму, эффективный поиск элементов данного словаря в памяти, качественная обработка интонационных атрибутов отдельных элементов словаря для их последующего использования как последовательности элементов в выражениях и фразах, выравнивание громкости словаря. Простейший принцип синтеза речи по тексту реализации информационной потребности состоит в отработке его фраз по интонации, длительности и громкости, чтобы речевой ответ был воспринят собеседником. Неограниченные словари в цифровых системах используются в качестве элементов слова, слоги, фонемы, аллофоны (эквиваленты фонем, произносимые в живой речи).

Процесс речевого ответа начинается с разбивки текста на элементы, например, по функциональной синтактике на функциональные фонемы. Далее функциональные фонемы синтезируются в речь нейросетевой системой соответствующими аллофонами. Речевые языковые элементы мо-

гут быть относительно хорошо синтезированы с помощью 128 аллофонов. Синтез речевых языковых элементов на основе аллофонов возможен со скоростью 70 бит в секунду. В практически действующих системах речевого ответа, в которых речевые языковые элементы синтезируются из аллофонов, получено высокое качество синтезируемых сигналов по натуральности звучания и по разборчивости. Система чтения текстов содержит систему распознавания текста на функциональном естественном языке и преобразования его в байтовый кодированный вид.

Имитация слуха осуществляется системами распознавания речевых языковых элементов. Задача распознавания речевых языковых элементов представляется исключительно трудной из-за сложности речевого сигнала, определяемого смысловыми составляющими (лексическими, ситуативными, семантическими, смысловыми ударными, ритмическими), которыми владеет человек. Первым ограничением, которое существенно упрощает процедуру распознавания, является требование соблюдения длительности паузы до и после каждого слова или высказывания. Минимальная пауза, которая вводится между изолированными словами, 100–200 мс. Более короткие паузы легко спутать с глухими согласными. Длительные паузы снижают скорость ввода речи. Достигается темп речи около 300 слов в минуту.

Серьезная трудность распознавания речевых языковых элементов связана с различием в произнесении изолированных слов разными людьми. Независимое от говорящего распознавание речевых языковых элементов решается введением речевых словарей различных пользователей. Настройку системы распознавания конкретного человека осуществляют по его речевому словарю.

В системах распознавания речевых языковых элементов проводят спектральный анализ речевых сигналов перед выделением смысловых элементов. Спектральный анализ реализуется анализатором спектра по методу полосному либо формантному, либо на основе линейного предсказания, либо быстрого преобразования Фурье, либо другими методами.

Спектральный анализ – первый этап обработки в процессе распознавания речевых языковых элементов. Вторым этапом распознавания речевых языковых элементов является выделение их смысловых признаков с помощью речевого словаря собеседника. Значения выделенных смысловых признаков сравнивают с эталонами речевого словаря по методам динамического программирования. Эталон, который в наибольшей степени оказывается близок к текущему речевому языковому элементу, принимается за распознанное слово.

Основные тенденции развития техники распознавания речевых языковых элементов связаны с технологией распознавания речевых словарей различных пользователей, а также с совершенствованием алгоритмов распознавания речевых языковых элементов.

Языковое общение человека с символически-мыслящим электронным роботом осуществляется на функциональном естественном языке в устной (речевой) или письменной (текстовой) форме.

1.7. Функциональный естественный язык

Описание информационной потребности на уровне пользователя осуществляется на функциональном естественном языке. Предложения и суждения информационной потребности на функциональном естественном языке строятся из элементов смыслового ориентированного словаря. В языке увязаны структурные, функциональные и смысловые атрибуты элементов знаний. В языке есть грамматические правила видообразования словоформ для порождения и расширения семейств и порождения сообществ, коммуникативные правила образования словосочетаний, предложений суждений. У каждого правила своя область определения. Например, у дедуктивного правила обобщения областью определения являются дедуктивные множества. Дедуктивные правила позволяют упорядочить слова языка по обобщенным множествам. Обобщенное множество представлено конвергентным признаком. Частные значения конвергентного признака являются его конкретизацией. В языке ударение в слове, в предложении, в суждении между предложениями фиксируется синтактикой. Ударные слова в предложении помечаются двумя штрихами. Например: ¹я¹ был в Китае. Я ¹был¹ в Китае. Я был в ¹Китае¹.

Семантические ударения на слогах помечаются штрихом. Различные связи предложений по содержанию имеют синтаксические обозначения.

