

Компьютерное решение проблем. Ассоциативный поиск и рефлексивный вывод в когнитивных системах на основе SQL и NoSQL СУБД.І.

Андрюхин А.И., Новиков Е.Т.
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,
alexandruckin@ramber.ru

Андрюхин А.И., Новиков Е.Т. Компьютерное решение проблем. Ассоциативный поиск и рефлексивный вывод в когнитивных системах на основе SQL и NoSQL СУБД.І. В работе рассматривается решение проблем как один из основных человеческих когнитивных процессов. Представлено взаимодействие процесса решения проблем с такими когнитивными процессами, как абстракция, поиск, вывод, анализ и синтез на базе представления внутренних знаний известной моделью Вещь(объект)-атрибута-отношения (ВОС). После идентификации объекта проблемы, решение рассматривается как процесс поиска в пространстве памяти для нахождения взаимосвязи между набором целей решения и набором альтернативных путей. Исследуются комплекс когнитивных вычислений для описания и моделирования основных механизмов и процессов мозга. Выполнена попытка использования этой методики для проектирования новых технических решений с применением ассоциативного поиска и рефлексивного вывода в SQL и NoSQL СУБД.

Ключевые слова: Когнитивные вычисления, модель мозга, когнитивные процессы, решение проблем, концептуальная алгебра, ассоциативный поиск, рефлексивный вывод, NoSQL БД.

Введение

Одним из основных человеческих когнитивных процессов является решение проблем. Как когнитивный процесс более высокого уровня, решение проблем взаимодействует со многими другими когнитивными процессами, такими как абстракция, поиск, обучение, принятие решений, вывод, анализ и синтез и др. В работе основой представления внутренних знаний является известная инфологическая модель вещь(объект)-отношения-свойство (ВОС). Решение проблем - это когнитивный процесс мозг, который ищет решение для данной проблемы или находит путь к достижению заданной цели. Когда объект проблемы идентифицирован, решение проблемы можем рассматривать как процесс поиска в пространстве памяти для нахождения взаимосвязи между набором целей решения и набором альтернативных путей.

В настоящей статье представлены как когнитивная модель, так и математическая модель процесса решения проблем.

В работе также представлены когнитивные структуры мозга и механизмы представления внутренних знаний для когнитивного процесса решения проблем.

Сам когнитивный процесс формально описывается с использованием формализмов, которые представлены алгеброй понятий, алгеброй процессов реального времени и др.

Эта работа относится к области разработки методологий компьютерных когнитивных вычислений и новых когнитивных компьютеров, способных воспринимать, мыслить, и самообучаться.

Более конкретно, в данной работе рассматриваются задачи реализации механизмов ассоциативного поиска и рефлексивного логического вывода, моделирующих элементы когнитивных процессов сознания человека с использованием существующих SQL и NoSQL СУБД и SQL-запросов, т.е. является подсистемой системы компьютерного решения проблем.

Эта задача решается уже достаточно длительное время (за время развития компьютерных технологий и ранее). Упомянем только такие направления, как известные поисковые системы в Internet, онтологическая база знаний Сус, система-платформа Protégé для построения баз знаний, система Rules Wizard для поиска ассоциативных связей, аппаратно-программный комплекс STARAN и др.

Структура проблемы

В настоящее время известны следующие взгляды на общую структуру решения проблем.

Так в [1,2] считают, что проблема состоит из трех компонентов, известные как данная входная информация (начальные состояния и т.п.), цели и операции. Входная информация представляется в виде части проблемы. Цели определяются как желаемое окончательное состояние решения проблемы. Операции являются потенциальными действиями, которые могут быть выполнены для достижения цели решения.

Для любой заданной задачи существует связанное проблемное пространство [3,4], которое является всеми возможными целями и путями и потенциально связано с проблемой GPS[5].

Полагается, что проблемное пространство или пространство решений H является декартовым произведением непустого множества объектов задачи X , непустое множество путей Π и непустое множество целей C .

Решение определенной проблемы может не существовать в текущем пространстве решений решателя. Это может быть вызвано многими факторами, такими как, проблема поставлена нечетко, ожидаемые цели являются неоднозначными, и/или нет метода (пути), который связывает представления объекта проблемы с целями (задачами).

Аналогично представлено проблемное пространство в [6,7], в которых определены два элемента решения проблем:

(а) описание всех возможных состояний задачи и проблемы решателя (представления);

(б) список способов перемещение между этими состояниями (поиск). Первый элемент необходим решателю для понимания проблемы посредством абстракции и идентификации. Второй элемент позволяет использовать решатель проблемы для поиска возможного решения в памяти.

Типизация решений проблем

В настоящее время принята следующая классификация типов решения задач:

1.Прямое решение - поиск прямого пути решения на основе известных решений

2.Эвристика - принятие эмпирического правила или наиболее возможного решения.

3.Аналогия - сведение новой проблемы до существующей или аналогичной той, для которой решение уже известно.

4.Последовательное приближение - приближение к цели задачи шаг за шагом.

5.Алгоритмический вывод - применение известного и хорошо определенного решения для задачи.

6. Искрывающий поиск - с помощью систематического поиска всех возможных решений.

7 Разделяй-и-властуй - решение всей проблеме декомпозицией, т.е. разлагая ее на набор подзадач.

8. Анализ и синтез - сведение данной проблемы до известных компонентов, а затем нахождение частных решений.

Принятие вышеупомянутых подходов к решению проблем естественно не может гарантировать достижение поставленной задачи, особенно когда решение не находится в пределах пространства решений решателя проблемы.

Существует ряд факторов, которые могут препятствуют процессу решения проблем, такие как:

(а) неудачный выбор направления работы, при котором неправильный метод принят для решения новой проблемы, в то время как более простые решения могли быть использованы;

(б) необходим метапознавательный подход, в котором для решения проблемы может потребоваться поддержка других метакогнитивных процессов для решения проблемы;

(с) отсутствие знаний, вследствие чего проблема или цель не могут быть хорошо представлены или промоделированы, и ни один метод не может быть применен к проблеме[8,9].

Модели когнитивных общих понятий

1.Аристотель

В 4 главе известных «Категорий» Аристотеля представлены 10 самых общих понятий у человека

[Десять категорий]

Из сказанного без какой-либо связи каждое означает или сущность, или «сколько», или «какое», или «по отношению к чему-то», или «где», или «когда», или «находиться в каком-то положении», или «обладать», или «действовать», или «претерпевать».

Необходимо подчеркнуть дальнейшее разъяснение Аристотеля:

Каждое из перечисленного само по себе не содержит никакого утверждения; утверждение или отрицание получается сочетанием их: ведь всякое утверждение или отрицание, надо полагать, или истинно, или ложно, а из сказанного без какой-либо связи ничто не истинно и не ложно, например «человек», «белое», «бежит», «побеждает»[10].

