

$$\Delta_{z.3} = \left[-\frac{q_{11}}{Dk} (\omega_{z.m} - \omega_z) \right] - \hat{j}_z. \quad (46)$$

Если в формуле (45) требуемое значение угловой скорости вращения линии визирования «УР-ВЦ» определяется формулой (3), то данный закон управления будет определять метод самонаведения УР, позволяющий обеспечить в её АРГС разрешение по доплеровской частоте элементов ГВЦ на основе эффекта синтетизирования апертуры антенны, а если $\omega_T = 0$ рад/с, то закон (45) вырождается в базовый метод пропорционального наведения.

Анализ выражений (27), (36) и (45) показывает, что для формирования сигнала оптимального управления $j_{r.опт}$ на борту УР необходимо иметь оптимальные оценки дальности до ВЦ, угловой скорости вращения линии визирования «УР-ВЦ», скорости полёта ВЦ, собственной скорости УР и угла ϕ пеленга цели.

Таким образом, наряду с известным базовым методом пропорционального наведения дополнительно синтезированы три метода самонаведения Ракеты с АРГС, позволяющие обеспечить, как условия для разрешения по доплеровской частоте элементов ГВЦ, находящихся в главном луче ДНА АРГС, и требуемый ракурс радиолокационного наблюдения ГВЦ в интересах последующего распознавания типа атакуемой цели на основе эффекта вторичной модуляции, как совместно, так и по отдельности. Поэтому в дальнейшем возникает необходимость в разработке алгоритмов траекторного управления ракетами на основе выбора того или иного метода самонаведения УР в зависимости от конкретной ситуации относительно типового состава ГВЦ, качества разрешения в АРГС ракеты элементов ГВЦ и текущего ракурса радиолокационного наблюдения отражённых от ГВЦ сигналов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меркулов В.И., Ленин В.Н. Авиационные системы радиоуправления. Ч. 1. Теоретические основы синтеза и анализа авиационных систем радиоуправления. Ч. 2. Радиоэлектронные системы самонаведения. – М.: Радио и связь, 1996. – 396 с.
2. Богданов А.В. Применение узкополосной доплеровской фильтрации в многофункциональных радиолокационных комплексах. Часть 1. // Научно-методические рекомендации для адъюнктов и слушателей академии. – Тверь: изд. ВА ПВО им. Жукова Г.К., 1995. – 265 с.
3. Видулов О.В. Траекторное управление наведением в активной радиолокационной системе самонаведения. – Радиотехника, 1995. №11. – С. 81-85.
4. Макаев В.Е., Васильев О.В. Метод радиолокационного распознавания воздушной цели по турбинному эффекту. – Радиотехника, 2000. №11. – С. 30-33.
5. Богданов А.В., Филонов А.А. Способ формирования сигнала управления ракетой класса «воздух-воздух». Патент на изобретение № 2099665, 1997.

УДК 629.7.016

Т.М. Романова

БОРТОВОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Введение

Создание интеллектуальных систем управления, обеспечивающих надежное выполнение требуемых прикладных задач в условиях неполноты, нечеткости и противоречивости поступающей информации представляет собой сложную науч-

но-техническую проблему, решение которой предполагает поиск путей реализации необходимых интеллектуальных функций на основе комплексного применения современных технологий обработки знаний. Важнейшим элементом интеллектуальных систем управления является развитый естественно-языковой интерфейс, предназначенный для поддержания активного человеко-машинного диалога и позволяющий обеспечивать оперативный ввод целеуказаний, их последующее преобразование в автоматически реализуемые сценарии поведения и последовательности исполняемых действий.

Развитие языков программирования в XX веке сделало возможным динамическое управление автономными объектами. С ростом уровня автоматизации языки программирования становились более простыми и доступными, а в обыденной жизни прибавлялось технических новинок, пользователям которых уже не требовалось специального образования в области программирования или управления объектом. Это было достигнуто за счёт повышения адаптивности систем, создания высокоуровневого управления для пользователя и улучшения эргономики объектов. Эти тенденции сохраняются и на сегодняшний день. Логическим продолжением такого курса является максимальная интеграция техники в нашу жизнь, а это значит еще большее повышение адаптивности объектов и возможность простой, естественной для человека коммуникации между ним и техникой.