Функциональный естественный язык позволяет задавать:

- алфавиты,
- сущностно-ориентированные словари,
- информационные семейства и сообщества,
- представительные словосочетания,
- синтаксические структуры и схемы предложений и ситуативно-признаковые схемы,
- ситуативные, синтаксические схемы и структуры суждений,
- информационные потребности в канонической форме,

- разметку информационных потребностей,
- типовые процедуры,
- сервисные операторы,
- ввод элементов знаний и информационных действий.

1.8. Информационная потребность

Информационная потребность может быть либо вопросной, либо побудительной, которая реализуется либо поведением в ситуативной предметной поведенческой среде, либо понятийной реализацией в предметной области знаний. Задается она либо предложением, либо суждением. Предложение является смысловой единицей текста, определяющей акт мышления. Смысловое ударение в словах-омонимах и смысловое ударное слово предложения фиксируются синтактикой языка. Ударение в словах-омонимах помечается двумя штрихами, смысловое ударное слово предложения – одним штрихом. Для типовой реализации в информационной потребности задаются значения конвергентных признаков информационных условий. Результат реализации задается либо письменный, либо устный, либо поведенческий.

1.9. База знаний

База знаний содержит предметные области знаний. Предметные области знаний содержат сущностно-ориентированные словари. Коммуникативные слова сущностно-ориентированных словарей порождают словосочетания, коммуникативные словосочетания порождают предложения, коммуникативные предложения порождают суждения. Повелительные и вопросительные предложения являются информационными потребностями. Они ассоциативно связаны в предметной области знаний со своими реализациями. Реализация может быть сама информационной потребностью.

Имитация символического языкового мышления осуществляется на основе символически-языковой коммуникативной логики над символическими языковыми элементами знаний предметных областей базы знаний. Предметные области знаний представляют сети коммуникативно и ассоциативно связанных символических языковых элементов с ситуативно-признаковой и языковой разметкой (информационных следов коммуникативно-ассоциативного символически-языкового мышления).

Определение 65. Сеть $G(Xt, Gt, Vt)$ является концептуальным представлением знаний, если $Xt = x_t^1 U x_t^2 U x_t^3$, где x_t^1 – множество

вершин суждений с ситуативной и языковой разметкой, x_t^2 – множество вершин предложений, имеющих языковую и ситуативно-признаковую разметку: {(лексическое значение, вид)}, (признак, ниша), x_t^3 – множество вершин словосочетаний с признаковой и языковой разметкой, Vt – множество коммуникативных связей элементов множества Xt , Γt – множество ассоциативных связей элементов множества Xt , t – дискретные моменты появления новых элементов знаний, признак – признак представителя реалии, указывающий на смысловое употребление слова в речи и письме, вид – грамматическая характеристика множества слов, морфологическое значение которых формируется по общим правилам грамматики, ниша – единое ситуативное использование множества слов различных видов в различных синтаксических структурах предложений (ниша может быть субъектно-объектной, процессуальной, обстоятельством, определительной, дополнительной).

Ассоциативные связи соединяют вершины, которые являются информационной потребностью и ее реализацией. Коммуникативные связи исходят из вершин коммуникативных элементов знаний в общую вершину. С базой знаний может взаимодействовать несколько пользователей. Для них введено администрирование, направленное на координацию и учет различных требований, разрешение конфликтов. Административная подсистема системы управления базы знаний обслуживает ее пользователей и учитывает как перспективные, так и текущие требования. Выступая в роли посредника между пользователями, он согласует обращения к элементам знаний предметной области, а также ввод новых элементов знаний. В базу знаний включены типовые информационные потребности пользователей и их типовые реализации.

Система управления базой знаний организует прямой доступ к элементам знаний в процессе реализации информационной потребности и в процессе развития базы знаний новыми реализациями.

Система управления базой знаний передает подсистеме языкового общения либо реализацию информационной потребности пользователя, либо сообщение об отсутствии знаний для ее реализации.

Предметные области знаний. Предметные области знаний представляют собой сети ассоциативно связанных информационных потребностей и их реализаций из коммуникативно-связанных символических языковых элементов. Реализация информационной потребности

может быть сама информационной потребностью. Тогда ассоциативная ей сеть коммуникативно связанных элементов будет ее реализацией. Комбинированные информационные потребности состоят либо из вложенных информационных потребностей предметной области знаний, либо из последовательности информационных потребностей, либо из последовательности вложенных информационных потребностей. Комбинированные информационные потребности состоят либо из простых, либо из простых и комбинированных, либо из комбинированных потребностей. Информационные потребности предметной области знаний образуют комбинационно-расширяемую сеть.