В настоящее время многие специалисты считают, что « критерии, которые использует Аристотель для того, чтобы определить принадлежность термина к той или иной категории, в высшей степени неясны, если их вообще можно назвать критериями. Но для его целей это не имело особого значения. Все что ему требовалось — это уметь отличать (а) качества от отношений, (b) то и другое — от субстанций и (с) все это от родов и видов. Пусть грубо и неточно, но он умел это делать.» [11,12]

Однако следует отметить некоторые другие недостатки в его схеме. Ведь самые простые с грамматической точки зрения предложения зачастую выражают не простые высказывания и здесь необходимо четко эксплицировать слова типа «все, некоторые, любой, этот, какой-либо, не, если..., то, или, и, чем и т. п.». Поэтому нам нужен метод, с помощью которого можно было бы представить и, что является особой задачей, установить однородность и разнородность категорий» [11,12].

2.Фреге

В настоящее время многие специалисты обращаются к гносеологическим воззрениям Г.Фреге, который занимался логико-математическим описанием, а точнее исчислением понятий (дословное название его одного из основных произведений)[13]. Обычно в логике рассматривались и рассматриваются суждения, как структурные знаковые системы.

Простейшими элементами являются понятия и логические связи. Исторически исследование таких систем развивалось как обобщение форм Аристотеля (логика предикатов, модальные логики и т.п.), алгебраические представления и т.п.

Фреге использовал только две сущности, *предмет* и *функция* и рассматривал в основном их отношение к *истине* и *знаку*. Его базовым положением является утверждение «При любом истолковании суждения нет места различия различию субъекта и предиката». На рис.1 и 2 представлены логические тезисы Фреге при его логическом исследовании естественного языка (немецкого).



Рисунок 1– Семантический треугольник

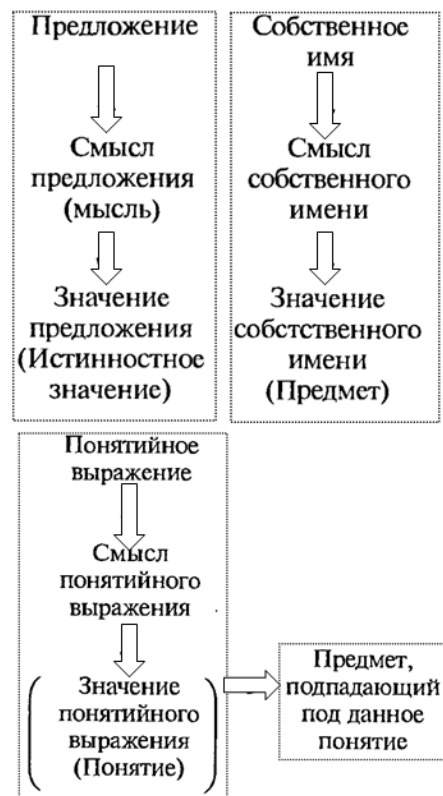


Рисунок 2 –Базовые положения Фреге

Работы Фреге заставляют по-иному посмотреть на строение наблюдаемого мира и его отражение в понятиях. К примеру, рассмотрим известный пример из его статьи «Логическое исследование мысли» в нашей интерпретации:

1. Люди общаются и у людей есть нечто общее, что называется смыслом.

2. Человек имеет дело непосредственно со своим представлением о мире, а не с внешним миром. (Буддийская притча-Что движется: флаг или ветер? Ответ: движется ваше сознание.)

3. Внутренний мир, мир представлений у людей не может быть общими и у каждого человека свой.

4. Согласно Фреге, суть общения, смысл или мысль "не относится ни к представлениям из моего внутреннего мира, ни к внешнему миру..."

Следовательно, мир троичен или по крайней мере имеет три различные части (для нас!).

3.Система GPS

Рекурсивный метод GPS является формальным методом, который выполняет декомпозицию проблемы на подпроблемы[5].Он использует три метода для перевода проблемы из состояния А в состояние В, которые представлены на рис.3.

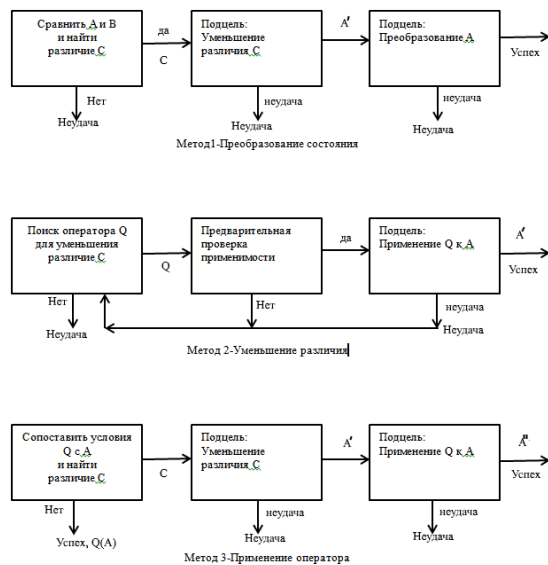


Рисунок 3 – Методы GPS

4. Система MARGIE и ее концептуальный синтаксис

Создатели этой системы (группа психологов, филологов, программистов) считали справедливым идею Хомского:

«существует некоторый язык, язык посредник, который является врожденным для представителя человеческого рода»[14]

Система MARGIE оказывает большое влияние на исследователей в области проблемы понимания текста.

Обработка естественного языка(ЕЯ) в ней происходит в 3-х направлениях:

А) отражение предложений естественного языка в их смысловое представление;

Б) хранение смыслового представления в памяти компьютера и осуществление умозаключений относительно полученного смысла;

В) перевод смыслового представления на естественный язык.

Основным элементом в системе является концептуализация – базовая единица понятийного уровня, из которой конструируется мысль. Были введены следующие концептуализации:

ДЕЯТЕЛЬ – понятие исполнителя АКТА

АКТ – действие, производимое по отношению к ОБЪЕКТУ

ОБЪЕКТ – вещь, над которой производится действие

РЕЦЕПИЕНТ – получатель объекта в результате АКТА

НАПРАВЛЕНИЕ – местоположение, к которому направлен АКТ

СОСТОЯНИЕ – состояние ОБЪЕКТА

Это базовый набор, из которого строится смысловое представление предложения.

Предложениям разговорного англ. языка соответствуют двумерные диаграммы, отражающие их смысл.

Были построены множества типов этих двумерных диаграмм (шаблонов, фреймов), к которым сводилось любое предложение естественного языка.

Система была написана на диалекте Лиспа.

В концептуализацию помещаются концепты (понятия) точно так же, как в предложение естественного языка помещаются слова.

Состоят из деятеля и действия. Иногда – объект и состояние.

ДЕЯТЕЛЯМИ могут физ. объекты, способные выполнять **АКТЫ**: компьютер, человек, ветер.

АКТЫ или действия разбиты на 2 класса:

- физические акты;
- психические акты.

