



OSTIS-2011

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПОНЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ И ПОИСКА В СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

В.А. Житко (*minsk.nes@gmail.com*)

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация: в данной статье рассматривается семантическая технология компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических сетях. Данная технология развивается в рамках открытого проекта OSTIS [OSTIS, 2010]. Также рассматривается библиотека компонентов проектирования естественно-языкового интерфейса, ее пополнение, как сторонними компонентами, так и создание новых компонентов.

Ключевые слова: библиотека ip-компонентов, операции поиска и навигации по семантическим сетям, семантическая технология, технология проектирования

Введение

Основной задачей интеллектуальных систем является предоставление информации пользователю по его запросу. Основными средствами, при этом, являются операции навигации и поиска по семантическим сетям. Главной особенностью таких средств является то, что они могут использовать различные подходы для поиска нужной информации (подход с поиском по шаблону или интеллектуальным поиском, нейросетевой подход, эволюционные алгоритмы и др.), но при этом должны быть интегрированы в одну систему и использовать один источник данных. Все это приводит к необходимости создания общей технологии проектирования подобных средств.

Целью данной работы является создание семантической технологии компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических сетях. Такая технология основывается на семантической технологии компонентного проектирования машин обработки знаний и баз знаний [OSTIS, 2010], разрабатываемой в рамках открытого проекта OSTIS.

Одна из главных проблем интеллектуальных технологий связана с крайне длительными сроками проектирования интеллектуальных систем. Это, в первую очередь, связано с отсутствием всесторонней технологии проектирования интеллектуальных систем, охватывающую пользовательский интерфейс, базы знаний и средства обработки знаний. Такой технологией является открытая семантическая технология проектирования интеллектуальных систем [OSTIS, 2010]. Одной из составных её частей является семантическая технология компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических сетях. Т.к. технология предполагает компонентный подход в проектировании, то это позволит значительно сократить общее время проектирования интеллектуальных систем, за счет использования готовых модулей. Предметно независимые, совместимые модули будем называть ip-компонентами. К ip-компонентам могут относиться фрагменты баз знаний, операции поиска и навигации, элементы пользовательского интерфейса и даже наборы некоторых компонентов взаимосвязанных между собой. Все подобные компоненты хранятся в библиотеке совместимых ip-компонентов. Такая библиотека осуществляет хранение ip-компонентов, предоставляет разработчику доступ к информации о хранимых компонентах, а также средства поиска нужных компонентов.

Исходя из данной цели, можно выделить следующие задачи:

- разработка библиотеки совместимых ip-компонентов поиска и навигации в семантических сетях;
- разработка формального семантического языка вопросов;
- пополнение библиотеки ip-компонентов готовыми операциями поиска и навигации в семантических сетях.

1. Анализ средств поиска и навигации по семантическому пространству

Прежде всего, в рамках работы были рассмотрены существующие проблемы навигации и поиска по семантическому пространству. Одним из важнейших источников информации на сегодняшний день является глобальная сеть Интернет. При поиске информации в сети интернет возникают следующие трудности:

- подавляющий объем информации представлен в неструктурированном виде;
- поиск происходит, в основном, по ключевым словам.

Не структурированность информации приводит к усложнению, как поиска нужной информации, так и навигации по ней. Это обусловлено разнообразием применяемых технологий создания информационных ресурсов в сети интернет и отсутствием общей интегрирующей технологии.

Поиск в сети Интернет, в большинстве случаев, представляет собой исключительно поиск по ключевым словам, такой поиск работает только с представлением информации, а не ее содержанием.

Существуют подходы частично решающие данные проблемы. В сети Интернет существуют порталы со структурированной информацией, хотя и непригодной для машинной обработки, но удобную для навигации пользователю. Основная масса таких ресурсов основана на технологии MediaWiki, к примеру, Wikipedia, Wikiznanie и многие другие. Так же в последнее время появились средства интеллектуального поиска в сети интернет. Такие порталы используют сложные методы анализа введенного пользователем запроса. К таким порталам можно отнести, например Wolfram Alpha.