Минимальным символическим языковым элементом предметной области является слово. Слова называют самые различные признаки многообразных представителей реалии или абстракции. Множество лексических значений слова определяет его смысловое множество. Смысловое множество слова определяется представительными словосочетаниями для каждого лексического значения. Совокупность обозначений признаков словом в ситуативных моментах и ситуациях является лексемой. Сколько обособленных словосочетаний данного слова, столько и его лексических значений. Лексические значения данного слова закрепляются в сущностно-ориентированном словаре его отношениями со словами представительных словосочетаний. Предложения выражают содержание ситуативных моментов сочетаемых признаков, а суждения – содержание ситуаций из связанных ситуативных моментов.

Суждения в каждой предметной области типизируются. Каждый тип суждений обладает свойствами. Свойства суждений помогают развивать знания через типовые информационные потребности типовыми процедурами по данным и по качественным свойствам признаков. Знания предметных областей развиваются также реализациями комбинированных информационных потребностей человека, введением новых информационных потребностей и их реализаций, ассоциативным использованием реализаций информационных потребностей в качестве информационных потребностей.

База умений. База умений содержит типовые процедуры реализации типовых информационных действий, процедуры реализации комбинированных информационных действий, процедуры реализации типовых информационных потребностей, процедуры морфологического, синтаксического и семантического анализа, слияния и расщепления.

1.10. Система языкового общения

Система языкового общения распознает и анализирует текст информационной потребности. Распознавание текста информационной потребности начинается с выделения символических языковых элементов. Система языкового общения путем синтаксического и морфологического анализа символических языковых элементов текста информационной потребности устанавливает грамматические виды и признаки для каждого слова по сущностно-ориентированному словарю. Затем строит дерево синтаксического подчинения слов, определяет коммуникации слов, словосочетаний и предложений. Для анализа используются сети словосочетаний, предложений, суждений, информационные семейства и сообщества.

Морфологический анализ проводится по языковой морфологической разметке и схемной ситуативно-признаковой. В процессе морфологического анализа определяются морфологические значения элементов знаний, информационные ниши предложения и ситуативно-признаковые схемы морфологических значений.

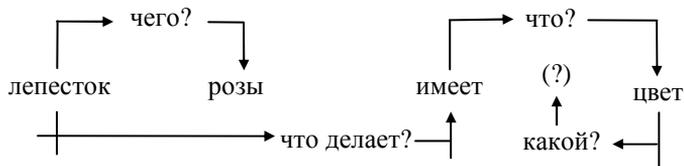
Синтаксический анализ проводится по языковой синтаксической разметке информационной потребности и ее структурной ситуативно-признаковой разметке. В процессе синтаксического анализа определяются грамматические значения элементов знаний, выделяются слова в предложениях, словосочетания в предложениях, предложения в суждениях, элементарные суждения в составных суждениях, выявляются грамматические виды слов, видовые группы словосочетаний по грамматическим видам слов основ и дополнительных, грамматические виды лексических значений информационных ниш предложений и видовые связи предложений элементарных суждений.

По информации, полученной в результате синтаксического и морфологического анализа информационной потребности, система языкового общения осуществляет семантический анализ информационной потребности. Сначала распознается тип информационной потребности: побудительная потребность или вопросительная.

Затем в процессе семантического анализа определяется, есть ли реализация информационной потребности в базе знаний. Если нет ее реализации, то определяется, является ли информационная потребность типовой базовой. Если информационная потребность не является типовой базовой, то определяется, состоит ли она из типовых базовых

информационных потребностей. Если она не состоит из типовых базовых информационных потребностей, то в процессе семантического анализа определяется, существует ли необходимый и достаточный набор процедур реализации в базе умений и необходимый и достаточный набор в базе знаний для ее реализации.

В случае, если в результате анализа выясняется, что в базе знаний есть элементы знаний для реализации информационной потребности, то система реализации информационной потребности формирует реализацию из коммуникативных элементов знаний информационной потребности и коммуникативных элементов знаний из предметной области базы знаний. Например, пусть предложение «Какой цвет имеет лепесток розы?» есть информационная потребность. После того как информационная рецептивная система распознает, что информационная потребность вопросительная, она строит каноническую синтаксическую структуру предложения по информационной потребности:



Затем делает запрос в базу знаний: найти в сети предложений предложения, включающие построенную синтаксическую структуру предложения. Если в сети есть предложения с требуемой синтаксической структурой, то информационная рецептивная система делает запрос в базу знаний: выявить в найденных предложениях словосочетание с синтаксической структурой, содержащее вопрос «какой?» от слова цвет. Если такое предложение есть, то оно выдается в качестве реализации информационной потребности.