Первые 5 физических актов описывают физические действия, производимые людьми:

- 1)ПРИКЛАДЫВАТЬ СИЛУ
- 2)ДВИГАТЬ ЧАСТЬЮ ТЕЛА
- 3)ПРИНЯТЬ ЧТО-ЛИБО ВНУТРИ ОДУШЕВЛЕННОГО ОБЪЕКТА
- 4)ВЗЯТЬ ЧТО-ЛИБО ИЗНУТРИ ОДУШЕВЛЕННОГО ОБЪЕКТА
- 5)ФИЗИЧЕСКИ ЗАХВАТИТЬ

Следующие 2 акта, необходимы для акцентирования результатов действия:

- 6)ИЗМЕНИТЬ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ЧЕГО-ЛИБО
- 7)ИЗМЕНИТЬ ОТНОШЕНИЕ ДЛЯ ОБЪЕКТА

Инструментальные акты

- 8)ПРОИЗВЕСТИ ЗВУК
- 9)НАПРАВИТЬ ОРГАН ЧУВСТВ К ОПРЕДЕЛЕННОМУ СТИМУЛУ.

Для описания психических актов необходимо описать строение памяти человека, принятое создателями системы.

В речевых оборотах ЕЯ наблюдается разделение памяти на следующие части:

- 1) концептуальный процессор

В нем происходят все сознательные мыслительные процессы.

Концептуальный процессор пропускает только одну концептуализацию в единицу времени.

- 2)долговременная память

Вся память, присущая данному субъекту, вся информация, принимаемая человеком.

- 3) промежуточная память, где сохраняются элементы сознания, не используемые в данный

момент. Отражается в конструкциях: «быть на уме», «предположим».

Для представления концептуализации широко используется понятие состояние объекта, которое описывается с помощью определенных шкал и пример показан на рис.4.

Параметр состояния	шкала	Словесная интерпретация
Здоровье	[-10, 10]	-10 мертвый 0 нормально 10 абсолютно здоров
Психическое состояние	[-10, 10]	-5 подавлен 0 нормально 2 доволен 8 счастлив 10 экстаз
Отрицание	[-10, 0]	-8 омерзительно -6 отвратительно -4 противный -2 надоевший

Рисунок 4 - Шкалы состояния объектов

Конечной целью представления предложений в концептуальных единицах является использование этих концептуализаций для совершения умозаключений.

Для некоторых актов существуют наборы умозаключений, которые являются верными с некоторой степенью достоверности.

Умозаключение – новая концептуализация, которая выводится с некоторой вероятностью (достоверностью) из других концептуализаций.

Примеры некоторых из 16 типов умозаключений, рассматриваемых в Margie:

1)каузативное умозаключение- «Петя ударил Васю палкой», умозаключение «Петя был сердит на Васю»

2)умозаключение об условиях- «Свеженцев отправился на Канары» умозаключение: «откуда у него деньги»

Система из предложения «Андрей съел печенье» может на основании своей базы построить и ассоциативные умозаключения (последнее):

1)печенье начало находится во рту у Андрея;

2)печенье перестало находиться во рту у Андрея;

3)Андрей наелся;

4)Андрею понравилось печенье;

5) Андрею нужно сходить к врачу, так как печенье сладкое.

Сравнение умозаключений в MARGIE и традиционных дедуктивных системах

Концептуальное умозаключение – это новый кусок информации, порождаемый из других концептуализаций с некоторой степенью достоверности.

Цель концептуального умозаключения: достройка и восстановление ситуаций, которые подразумеваются высказыванием.

Концептуальное умозаключение – это попытка достроить пропущенную информацию и определить следующие цели:

1) возможности, не выраженные явно в высказываниях;

2) обусловленности, намерения деятельности в момент высказывания.

Денотационная математика Ванга для компьютерного решения проблем

Одно из современных известных направлений компьютерного решения проблем представлено в [15]. Основой для рассматриваемых там процессов решения проблем является парадигмальная схема структурных слоев человеческого мозга представленного на рис.5.



Рисунок 5 - Модель структурных слоев мозга LRMB [16]

Базируясь на представлении LRMB(The layered reference model of the brain) вводятся следующие основные концепции, такие как RTPA(Real-Time Process Algebra) и алгебра понятий, которые представляют компоненты денотационной математики [15,16]

Согласно последним работам, Ванг понимает под денотационной математикой - категории выразительных математических структур, которые имеют дело с высоким уровнем

сложных математических сущностей (обычно нечислового характера, т.е. нечисловые множества), таких как абстрактные объекты, сложные отношения, информация о поведении, концепции, знания, процессы и системы.

РТПА используется для формального моделирование поведения человека и представляет триплет $((T, B, R))$.

Здесь T - набор из 17 примитивных типов базовых объектов данных представленных на рис.6.

Primitive types	(Базовые типы)	T
N	Natural number (Натуральное число)	
Z	Integer (Целое число)	
R	Real (Действительное число)	
S	String (Строка)	
BL	Boolean (Булева переменная и	
T, F	Boolean constants константы)	
B	Byte Байт	
H	Hexadecimal 16-ричное число	
P	Pointer Указатель	
TI = hh:mm:ss.ms	Time Время	
D = yy:MM:dd	Date Дата	
DT = yyyy-MM-dd: hh:mm:ss.ms	Date/Time (Дата/Время)	
RT	Run-time determinable type	
	(Определяемый при выполнении тип)	
ST	System architectural type	
	(Тип системной архитектуры)	
@eS	Event Событие	
@TM	Timing Длительность	
@intO	Interrupt Прерывание	
@sBL	Status Состояние	
System Algebra (Алгебра систем)		
$\supset / \sqsubset$	Super/sub relation	
	(Отношение супер/подсистема)	
	(Связанный независимый)	
$\leftrightarrow / \nleftrightarrow$	Related/independent	
$=$	Equivalent Эквивалентность	
Π	Overlapped (Перекрытая)	
$\sqcup$	Conjunction (Конъюнкция)	
$\boxminus$	Difference (разница)	
$\Rightarrow$	Inheritance (Наследование)	
$\supseteq$	Extension (Расширение)	
$\supseteq^+$	Tailoring (Сшивание)	
$\supseteq^-$	Substitute (замена)	
$\oplus$	Composition (Композиция)	
$\oslash$	Decomposition (разложение)	
$\Leftarrow$	Aggregation/generalization	
$\vdash$	Specification (Спецификация)	
$\dashv$	Instantiation Создание экземпляра	

Рисунок 6 - Базовые типы данных и алгебра систем

B - набор из 17 метапроцессов для моделирования фундаментального поведения систем представленных на рис.7.

R - набор из 17 операций реляционных процессов для построения описания поведения

(конструирования) сложных систем. Этот набор представлен на рис. 8.