К направлениям развития, призванным решить данные проблемы, можно отнести Semantic Web. Semantic Web – это расширение существующей сети Интернет, дающая возможность автоматической обработки размещенной в ней информации. Одной из особенностей заключается в использовании семантических сетей и онтологий. Для записи семантических сетей используется стандарт RDF. Данный стандарт основывается на представлении знаний в виде трехэлементных связок «субъект – предикат - объект». Существует множество различных реализаций стандарта RDF (RDF/XML, RDF/JSON, RDFa, N-Triples, Turtle, N3 и др.), а также языков запросов для семантических сетей (SPARQL, RQL, RDQL и др.). Существуют, так же, стандарты для записи онтологий для Semantic Web, к примеру, Web Ontology Language (OWL). Используя данные стандарты и форматы можно создавать и обрабатывать базы знаний в сети Интернет. Главным преимуществом такого подхода является сохранение совместимости со существующими до этого технологиями, т.к. Semantic Web является надстройкой над последними. К проблемам такого подхода можно отнести необходимость дублирования информации для пользователя и программных систем.

В интеллектуальных системах общение человека с машиной представляет собой обмен сообщениями между пользователями и системой на соответствующем языке общения [OSTIS, 2010]. Успешность процесса поиска информации в системе и формирование ответа на поставленный вопрос, главным образом, зависит от того, насколько правильно и корректно интеллектуальная система сможет интерпретировать вопрос пользователя и подобрать оптимальную процедуру поиска ответа на поставленный вопрос. Таким образом, важнейшими задачами является формирование вопроса в формальном виде с помощью формального языка вопросов и сопоставление вопроса с информационно-поисковыми процедурами.

Компьютерные системы, осуществляющие сопоставление вопросов пользователей с требуемой информацией по средством диалога между пользователем и системой в виде процедуры «ВОПРОС-ОТВЕТ» в режиме, когда пользователь задает вопрос, а система отвечает, относятся к классу вопросно-ответных систем [Сулейманов, 2001]. Современные реализации вопросно-ответных систем (система AllQuest <http://www.allquests.com>, AskNet

Global Search <http://www.asknet.ru> и др.) имеют возможность лингвистической обработки вопросов пользователя. Однако такие системы ориентированы только на анализ и выявление семантических отношений между объектами предметной области в проиндексированных текстах. Данное обстоятельство накладывает следующие ограничения:

- нет возможности строго формально установить семантические отношения между объектами в тексте;
- невозможно сгенерировать ответ пользователю, когда явно ответ отсутствует в проиндексированных текстах (т.е. в текущем информационном состоянии системы);
- не поддерживаются вопросы на выявление соответствий и аналогий между объектами и понятиями.

В интеллектуальных системах, основанных на технологии OSTIS, информация представляется в виде семантической сети, что позволяет оперировать не только фактографической информацией, но и осуществлять навигацию по установленным отношениям в рамках предметной области прикладной вопросно-ответной системы. Отметим также важность интеллектуальных вопросно-ответных, т.к. они составляют основу интеллектуальных систем.

2. Язык вопросов

Для интеллектуальных вопросно-ответных систем существует два способа задания запроса:

- задать шаблон изоморфного поиска;
- задать вопрос на семантическом языке вопросов.

Задание шаблона изоморфного поиска можно сравнить с языком запросов к базам знаний, например SPARQL. Для примера рассмотрим следующий случай: поиск всех примеров каждого класса понятия треугольника.

Запрос на SPARQL будет выглядеть следующим образом:

- `SELECT $x WHERE { <треугольник> rel:decomp [rel:example $x] }`

Запрос, используя изоморфный поиск, представлен на рисунке 1.