Реализация информационной потребности заносится вместе с информационной потребностью в базу знаний. По требованию пользователя ему выдается реализация информационной потребности через систему языкового общения.

Если в базе знаний нет реализации входной информационной потребности, но есть необходимый и достаточный набор процедур реализации в базе умений и необходимый и достаточный набор в базе знаний для ее реализации, то управление передается системе реализации информационной потребности.

По разметке текста информационной потребности система реализации определяет указатели на необходимые наборы элементов знаний в базе знаний в заданной пользователем предметной области и на процедуры реализации в базе умений, а также определяет схему реализации соответственно типу и разметке потребности.

В разметке указываются атрибуты элементов знаний: схемные, признаковые, грамматические (синтаксические, морфологические), семантические и лексические.

Указатели на элементы знаний и реализации формируются через сущностно-ориентированный словарь, который содержит информационные связи с входами сети словосочетаний, предложений, суждений, а также с реализациями типовых базовых информационных потребностей. Система реализации информационной потребности содержит инструкции о необходимом и достаточном наборе информационных условий информационных действий и о необходимом и достаточном наборе элементов знаний по каждой типовой процедуре реализации, а также информационные связи с процедурами реализации, хранящиеся в базе умений.

Разметка определяет признаковое участие слов в словосочетаниях, ситуативно-признаковое участие словосочетаний в предложениях и ситуативное участие предложений в суждениях.

Набор элементов реализации, умений, схем и структур позволяет определить, можно ли построить сеть поэлементной реализации информационной потребности. Информационные потребности считаются реализуемыми, если определены синтаксическая структура реализации и элементы реализации.

После формирования сети поэлементной реализации информационной потребности формируется процедура реализации системой реализации и запускается на реализацию информационной потребности.

Реализация информационной потребности и информационная потребность заносятся в базу знаний, а полученная процедура реализации заносится в базу умений. По требованию пользователя реализация информационной потребности выдается пользователю через систему языкового общения.

1.11. Система реализации информационной потребности

Реализацией информационной потребности занимается система реализации (система имитации подражательного мышления). Система

реализации включает базу знаний и базу умений. Реализация информационной потребности берется либо из базы знаний, либо вырабатывается типовой процедурой реализации базы умений по текущей информационной потребности, либо формируется сеть поэлементной реализации по комбинированной информационной потребности.

Схема 1. Реализация размеченной И.П.

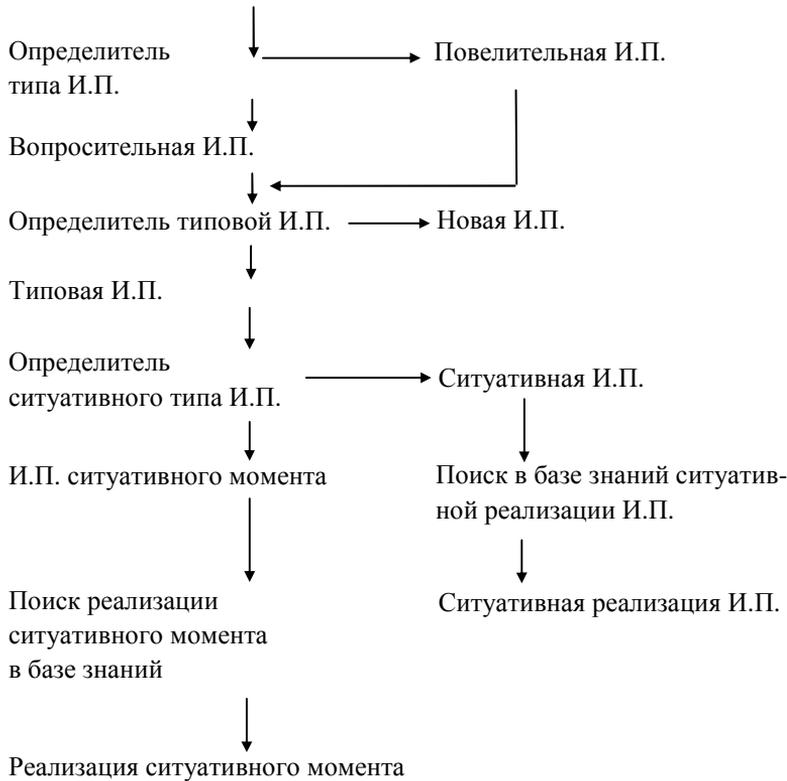


Схема 2. Реализация новой И.П.(информационной потребности).