Meta Processes	(Метапроцессы)
$:=$	Assignment (Назначение)
$\blacklozenge$	Evaluation (Оценка, определение)
$\Rightarrow$	Addressing (Адресация)
$\Leftarrow$	Memory allocation (Выделение памяти)
$\Leftarrow$	Memory release (Освобождение памяти)
$\triangleright$	Read Чтение
$\triangleleft$	Write (Запись)
$\triangleright$	Input (Ввод)
$\triangleleft$	Output (Вывод)
$@$	Timing (Синхронизация)
$\pm$	Duration (Длительность)
$\uparrow$	Increase (Возрастание)
$\downarrow$	Decrease (Убывание)
$!$	Exception detection (Обнаружение исключений)
$\otimes$	Skip (Пропуск)
$\boxtimes$	Stop (Останов)
$\S$	System (Система)

Рисунок 7 - Метапроцессы

Process Relations	
$\rightarrow$	Sequence (Последовательность)
$\sim$	Jump (Переход)
$ $	Branch (Ветка, ответвление)
$ \dots \dots$	Switch (Переключение)
R^*	While-loop (Цикл пока)
R^+	Repeat-loop (Цикл повторять)
R^i	For-loop (Цикл для)
$\circ$	Recursion (Рекурсия)
$\mapsto$	Function call (Вызов функции)
$\parallel$	Parallel (Параллельно)
$\S$	Concurrency (Согласовано)
$\parallel$	Interleave (Чередование)
$\gg$	Pipeline (Путь-источник движения информации)
$\Leftarrow$	Interrupt (Прерывание)
$\Leftarrow$	Time-driven dispatch
$\Leftarrow$	Event-driven dispatch
$\Leftarrow$	Interrupt-driven dispatch

Рисунок 8 - Отношения процессов

РТПА обеспечивает согласованную систему обозначений и формальную инженерную методологию моделирования программного обеспечения и интеллектуальных систем.

РТПА может использоваться для описания логических и физических моделей систем. Укажем, что логические представления архитектуры программной системы и ее операционная платформа могут быть представлены с использованием одного и того же набора обозначений.

Когда модель системы формально промоделирована, статическое и динамическое поведение, как системная архитектурная модель, могут быть повторно изменены на трех уровнях, таких как система, класс и объект.

Решение проблем и алгебра понятий

1. Формальное представление внутренних знаний

Концепция - это когнитивная единица для идентификации и/или моделирования конкретного объекта в реальном мире и абстрактного объекта во воспринимаемом мире. Прежде чем будет определена абстрактная концепция, введем следующие определения.

Пусть O - конечное непустое множество объектов и A - конечное непустое множество атрибутов. Далее полагаем, что семантическое окружение среды или контекст H всех понятий является триплетом, то есть:

$H = \{O, A, R\}$, $R: O \rightarrow O | O \rightarrow A | A \rightarrow O | A \rightarrow A$, где R - набор отношений между O и A , а также их отражающие отношения, а $|$ обозначает альтернативные отношения.

Понятия в денотационной математике являются абстрактными структурами, которые несут определенный смысл почти во всех познавательных процессах, как решение проблем, обучение и рассуждения. Абстрактное понятие c в H является 5-кортежем,

$$c = \{O; A; R^c; R^i; R^o\},$$

где O - является непустым множеством объектов понятий, $O = \{o_1; o_2; \dots, o_n\}$;

A - непустой набор атрибутов, $A = \{a_1; a_2; \dots, a_m\}$;

$R^c: O \rightarrow A$ - совокупность внутренних отношений;

$R^i: A' \times A, A' \in C' \wedge A \in c$ - набор входных отношений, где C' - множество внешних понятий, $C' \in H$, и для упрощения $R^i = A' \times A$ можно просто обозначить, как $R^i = C' \times c$;

$R^o: c \times C'$ совокупность выходных отношений.

Концептуальная алгебра - абстрактная математическая структура для формального рассмотрения понятий и их алгебраических отношений, операций и ассоциативных правил для составления сложных концепций.

Алгебра понятия CA на заданной семантической среде H является триплетом, то есть:

$CA = \{C; OP; H\} = (\{O; A; R^c; R^i; R^o\}, \{\bullet_r, \bullet_c\}, H)$, где $OP = \{\bullet_r, \bullet_c\}$ - множество реляционных и композиционных операции над абстрактными понятиями.

Реляционные операции $\bullet_r$ в алгебра концепций охватывает восемь сравнительных операторов для манипулирования алгебраические отношения между понятиями и представлены на рис.9.

Композиционные операции $\bullet_c$ в концептуальной алгебра включает в себя девять ассоциативных операторов для манипулирования алгебраическими композициями для понятий и представлены последними строками на рис.9.

(Алгебра понятий)	Concept Algebra
$> / <$	Super/sub relation
$\leftrightarrow / \nleftrightarrow$	Related/independent
$=$	Equivalent (Эквивалент)
$\equiv$	Consistent
$+$	Conjunction (Конъюнкция)
$*$	Elicitation
$\sim$	Comparison (Сравнение)
$\models$	Definition
$\Rightarrow$	Inheritance
$\supseteq$	Extension (Расширение)
$\vdash$	Tailoring
$\Rightarrow$	Substitute (Подстановка)
$\in$	Composition (Композиция)
$\ni$	Decomposition (Десомпозиция)
$\Leftarrow$	Aggregation/generalization
$\vdash$	Specification (Спецификация)
$\vdash$	Instantiation (Создание экземпляра, конкретизация)

Рисунок 9 - Алгебра понятий

Концептуальная алгебра обеспечивает мощные математические денотационные средства для алгебраических манипуляций с абстрактными понятиями.

Концептуальную алгебру можно использовать для моделирования, определения и манипулирования типичными проблемами типа «быть».

Перечислим основные области ее применения, такие как базы знаний, системная инженерия и системная архитектура, дизайн систем с детализацией, когнитивная информатика, вычислительная техника, разработка ПО, системы ИИ.

Формальная модель когнитивного процесса решения проблемы

На основе РТРА и концептуальной алгебры когнитивный процесс решения проблемы, как это показано на схеме на рис.10, может быть формально описан согласно рис.11.

Согласно модели ВОС, постулируется, что представления внутренних знаний в мозге, получаемые результаты при решении задач в сознании решателя проблем являются новыми моделями в представлении ВОС, которые будут использоваться для обновления глобальной модели знаний ВОС. Эти процессы реализуются в долгосрочной памяти решателя проблем согласно композиционным операциям $\bullet_c$ и частично реляционными операциями $\bullet_r$.

Центральное положение в формальной модели процесса решения проблемы заключается в том, что знания о проблеме и ее решении (s) представлены внутри мозга человека на основе ВОС согласно рис.12, где представлен внешний мир реальными сущностями (PO), а внутренний мир виртуальными (фантомными) объектами (FC) и объектами (O).