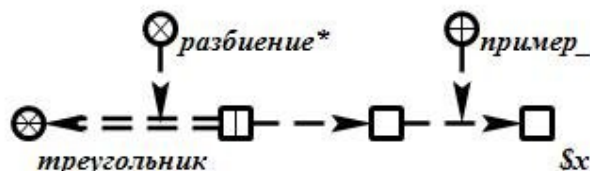


Рисунок 1 - Запрос изоморфного поиска.

Таким способом можно производить поиск конструкций в базе знаний. Но такой способ требует от пользователя знания внутренней организации интеллектуальной системы, что повышает начальный уровень подготовки пользователя.

Вторым и более естественным для интеллектуальных вопросно-ответных систем является задание вопроса в виде фрагмента семантической сети на формальном языке представления вопросов. Семантический язык вопросов предназначен для организации взаимодействия, как между пользователем и интеллектуальной системой, так и внутри системы между различными её компонентами. Фрагмент семантической сети, представляющей некоторый вопрос, включает только декларативную составляющую описание вопроса. В случае диалога пользователя с системой, императивная часть вопроса может достраиваться компонентами пользовательского интерфейса автоматически. Она включает в себя способ вывода результата пользователю, форму локализация ответа (в развернутом виде или в краткой форме), вид ответа (фрагмент семантической сети, или внутреннее представление ответа; внешнее представление в естественных для человека формах) и т.д.

Основным понятием языка вопросов является понятие вопрос. Вопрос – это фрагмент семантической сети, описывающий объект и цель вопроса. В вопросе также могут указываться субъект, задача и даже общий ход поиска ответа на поставленный вопрос.

Классификация вопросов позволит ускорить выбор подходящей операции поиска ответа, т.к. операции достаточно проверить входит ли заданный вопрос во множество тех вопросов, на

которые операция может найти ответ. Классификация вопросов может осуществляться по различным признакам.

Классификация вопросов по их семантике:

- стандартные вопросы, для навигации по семантической сети вопроса или ответа;
- запросы высказываний, связанных с заданными объектами, обобщенными структурами или высказываниями;
- запросы, связанные с классификацией множеств;
- запросы, связанные с отношениями;
- запросы, связанные с внешней идентификацией элементов базы знаний и с внешним представлением различных ее фрагментов;
- запросы, связанные с определениями; запросы фрагментов семантических окрестностей элементов баз знаний;
- запросы, связанные с доказательствами; запросы, связанные с программами;
- запросы фрагментов логических спецификаций формальных теорий.

Классификация вопросов по структуре:

- атомарные – вопросы, представленные в системе как единый запрос;
- неатомарные – вопросы, представленные в системе как множество взаимосвязанных атомарных вопросов.

Классификация по полноте ответа:

- открытые – вопросы, предполагающие возможность неограниченного количества верных ответов, примером может служить вопрос «привести пример»;
- закрытые – вопросы, предполагающие ограниченное количество ответов, примером может служить вопрос «верно ли».

По отношению к предметной области:

- предметно-независимые – вопросы, не зависящие от предметной области;
- предметно-зависимые – вопросы, определенные только в конкретной предметной области.

В системе также существуют операции, реагирующие на неуспешную попытку найти ответ на вопрос. Такие операции осуществляют обработку и преобразование вопроса:

- декомпозиция вопроса на подвопросы;
- объединение нескольких подвопросов в один вопрос;
- упрощение вопроса;
- корректировка и уточнение вопроса.

После этого вопрос вновь актуализируется и происходит поиск ответа на него.

Приведем пример диалога пользователя с вопросно-ответной системой по геометрии. В системе присутствует ситуация представленная на рисунке 2. Пользователь задает вопрос: «Как связаны отрезок АВ и окружность О?». На рисунке 3 представлен вопрос на семантическом языке вопросов.

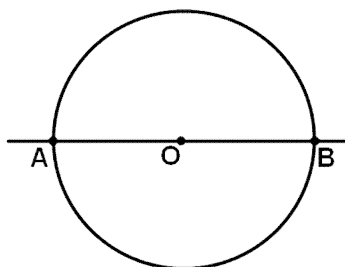


Рисунок 2 - Геометрический чертеж: окружность О и прямая АВ.