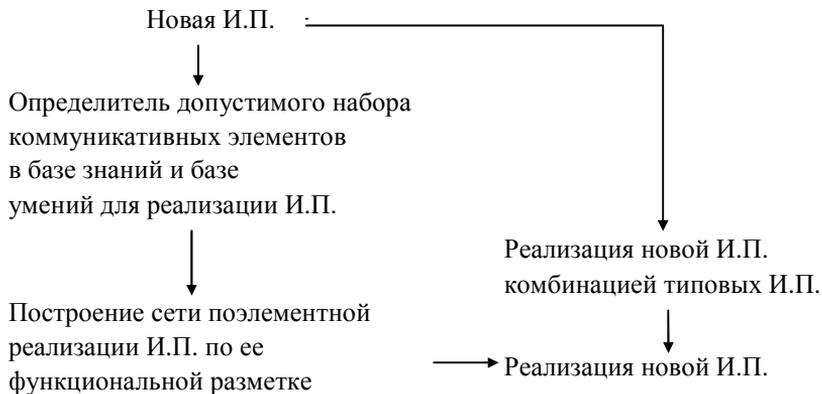
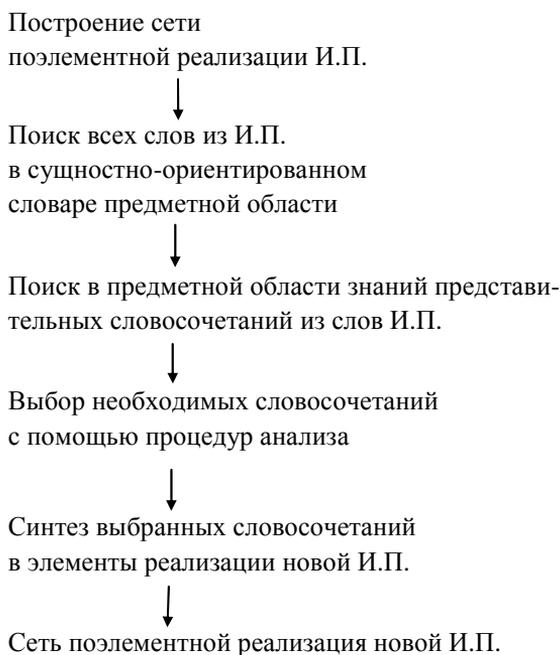


Схема 3. Построение сети поэлементной реализации.



1.12. Сеть поэлементной реализации информационной потребности

Сеть поэлементной реализации строится для новой информационной потребности как ассоциативно коммуникативный фрагмент сети предметной области знаний. Реализация информационной потребности ассоциативно связывается с информационной потребностью в сети предметной области знаний. Сеть строится из элементов знаний, информационных действий и типовых процедур реализации.

Реализацию информационной потребности по сети поэлементной реализации осуществляет система реализации. Система реализации информационной потребности использует из базы умений процедуры схемного, морфологического, синтаксического и семантического анализа, расщепления и слияния элементов знаний информационной потребности и предметной области базы знаний, а также процедуры конкретизации схем и структур с семантическим значением.

В процессе схемного, морфологического, синтаксического и семантического анализа, слияния и расщепления выявляются схемы и структуры, а также грамматические и семантические значения для их конкретизации. Выявленными значениями конкретизируются синтаксические структуры словосочетаний, предложений, суждений.

Сеть поэлементного развития знаний – это набор СПРЗ = (ЭЗ, ЭРЗ, С, P₀), где ЭЗ – элементы знаний, ЭРЗ – элементы реализации, С – связи элементов знаний и реализации, P₀ – начальная разметка сети.

Элементы реализации и знаний связаны в сети иерархически. Элемент реализации – это либо процедура анализа, либо процедура слияния, либо типовая процедура реализации потребности, либо процедура расщепления. Каждый элемент реализации связан с несколькими наборами входных элементов знаний. Для каждого набора элементов знаний элемент реализации порождает результирующий элемент знаний. В сети элементы реализации и элементы знаний имеют разметку. Элементы знаний имеют морфологическую, синтаксическую и семантическую разметку, а также схемную и структурную ситуативно-признаковую.