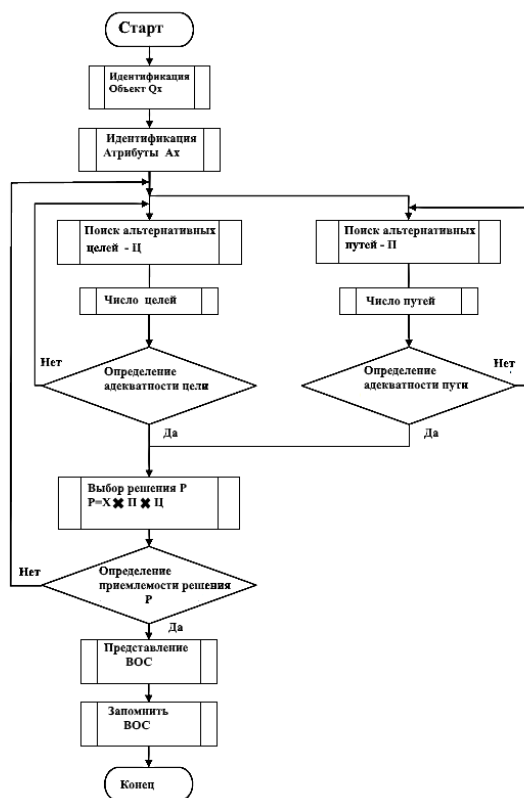


Рисунок 10 - Блок-схема решения проблемы с моделью ВОС

```

PSP_Process(I:: OS, OARST; O:: OARST)ST ≡
{ // I. Идентификация и представление проблемы
  ↳ Идентификация (OS) // Представление объекта проблемы
  ↳ Идентификация (AST) // Характеристики проблемы
  ↳ Идентификация (R(OS, AST)ST) // Представление отношений между OS и AST
  ↳ XST := (OS, AST, RST)ST // Представление проблемы
// II. Поиск целей и путей решения
  ↳ { R (↳ Поиск (GST)
        ↳ Количество (GST)
        ↳ Оценка (GST)
      )
    || R (↳ Поиск (TST)
          ↳ Количество (TST)
          ↳ Оценка (TST)
        )
  }
// III. Генерация решений
  ↳ SST := XS × TST × GST
// IV. Выбор решений
  ↳ Оценка (SST)
  ↳ ( ♦ p(SST) ≥ k // k - порог удовлетворения
    ↳ RST := S(XS, TST, GST)ST // сформировать новое отношение к SST
    ↳ ∅ // Иначе
    ↳ ♦ GiveUpBL = F
    ↳ PSP_Process(I:: OS; O:: OAR(SST)ST)ST
    ↳ ♦ ~
    ↳ ∅
  )
// V. Представление результата решения проблемы
  ↳ sOARST := (OS, AST, RST)ST // Формировать новую OARST модель для SST
  ↳ OARST := OARST ⊕ sOARST // Обновить OARST
  ↳ Memorize (OARST)ST // Запомнить обновления OARST
}

```

Рисунок 11 - Псевдокод решателя проблем с

моделью ВОС

Внутренний мир может быть разделен на два слоя: слой образов и абстрактный слой. Виртуальные объекты представляют собой прямые образы внешних реальных объектов, расположенными на уровне образов. Объекты являются абстрактными артефактами, расположенными на абстрактном слое. Абстрактный слой является основным определяющим свойством человеческого мозга.

Необходимо подчеркнуть, что в полной мере обыкновенный человек получает возможности применения абстрактного слоя или интеллекта в процессе его формирования. По Ж. Пиаже, человек по мере своего когнитивного развития закономерно проходит ряд стадий (Рис. 12):

1. Сенсомоторного интеллекта (от рождения до 2-х лет).
2. Дооперационального мышления (от 2 до 7 лет).
3. Стадию конкретных операций (от 7-8 до 11-12 лет).
4. Стадию формальных операций (от 11-12 до 14-15 лет).

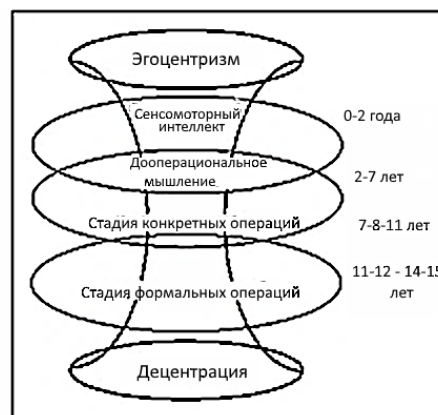


Рисунок 12 - Стадии развития интеллекта по Ж. Пиаже

Следует отметить, что виды животных не имеют такого абстрактного слоя в их мозгах. Поэтому у них нет косвенного или абстрактного мышления. Иными словами, абстрактное мышление - это уникальная сила человеческого мозга, рассматриваемая как качественное преимущество человека. Другим, но уже количественным преимуществом человеческого мозга является огромный объем долговременной памяти в коре мозга человека.

На основании этих двух основных преимуществ, человечество имеет наблюдаемую мощь множества человеческих существ.

Существуют метаобъекты (О) и производные объекты (О') в абстрактном слое в модели OAR. Первые являются объектами, непосредственно соответствующими виртуальным объектам и далее во внешний мир.

Последние являются абстрактными объектами, которые генерируются внутри и не имеют прямого соединения с виртуальными объектами или образами реальных объектов, таких как абстрактные понятия, идеи и состояния сенсорных (чувствственных) подсистем. Объекты на абстрактном слое мозга могут быть расширены в сеть объектов, атрибутов и отношений в соответствии с моделью ВОС, как показано на рисунке 13. Структурная модель когнитивной системы человека представлена на рис.14.

Когнитивное рефлексивное сознание и ТРИЗ

Процесс человеческого мышления можно представить как смену одного образа за другим.

Смена обуславливается органами чувств, а также самим процессом мышления. Мышление всегда сопоставляет образ с наиболее близкими образами из памяти. Каждый образ состоит из множества частей.

Важным примером когнитивного сознания может служить процесс решения изобретательских задач. Он представляет собой высокоуровневую абстракцию направляемого процесса мышления и многие другие абстракции процесса мышления могут быть сведены к ней.

Процесс решения изобретательской задачи – поиск решения в пространстве памяти для нахождения отношений между множествами целей решения и множеством путей их достижения, а также выбор оптимальных сочетаний.

Основа процесса решения изобретательских задач – поиск и установление ассоциативных связей между сущностями и логический вывод нового знания из уже имеющегося.

Результатом процесса решения изобретательских задач является технический объект (ТО). ТО – это созданное человеком или автоматом реально существующее (существовавшее) устройство, предназначенное для удовлетворения определенной потребности.

Любые устройства, выполняющие определенную функцию (операцию) по

преобразованию объектов живой и неживой природы, энергии или информационных сигналов можно отнести к ТО.

Каждый из них может быть представлен описаниями, имеющими иерархическую соподчиненность. Описания имеют следующие свойства:

а) каждое последующее описание является более детальным и более адекватно характеризует ТО по сравнению с предыдущим;

б) каждое последующее описание включает в себя предыдущее.

Описания имеют такие компоненты-свойства:

а) потребность или функция ТО;

б) техническая функция (ТФ);

в) функциональная структура (ФС);

г) физический принцип действия (ФПД);

д) техническое решение (ТР);

е) проект.

Вышесказанное можно представить на рис.15.