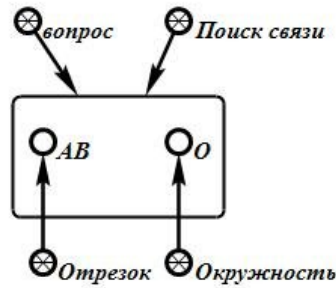


Рисунок 3 - Как связаны отрезок АВ и окружность О.

Вопрос, представленный на рисунке 3, инициирует поиск маршрута в семантической памяти между объектом «АВ» и объектом «О». Понятия «Отрезок» и «Окружность» в вопрос не входят и изображены только для наглядности.

Приведем второй пример: в системе присутствует геометрический чертеж представленный на рисунке 4, пользователь просит систему доказать некое утверждение, такой вопрос можно сформулировать следующим образом «почему верно утверждение» или «верно ли утверждение».

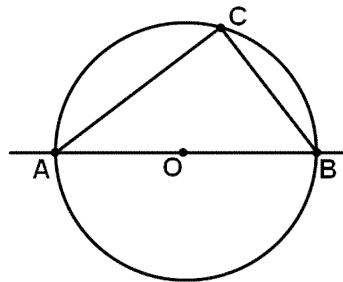


Рисунок 4 - Геометрический чертеж: окружность О и треугольник ABC

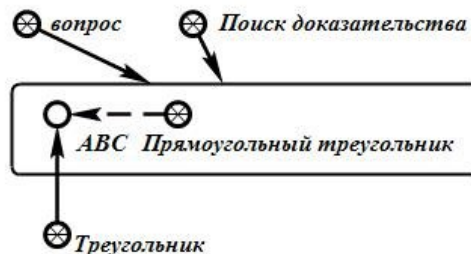


Рисунок 5 - Доказать, что ABC является прямоугольным треугольником

Из примеров видно, что язык вопросов является более высокоуровневым по сравнению с поиском по шаблону, он позволяет записывать не только цель, но и ставить задачу, т.е. описывать ту ситуацию, в которой происходит поиск ответа на вопрос. Это значительно расширяет возможности языка вопросов как средства общения с интеллектуальной системой, но в тоже время требует дополнительных затрат на проведение анализа вопроса.

Семантическая мощность языка вопросов в первую очередь зависит от многообразия типов вопросов. Т.к. для каждой предметной области могут существовать специфические только для неё типы вопросов, то в языке вопросов существует возможность расширять типологию и классификацию вопросов. Это позволяет создавать отдельные вопросы для специфических задач в предметных областях. Для этого достаточно описать новый вопрос и включить его в общую классификацию вопросов. Пример спецификации вопроса представлен на рисунке 6.

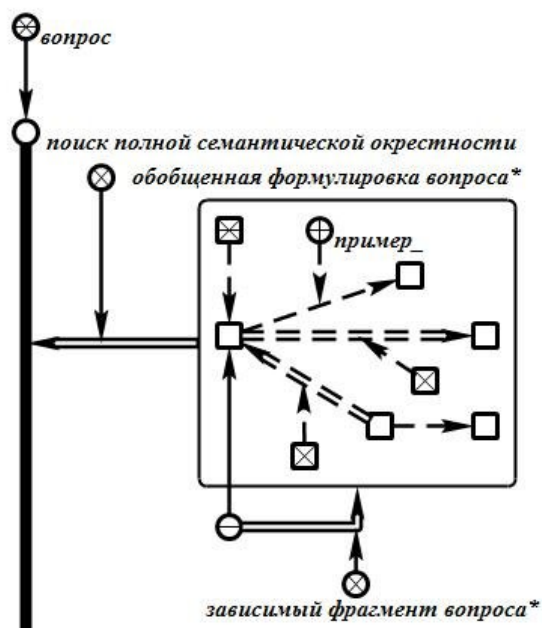


Рисунок 6 - Спецификация вопроса.