Входной вершиной сети является коммуникативное словосочетание первого уровня, которое порождает первый акт реализации потребности. Каждый элемент реализации соответствует смысловому акту человека. После исполнения каждого элемента реализации система реализации корректирует разметку сети.

После каждого акта осуществляется слияние либо слов в словосочетания, либо словосочетаний в предложения, либо предложений в суждения, либо суждений в суждения. Последовательность запусков процедур слияния предложений или суждений порождает суждение.

Предложения формируются по их синтаксической структуре из необходимого и достаточного набора словосочетаний процедурами морфологического, синтаксического и семантического их синтеза и слияния. Элементарные ассоциативные суждения формируются по их синтаксической структуре из коммуникативных предложений процедурами морфологического, синтаксического и семантического их анализа и слияния.

Ассоциативные суждения формируются по их синтаксической структуре из элементарных ассоциативных суждений процедурами морфологического, синтаксического и семантического их анализа и слияния из коммуникативных предложений.

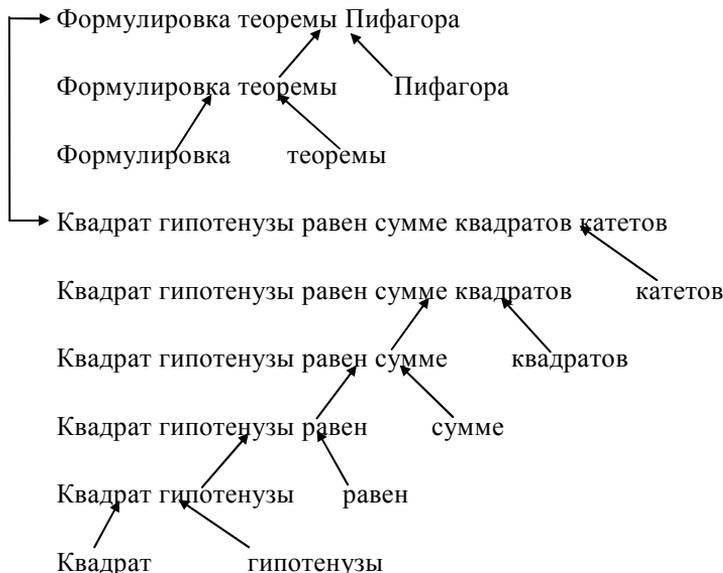
Обязательным условием реализуемости информационной потребности является полнота базы знаний и базы умений, т.е. существование необходимого и достаточного набора элементов знаний и умений для реализации. Рассмотрим два примера реализации информационных потребностей.

Пример 1. Пусть задана повелительная информационная потребность «Сформулировать теорему Пифагора». По лексическому значению слова «формулировка» находим через сущностно-ориентированный

словарь представительное словосочетание «формулировка теоремы» в сети предметной области знаний, указанной в разметке информационной потребности. Затем по дереву коммуникативных словосочетаний с лексическими значениями информационной потребности путем их синтеза добираемся до ассоциативной вершины «формулировка теоремы Пифагора». Далее по ассоциативной связи от ассоциативной вершины информационной потребности переходим к ассоциативной вершине реализации «квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов».

Реализация информационной потребности может сама быть информационной потребностью. В этом случае по коммуникативному дереву лексических значений формулировки теоремы путем их синтеза добираемся до ассоциативной вершины. Затем по ассоциативной связи определяем реализацию «Формулировка теоремы Пифагора» (схема. 4).

Схема 4. Определение теоремы.

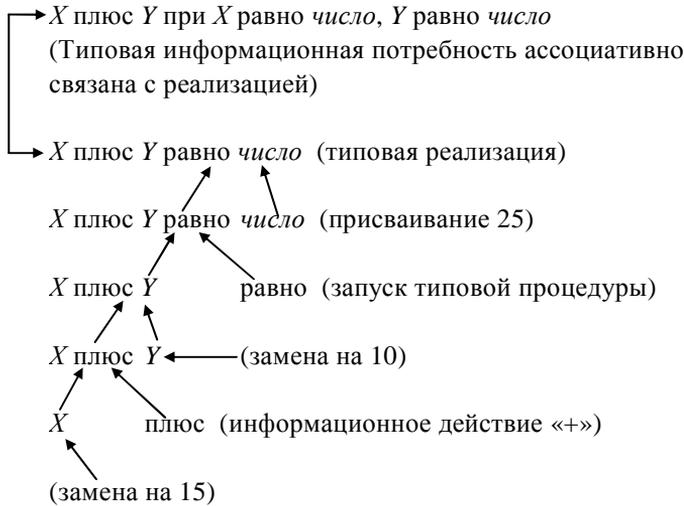


Если информационная потребность или реализация информационной потребности содержит информационное действие, в информационном условии которого содержатся конвергентные признаки, тогда запускается типовая процедура реализации. В разметке информационного действия указывается ссылка на процедуру реализации.