Техническая функция – это совокупность потребности, которую удовлетворяет ТО и физической операции (физическое превращение, преобразование). Поэтому $ТФ = (P, Q)$, где P – потребность, Q – физическая операция.

Описание физической операции (ФО) структурно состоит из трех компонент: А и С – входной и выходной потоки вещества, энергии или сигналов, Е – наименование операции Коллера по превращению А в С. Следовательно, $ФО = (A, E, C)$.

Подавляющее большинство ТО состоит из нескольких элементов. Каждый элемент, как самостоятельный ТО выполняет определенную функцию и реализует определенную физическую операцию. То есть между элементами имеют место два вида связей и соответственно два вида их структурной организации.

Первый вид структурной организации выражает, какие функциональные связи между собой имеют элементы.

Он называется конструктивной функциональной структурой. Конструктивная функциональная структура (ФС) – ориентированный граф, вершины которого – наименования элементов, а ребра – функции элементов.

Таблица 1 - Метакогнитивные модели мозга

Когнитивные модели	Описание	Математические абстракции и представления
Объект(Вещь, предмет)	Абстрактное представление внешней сущности или внутреннего понятия	Множество, кортеж, алгебра понятий
Свойства или атрибуты	Свойства и характеристики объекта	Множество, кортеж, алгебра понятий
Отношения	Связи и отношения между объект-объект, объект-атрибут или атрибут-атрибут	Алгебра понятий, реляционная алгебра, логика