Возможность задания в вопросе обобщённого хода поиска ответа на вопрос реализуется в классе неатомарных вопросов. Неатомарный вопрос – это взаимосвязанное множество атомарных вопросов. При этом в неатомарном вопросе указываются связи между его фрагментами, а результат поиска на один фрагмент используется в условии другого, зависящего от него, фрагменте неатомарного вопроса. Таким образом, можно указать порядок поиска ответа на сложные вопросы. Пример неатомарного запроса, формулируемого как «Приведите примеры каждого класса понятия треугольник», приведен на рисунке 7.

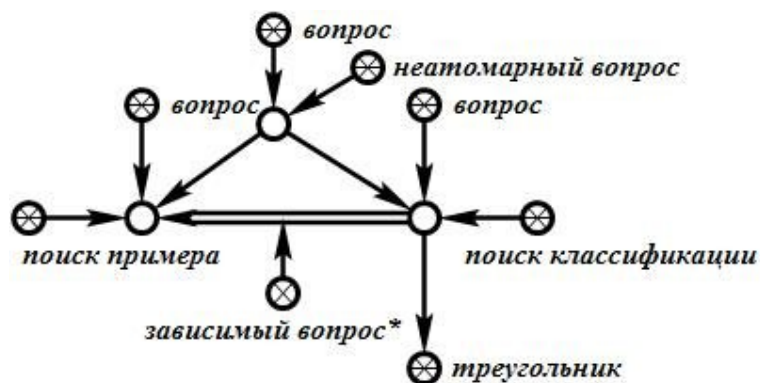


Рисунок 7 - Пример неатомарного запроса.

В приведенном примере на первом шаге будет найдена полная классификация множества треугольник, и далее во второй части вопроса, каждому из найденных классов, будет найден пример.

Этот же вопрос можно задать, используя шаблоны изоморфного поиска в формулировке вопроса, пример приведен на рисунке 8.

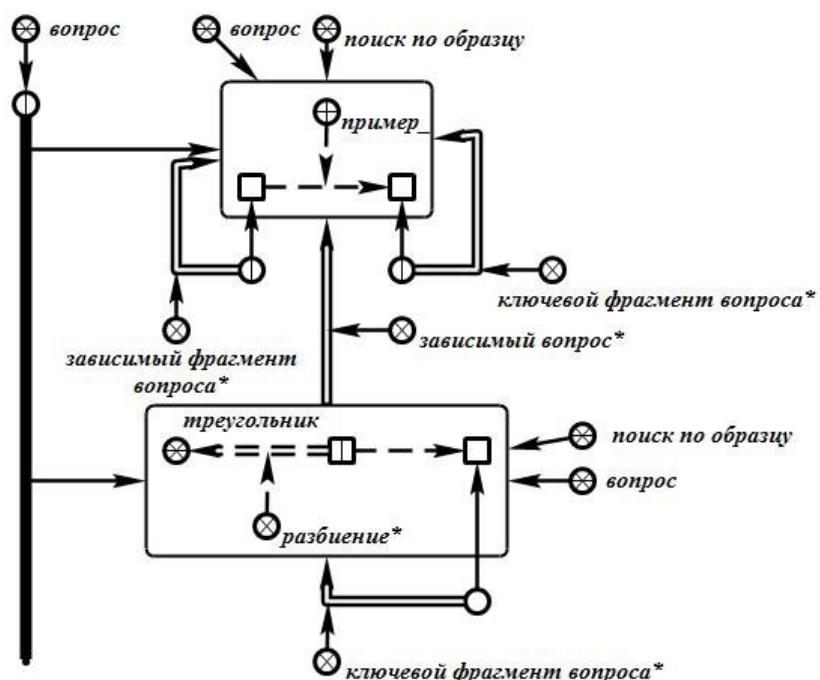


Рисунок 8 - Пример неатомарного вопроса с использованием шаблонов изоморфного поиска.