Пример 2. Пусть задана повелительная информационная потребность «найти сумму X плюс Y при X равно 15, Y равно 10». « X равно 15, Y равно 10» является информационным условием. Коммуникативные словосочетания « X равно» и «равно 15» в информационном условии инфор-

мационного действия «плюс» инициируют замену X на 15. По информационному условию « X равно 15, Y равно 10» произойдет замена X на 15, а Y на 10 в типовой реализации информационной потребности. Лексическое значение информационного действия «плюс» в сущностно-ориентированном символическом языковом словаре содержит ссылку на аналитический знак «+» в аналитическом сущностно-ориентированном словаре. Знак «+» в аналитическом сущностно-ориентированном словаре имеет ссылку на типовую процедуру сложения двух аргументов (схема 5).

Схема 5. Реализация сложения.



Сети реализации информационной потребности могут оперировать с более крупными элементами, например фреймами.

2. Конкурентные преимущества

Перспективы в создании интеллектуальных роботов с использованием GPU в сфере машинного обучения позволяют добиться распознавания речи и обработки текстов на естественном языке. Проектирование сложных, многоуровневых нейронных сетей можно использовать для создания систем, во-первых, распознавания лица и голоса собеседника, во-вторых, его речевого задания, в-третьих, анализа информационной потребности человека, в-четвертых, обучения робота с подражательным мышлением, в-пятых, синтеза речи для озвучивания реализации информационной потребности.

В построении интеллектуальных роботов можно использовать GPU для ускорения приложений, включая приложения зрения, распознавания речи и понимания языка. GPU используются для обучения сложных нейронных сетей с помощью крупных обучающих последовательностей

в сжатые сроки, с использованием меньшей инфраструктуры ЦОД. Благодаря GPU можно быстро синтезировать речь.

Коммуникативно-ассоциативная символически-языковая логика позволяет привязать адаптивное поведение сенсорных роботов к подражательному мышлению на символически-языковом уровне. Это существенно сокращает аппаратное обеспечение сенсорных роботов для управления поведением, приближает интеллект роботов к интеллекту человека, делает их более надежными и качественными.

Робот функционирует сутками и воспринимает знания из разных областей за несколько часов, а человек осваивает одну предметную область знаний несколько лет. Интеллектуального символически-мыслящего робота можно использовать в различных сферах деятельности в полевых и горных условиях, в экстремальных условиях, на Северном полюсе и т.д. Дистанционное взаимодействие робота с человеком через спутниковый Интернет позволяет заменить человека в космосе.

Библиографический список

1. Брындин Е.Г. Символически-языковая коммуникативно-ассоциативная технология подражательного мышления // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование: сб. тр. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. Т. 11. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – С. 442–444.

2. Брындин Е.Г. Теоретические основы коммуникативно-ассоциативной имитации символически-языкового мышления // Информационные технологии. – 2009. – № 2. – С. 29–34.

3. Брындин Е.Г. Взаимодействие символически-мыслящего робота с человеком и внешней средой // Информационные технологии. – М., 2004. – № 6. – С. 2–8.

4. Корендясев А.И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн. – М.: Наука, 2006.

5. Добрынин Д.А., Карпов В.Э. Моделирование некоторых форм адаптивного поведения интеллектуальных роботов // Информационные технологии и вычислительные системы. – М.: УРСС, 2006. – № 2. – С. 45–46.

6. Брындин Е.Г. Робот с коммуникативно-ассоциативной имитацией символически-языкового мышления // Интеллектуальные технологии в образовании, экономике и управлении: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: Изд-во Воронежского института экономики и социального управления, 2010. – С. 429–439.

7. Брындин Е.Г. Теоретические аспекты непрерывной обработки на виртуальной памяти // Информационные технологии. – М., 2009. – № 9. – С. 33–39.

8. Брындин Е.Г. Теоретические основы имитации мышления и непрерывной обработки на виртуальной памяти. – Новосибирск: ИЦЕ; Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 235 с.