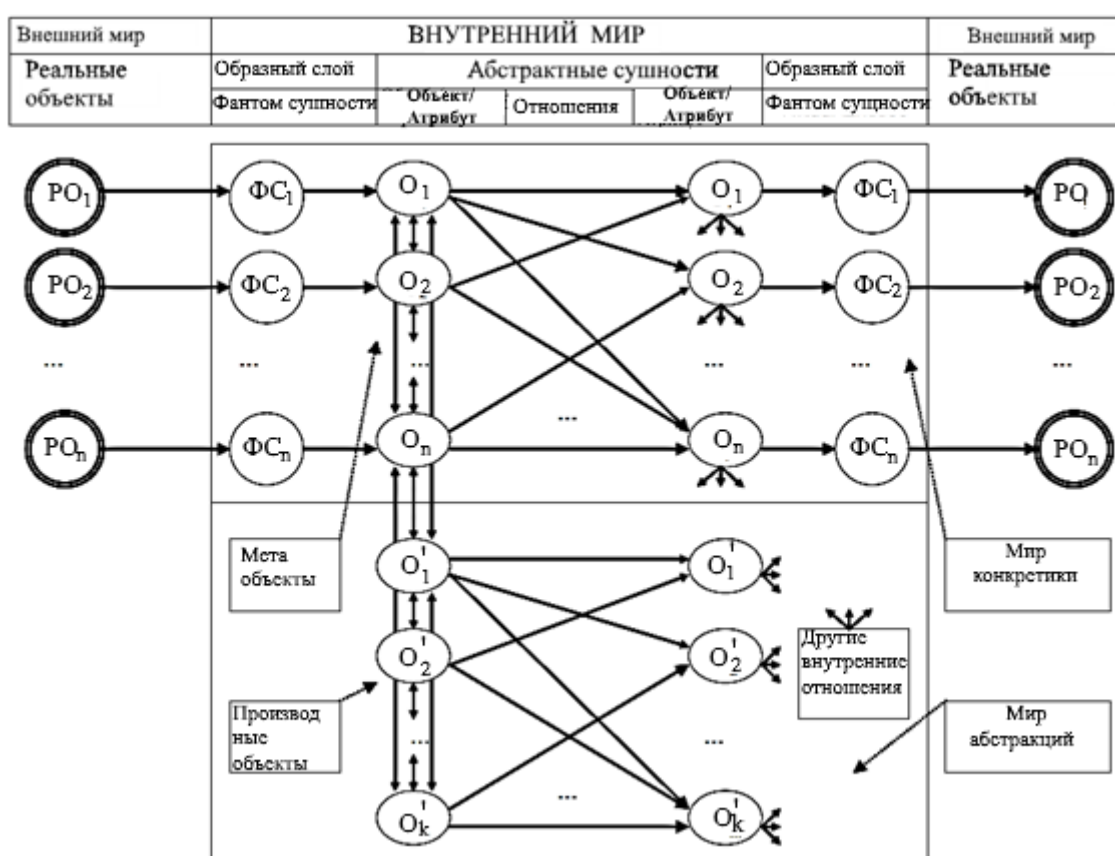


Рисунок 13 - Структурная модель мира в терминах ВОС

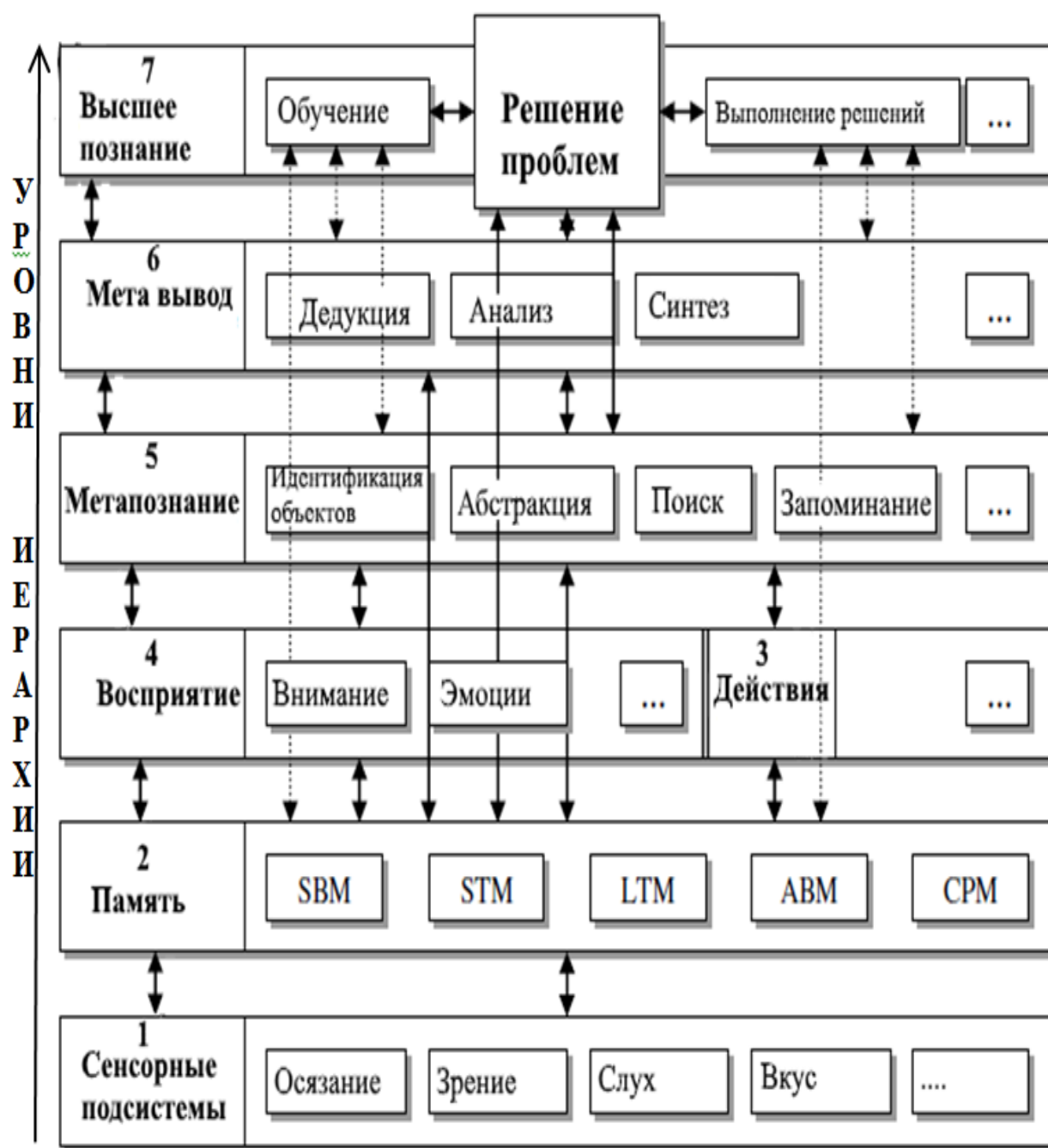


Рисунок 14 - Структурная модель когнитивной системы человека

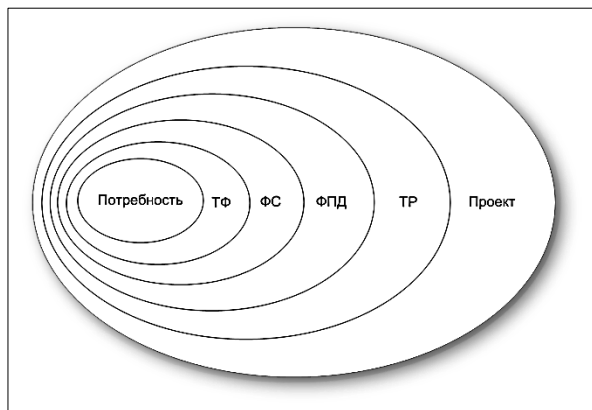


Рисунок 15 - Структурное описание объекта поиска[17]

Кроме функциональных связей, между элементами ТО имеются еще потоковые связи, то есть элементы, реализуя определенные физические операции, образуют поток преобразуемых или превращаемых веществ, энергии, сигналов или других факторов. Такие связи образуют потоковую функциональную структуру – ориентированный граф, дуги которого входные и выходные потоки вещества.

Под физико-техническими эффектами (ФТЭ) понимаются различные приложения физических законов, закономерностей и следствий из них, физические эффекты и явления, которые могут быть использованы в технических устройствах. Обобщенное качественное описание ФТЭ состоит из трех компонент: А – входной поток вещества, энергии или сигналов; С – выходной поток, В – физический объект обеспечивающий преобразование А в С. Схематично это можно представить (А->В->С) (см.рис.16).

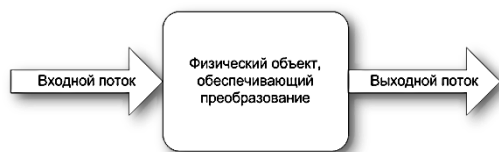


Рисунок 16 - Упрощено-идеализированное описание физико-технического эффекта

Физический принцип действия (ФПД) – ориентированный граф, вершины которого – наименования физических объектов В, ребра – входные (А) и выходные (С) потоки вещества. Описание ФПД, как правило, содержит изображение принципиальной схемы ТО, в которой в упрощено-идеализированной форме показаны основные конструктивные элементы, обеспечивающие реализацию ФПД, и указаны

направления потоков и основные физические величины, характеризующие используемые физико-технические эффекты.

Вышесказанное в основном опирается на [17,18] и конкретная задача ассоциативного поиска представляет собой программную реализацию алгоритма поиска цепочек ФПД, который представлена [17].

Конкретный пример цепочки ФПД представлен на рис.17.

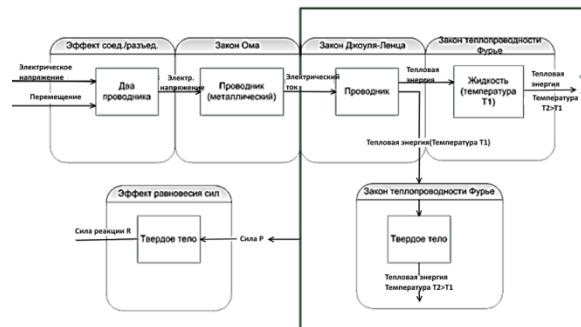


Рисунок 17 - Конкретное структурное описание ФПД

Базовые алгоритмы и модули БД

Первым базовым алгоритмом является алгоритм построения образа текстовой информации. Он позволяет поисковой системе принимать текстовое описание объекта поиска и основываясь на присутствующих в текстовом запросе словах, производить в базе знаний ассоциативный поиск релевантных компонентов.

Согласно базового алгоритма, технический объект, текстовое описание которого вводит пользователь – это объект поиска, набор физико-технических эффектов, информация о которых содержится в базе знаний – это компоненты. Результат поиска – это список потенциально возможных вариантов физического принципа действия объекта поиска. Элемент результата – это один из ФПД, содержащихся в результате поиска.

Алгоритм реализовывает механизм установления ассоциативных связей между описанием объекта поиска и компонентами в базе знаний, а также производить расчет мощностей этих связей и других показателей.

С точки зрения получения новых технических решений более интересен алгоритм логического вывода результатов поиска, который строит цепочки из компонентов, наиболее сильно ассоциирующихся с объектом поиска. Последний алгоритм в сущности есть модификация первого.

Основные модули системы представлены на рис.18 и 19.



Рисунок 18 - Основные части БЗ

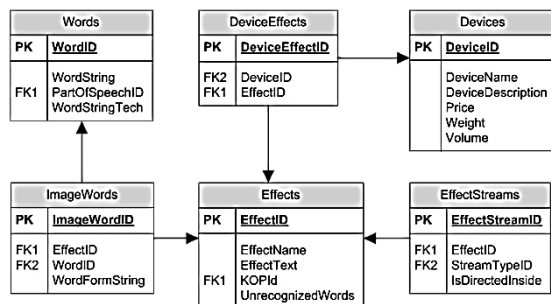


Рисунок 19 - Основные таблицы БЗ

Взаимодействие системы ассоциативного поиска с базой данных происходит посредством SQL-запросов, как наиболее эффективного средства взаимодействия с массивами структурированных данных. Базовые SQL-запросы представлены в таблице на рис.20.