Каждая операция после того как найден ответ на вопрос формирует связку отношения между вопросом и множеством являющимся ответом на этот вопрос. Примеры задания ответа приведены на рисунках 9 и 10.

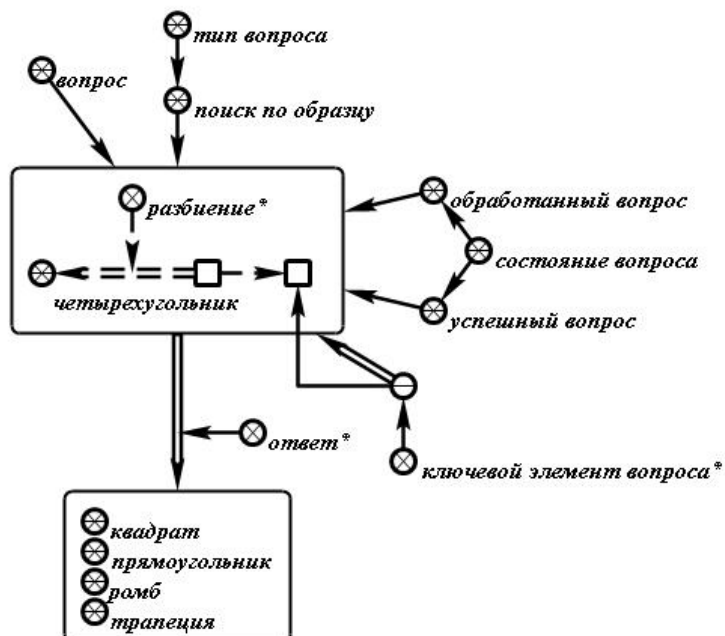


Рисунок 9 - Пример задания краткого ответа.

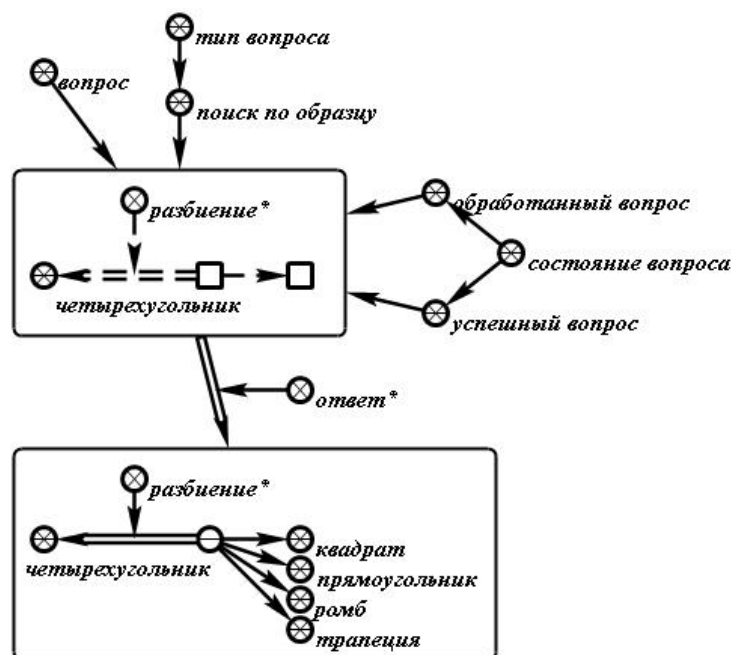


Рисунок 10 - Пример задания полного ответа.

Вопросы на рисунках 9 и 10 отличаются только полнотой полученного ответа. На первом рисунке дан краткий ответ (только элементы, на которые разбивается треугольник), в формулировке вопроса это задается связкой отношения «ключевой фрагмент вопроса», связывающей вопрос и множество тех переменных шаблона поиска, соответствующие элементы которым должны войти в ответ. Ответ на второй вопрос дан в полном объеме, то есть в ответ вошла вся конструкция соответствующая шаблону поиска.

Таким образом, возможно явное задание соответствия вопроса и его ответа, также в системе остается история общения пользователя со справочной системой.