9. Брындин Е. Основы имитации мышления и непрерывной обработки программ. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 197 с.

10. Брындин Е.Г. Управление символически мыслящим роботом с адаптивным поведением // «Интеллектуальные системы» 2014: материалы симпозиума. – М.: Изд-во: РУДН, 2014. – С. 374–382.

11. Брындин Е. Управление роботом с подражательным мышлением. – Germany: LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 77 с.

References

1. Bryndin E.G. Simvolicheski-iazykovaia kommunikativno-assotsiativnaia tekhnologija podrazhatel'nogo myshleniia [Symbolically-language communicatively-associative technology of imitative thinking]. *Sbornik trudov 4 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Vysokie tekhnologii, fundamental'nye i prikladnye issledovaniia, obrazovanie"*. Saint Peterburg: Izdftatel'stvo Politeknicheskogo universiteta, 2007, pp. 442-444.

2. Bryndin E.G. Teoreticheskie osnovy kommunikativno-assotsiativnoi imitatsii simvolicheskii-iazykovogo myshleniia [Theoretical foundations of communicatively-associative imitation of symbolic-language thinking]. *Informatsionnye tekhnologii*. Moscow, 2009, no. 2, pp. 29-34.

3. Bryndin E.G. Vzaimodeistvie simvolicheskii-mysliashchego robota s chelovekom i vneshnei sredoi [Interaction symbolically-minded robot with a man and the environment]. *Informatsionnye tekhnologii*. Moscow, 2004, no. 6, pp. 2-8.

4. Korendjasev A.I. Teoreticheskie osnovy robototekhniki [Theoretical Foundations of robotics]. Moscow: Nauka, 2006.

5. Dobrynin D.A., Karpov V.Je. Modelirovanie nekotorykh form adaptivnogo povedeniia intellektual'nykh robotov [Modeling of some forms of "intelligent" robots adaptive behavior]. *Informacionnye tehnologii i vychislitel'nye sistemy*. Moscow: URSS, 2006, no. 2, pp. 45-46.

6. Bryndin E.G. Robot s kommunikativno-associativnoj imitaciej simvolicheskii-iazykovogo myshleniia [Robot with communicatively-

associative imitation of symbolic-language thinking]. Sbornik trudov 4 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii “*Intellektual'nye tehnologii v obrazovanii, jekonomike i upravlenii*”. Voronezh: Izdatel'stvo Voronezhskogo instituta ekonomiki i sotsial'nogo upravleniia, 2010, pp. 429-439.

7. Bryndin E.G. Teoreticheskie aspekty nepreryvnoi obrabotki na virtual'noi pamiati [Theoretical aspects of the continuous processing on the virtual storage]. *Informatsionnye tekhnologii*. Moscow, 2009, no. 9, pp. 33-39.

8. Bryndin E.G. Teoreticheskie osnovy imitatsii myshleniia i nepreryvnoi obrabotki na virtual'noi pamiati [Theoretical bases of simulation of thinking and the continuous processing on the virtual storage]. Novosibirsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2011. 235 p.

9. Bryndin E. Osnovy imitatsii myshleniia i nepreryvnoi obrabotki program [Bases of simulation of thinking and the continuous processing of programs]. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 197 p.

10. Bryndin E.G. Upravlenie simvolicheskimi mysliaščim robotom s adaptivnym povedeniem [Control of symbolically thinking robot with adaptive behavior]. *Materialy simpoziuma “Intellektual'nye sistemy”*. Moscow: Izdatel'stvo Rossiiskogo universiteta družby narodov, 2014. pp. 374-382.

11. Bryndin E. Upravlenie robotom s podrazhatel'nym myshleniem [Imitative thinking robot control]. Germany: LAMBERT Academic Publishing, 2015. 77 p.

Сведения об авторе

Брындин Евгений Григорьевич (Новосибирск, Россия) – директор НКО Исследовательского центра «Естествоинформатика» (630090, Новосибирск, ул. Терешковой, 10, офис 15, e-mail: bryndin@ngs.ru; bryndin15@yandex.ru).

About the author

Bryndin Yevgeny Grigoryevich (Novosibirsk, Russian Federation) – the Director of the NKO Research Center «Estestvoinformatika» (630090, Russia, Novosibirsk, Tereshkova str., 10, Office 15, e-mail: bryndin@ngs.ru; bryndin15@yandex.ru).

Получено 15.04.2015