Имя метода	Генерируемый SQL-запрос
GetEffectWords	"Select Words.WordID, WordString, PartOfSpeechName, Words.WordStringTech from (Words INNER JOIN ImageWords On Words.WordID = ImageWords.WordID) INNER JOIN PartsOfSpeech on Words.PartOfSpeechID = PartsOfSpeech.PartOfSpeechID WHERE ImageWords.EffectID = " + effectID
GetEffectImage	"Select Words.WordID, Words.WordString, Words.PartOfSpeechID, Words.WordStringTech FROM Words INNER JOIN ImageWords On Words.WordID = ImageWords.WordID WHERE ImageWords.EffectID = " + effectID
UpdateEffect	"Update Effects SET EffectName = " + effect.m_Name + ", EffectText=" + effect.m_Text + ", OperationID=" + effect.m_OperationID + " WHERE effectID=" + effect.m_ID
UpdateDevice	"Update Devices SET DeviceName = " + device.m_Name + ", DeviceVolume=" + device.m_Volume.ToString(CultureInfo.InvariantCulture) + ", DevicePrice=" + device.m_Price.ToString(CultureInfo.InvariantCulture) + " WHERE DeviceID=" + device.m_ID;

Рисунок 20-Основные SQL-запросы.

Опытные результаты и выводы

Первоначальные опытные результаты показали необходимость:

- 1) Сокращения перебора вариантов поиска даже для достаточно простых задач;
- 2) Полного восприятия и понимания результатов поиска, которые выдаются решателем.

Решение первой проблемы мы видим в использовании принципа «разделяй и властвуй».

Устранение второй проблемы потребует более активного использования с адаптацией понятий, которые представлены на рис.21.

	Формальная лингвистика
N	Noun (Существительное)
V	Verb (Глагол)
A	Adjective (Прилагательное)
Λ	Adverb (Наречие)
P	Preposition (Предлог)
τ	Determiner (определяющее слово)
δ	Degree word (Степень слова)
κ	Qualifier (спецификатор-слово)
α	Auxiliary (Вспомогательное слово)
γ	Conjunction word (совместное слово)
¬	Negative (отрицание)
NP	Noun phrase (Существительная фраза)
VP	Verb phrase (Глагольная фраза)
AP	Adjective phrase (Прилагательная фраза)
ΛP	Adverb phrase (Наречная фраза)
PP	Prepositional phrase (Предложная фраза)
CP	Complement phrase (Фраза дополнения)
⊢	To be (Быть)
⊢	To have (Иметь)
⊢	To do (Делать)
⊢ ... ⊢	Indirect to do (косвенно делать)

Рисунок 21 - Базовые понятия лингвистики

Литература

1. Ormrod, J. E. (1999). Human learning (3rd ed.). Prentice-Hall Inc..
2. Polya, G. (1954). Patterns of plausible inference. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.
3. Bender, E. A. (1996). Mathematical methods in artificial intelligence. Los Alamitos, CA, USA: IEEE CS Press.
4. Wilson, L. B., & Clark, R. G. (1988). Comparative programming language. Wokingham, UK: Addison-Wesley Publishing Co..
5. Newell, A., & Simon, H. A. (1972). Human problem solving. Prentice-Hall.
6. Tuma, D. T., & Reif, F. (1980). Problem solving and education. Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
7. Payne, D. G., & Wenger, M. J. (1998). Cognitive psychology. Boston, NY, USA: Houghton Mifflin Company.
8. Matlin, M. W. (1998). Cognition (4th ed.). NY, USA: Harcourt Brace College Publishers.
9. Smith, M. U. (1991). Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains. Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
10. Аристотель. Категории. ГСЭИ. Москва, 1939.

11. Райл Гилберт .Понятие сознания. Перевод с англ. — М.: Идея-Пресс, Дом интеллектуальной книги, 1999. — 408 с.
12. Прист С. Теории сознания. Перевод с англ. Грязнова А. Ф. - М.: Идея-Пресс, Дом интеллектуальной книги, 2000. - 286 с.
- 13.Фреге Г.Логика и логическая семантика: Сборник трудов-М.:Аспект Пресс,2000,512 с.
- 14.Р.Шенк. Обработка концептуальной информации.М.:Радио и связь,1980.
- 15.Wang, Yingxu. Software engineering foundations: a software science perspective. 2008 by Taylor & Francis Group, LLC.
- 16.Ning Zhong,Yingxu Wang *, Vincent Chiew. On the cognitive process of human problem solving// Cognitive Systems Research 11 (2010), 81–92.
17. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов втузов. — М.: Машиностроение, 1988. — 368 с.
18. Альтишуллер Г. С. Алгоритм изобретения. — М.: Московский рабочий. — 1969 (1-е изд.); 1973 (2-е изд.).
19. Веденов А.А. Моделирование элементов мышления. Москва: Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1988.
20. http://www.triz-chance.ru/izobret_zad.php

Андрюхин А.И., Новиков Е.Т. Компьютерное решение проблем I.Ассоциативный поиск и рефлексивный вывод в когнитивных системах на основе SQL и NoSQL СУБД. В работе рассматривается решение проблем как один из основных человеческих когнитивных процессов. Представлено взаимодействие процесса решения проблем с такими когнитивными процессами, как абстракция, поиск, вывод, анализ и синтез на базе представления внутренних знаний известной моделью Вещь(объект)-атрибута-отношения (ВОС). После идентификации объекта проблемы, решение рассматривается как процесс поиска в пространстве памяти для нахождения взаимосвязи между набором целей решения и набором альтернативных путей. Исследуются комплекс когнитивных вычислений для описания и моделирования основных механизмов и процессов мозга. Выполнена попытка использования этой методики для проектирования новых технических решений с применением ассоциативного поиска и рефлексивного вывода в SQL и NoSQL СУБД.

Ключевые слова: Когнитивные вычисления, модель мозга, когнитивные процессы, решение проблем, концептуальная алгебра, ассоциативный поиск, рефлексивный вывод, NoSQL БД.

Andryukhin A.I., Novikov E.T. Computer Problem Solving. Associative search and reflexive inference in cognitive systems based on SQL and NoSQL DBMS.I. The paper considers the solution of problems as one of the main human cognitive processes. The interaction of the process of solving problems with such cognitive processes as abstraction, search, inference, analysis and synthesis based on the representation of internal knowledge by the known model of the Object-Attribute-Relationship (BOC) model is presented. After identifying the problem object, the solution is viewed as a process of searching in the memory space to find the relationship between the set of solution objectives and the set of alternative paths. The complex of cognitive calculations for the description and modeling of the basic mechanisms and processes of the brain is explored. An attempt was made to use this technique to design new technical solutions using associative searching and reflexive inference in SQL and NoSQL DBMS.

Keywords: Cognitive calculations, brain model, cognitive processes, problem solving, conceptual algebra, associative search, reflexive inference, NoSQL DB.

Статья поступила в редакцию 20.09.2016
Рекомендована к публикации д-ром физ.-мат. наук А.С. Миненко