Интеллектуальность интеллектуальной вопросно-ответной системы определяется многообразием вопросов, на которые система может дать ответ. Из этого следует, что интеллектуальность вопросно-ответных систем будет зависеть и от множества операций информационного поиска, т.к. именно они определяют возможности системы ответа на поставленные вопросы.

3. Операции информационного поиска

Задание правильного вопроса является необходимым, но недостаточным условием для успешного поиска необходимой информации. Вторым условием является наличие в интеллектуальной системе процедуры поиска ответа на поставленный вопрос. За поиск ответа на вопрос отвечают sc-операции информационного поиска. Sc-операцией будем называть реализацию алгоритма работы в рамках sc-технологии. Если же ответ в системе отсутствует в явном виде, то поиск ответа передается sc-операциям генерации новых знаний. К такой категории относятся комплексы sc-операций, реализующие различные логические выводы. Таким образом, если ответ в системе отсутствует, то он будет найден. Все sc-операции представляют собой интеллектуальных агентов в памяти системы реагирующих на появление в памяти актуального вопроса. Актуальным вопросом будем называть вопрос, нуждающийся в поиске или генерации ответа. В памяти интеллектуальной системы он будет выглядеть, как показано на рисунке 11.



Рисунок 11 - Пример заданного вопроса.

При появлении такого вопроса, каждая sc-операция информационного поиска проверяет вопрос на возможность ответа на него. Для того, чтобы дать ответ на вопрос «может ли sc-операция поиска дать ответ на поставленный вопрос», в общем случае необходимо попытаться найти ответ на этот вопрос. Но в интеллектуальных системах предполагается большое число различных sc-операций, и запуск всего множества этих операций потребует больших вычислительных и временных ресурсов. Существует и другой подход. Главную роль в нем играет классификация типов вопросов. Разбивая процедуру sc-операции поиска на две части: проверка условия выполнения и непосредственно сам информационный поиск, где в первой проверяется только вхождение вопроса в класс вопроса, на который операция может найти ответ, можно добиться снижения как вычислительных, так и временных затрат на поиск ответа на вопрос.

Каждая sc-операция представляет собой ip-компонент в библиотеке совместимых ip-компонентов. Для организации поиска нужных sc-операций на этапе проектирования интеллектуальной системы, необходимо формальное описание самой операции. Такое описание операции будем называть спецификацией sc-операции. Пример спецификации sc-операции «Поиск полной семантической окрестности» приведен на рисунке 12.

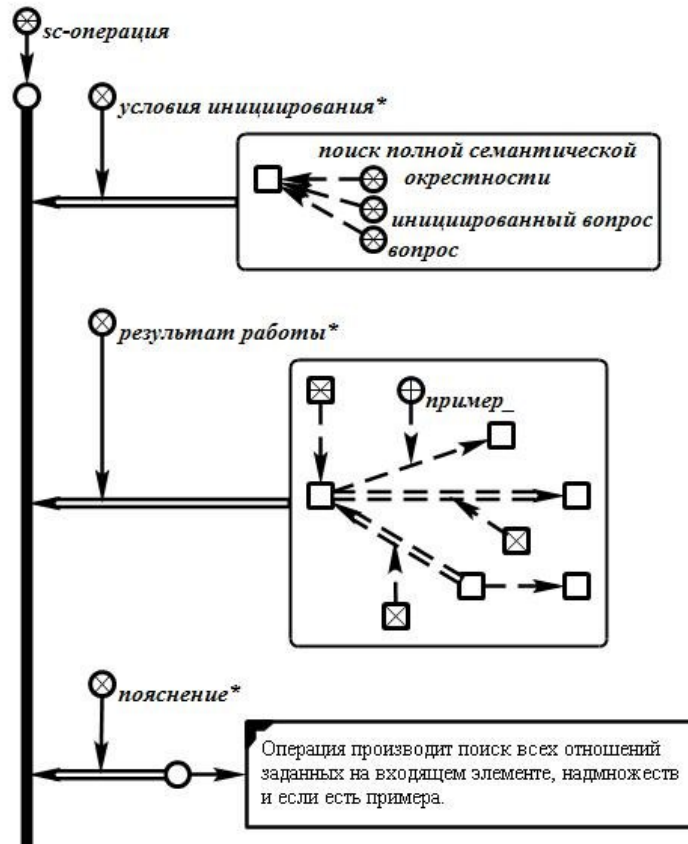


Рисунок 12 - Пример спецификации операции.

В приведенной спецификации может указываться:

- название и текстовое описание sc-операции;
- обобщённое условие выполнения sc-операции;
- формальный алгоритм работы sc-операции;
- разработчики sc-операции.

Таким образом, sc-операция должна состоять из следующих элементов:

- процедура проверки условия выполнения;
- процедура поиска ответа на вопрос;
- спецификация sc-операции.

Процедура проверки условия выполнения – процедура поиска ответа на вопрос «может ли данная sc-операция найти ответ на поставленный вопрос». Основное назначение снижение затрат на поиск ответа на вопрос посредством предварительной оценки вопроса на возможность поиска на него ответа используя данную sc-операцию.

Процедура поиска ответа на вопрос – процедура выполняющаяся после того как была успешно завершена процедура проверки условия выполнения. Основное назначение поиск ответа на поставленный вопрос.

Спецификация sc-операции – семантическое описание операции служащее для хранения данной операции в библиотеке совместимых ip-компонентов. Знания, записанные в спецификации sc-операции, используются для навигации и поиска операций разработчиком.

Заключение

Семантическая технология компонентного проектирования средств навигации и поиска в семантических технологиях предоставляет технологию разработки, хранения и повторного использования информационно-поисковых sc-операций. Ключевым элементом технологии является библиотека совместимых ip-компонентов, использование которой позволит разрабатывать машину обработки знаний интеллектуальной системы из готовых функциональных элементов – sc-операций. Это позволяет снизить расходы на разработку и реализацию средств поиска и навигации в интеллектуальной системе.

Работа поддержана грантом БРФФИ-РФФИ Ф10Р-148.

Библиографический список

- [Сулейманов, 2001] Сулейманов, Дж.Ш. Исследование базовых принципов построения семантического интерпретатора вопросно-ответных текстов на естественном языке в АОС // Education Technology & Society 4(3) 2001
- [OSTIS, 2010] Open Semantic Technology for Intelligent Systems. [Электронный ресурс]. – 2010. - Режим доступа: <http://www.ostis.net/>. – Дата доступа: 30.11.2010
- [Белнап, 1981] Белнап, Н. Логика вопросов и ответов / Н. Белнап, С. Стил. - М., 1981.
- [Хорошевский, 2008] Хорошевский, В.Ф. Пространства знаний в сети Интернет и Semantic Web (Часть 1) / В. Ф. Хорошевский // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2008. - № 1. - С.80-97.
- [Kowalsky, 1975] Kowalsky, R. A. Proof procedure using connection graphs / R. A. Kowalsky // Journal of the ACM. – 1975 – № 22(4).
- [Ландэ и др., 2009] ИНТЕРНЕТИКА. Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы / Ландэ Д.В. [и др.]; - М., 2009.
- [Рассел, Норвиг 2006] Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход / Рассел С., Норвиг П. ; - М. : Вильямс, 2006.
- [Голенков, 2001] Голенков, В. В. Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В. В. Голенков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2001.
- [Голенков, 2001] Голенков, В. В. Программирование в ассоциативных машинах / В.В. Голенков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2001.
- [Морозов, 2007] – Морозов Д.Н. Фреймовое представление естественно-языковых запросов в задачах управления мобильным манипуляционным роботом // Труды IV Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» - Москва: Физматлит, 2007
- [Ли, 2007] Ли И.В. Локальный и глобальный уровни управления диалогом // Труды международной конференции «Диалог 2007»