Эти задачи в полной мере решает естественно-языковой человеко-машинный интерфейс – программно-аппаратный модуль, принимающий на вход текст на естественном языке, определяющий его смысл и формирующий на его основе информационный сигнал автономному объекту.

Так как автоматизации подверглись практически все сферы человеческой деятельности, начиная от производства, хранения и передачи информации до быта, охраны и защиты, обучения, то область применения человеко-машинного интерфейса чрезвычайно широка:

- ◆ системы автоматизации проектирования промышленных устройств и оборудования;
- ◆ системы управления (СУ) бытовой, специальной и промышленной робототехники;
- ◆ СУ вооружениями и военной техникой прикладного назначения;
- ◆ различного рода поисковые и информационные справочные системы;
- ◆ системы интерактивного обучения.

Сама по себе идея создания человеко-машинного интерфейса не нова. Однако долгое время он считался как бы вспомогательным элементом и, как следствие, был зависим от конкретной проблемы или предметной области. Этот так называемый прагматический подход привёл к тому, что до сих пор не существует общей концептуальной модели человеко-машинного интерфейса.

Однако многие достижения логики и прикладной лингвистики, влившись со временем в искусственный интеллект, будут рационально использоваться при создании концептуальной модели.

В основу создания интерфейса легли исследования в области логики (Аристотель, Ньютон, Декарт, Монтегю), прикладной лингвистики (Уилкинс, Хомский, Ю.С. Степанов), искусственного интеллекта (Минский, Шенк, Сова). Задачей понимания естественного языка в разное время занимались Шенк, Мельчук, Нариньяни.

Основным недостатком человеко-машинных интерфейсов было и остаётся то, что информация о предметной области часто хранится без определённой структуры или, наоборот, в конструкторах, которые жестко регламентируют набор и количество характеристик и связей. Это приводит к тому, что сделанная под опреде-

лённые нужды модель не только не может быть использована для другого объекта, но даже не может быть усовершенствована. Способ хранения знаний не позволяет полноценно использовать их при принятии решения. Решить эту проблему можно путём использования структурированной, пополняемой и достраиваемой модели мира с гибкими алгоритмами работы со знаниями.

Модель мира в интеллектуальном интерфейсе играет роль собственных представлений системы о мире и служит для отражения сущностей, объектов, действий реального мира [3]. Наличие такой модели позволило бы свести задачу создания интеллектуального интерфейса для различных устройств к элементарной настройке на конкретную предметную область и возможности устройства. Наличие общей модели, спецификации на структуру и алгоритмы описания объектов реального мира дало бы возможность интегрировать знания, полученные различными интерфейсами, а значит, упростило бы задачу обучения новых устройств и сделало бы общение с машиной на естественном языке обычным делом. Хранение знаний о мире в виде единой иерархии сделало бы модель мира интерфейса независимой от языка. Таким образом, подключая различные словари, можно было бы использовать один и тот же интерфейс для разноязыких пользователей.

На сегодняшний день не выработано единых оптимальных инструментов, методик, стандартов, спецификаций, для описания всех объектов и явлений окружающего мира. Разработка оптимальных методик и подходов к созданию модели мира является важной научной задачей. Одним из способов описания модели мира является семантическая сеть.

Семантические сети, детально разработанные Ричардом Риченсом, представляют собой информационную модель предметной области, имеющую вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам предметной области, а дуги задают отношения между ними. Объектами могут быть понятия, события, свойства, процессы. Одной из перспективных моделей описания объекта является фрейм.

Фреймы, родоначальником которых считается Марвин Минский, – это структуры, содержащие описания объектов в виде атрибутов и их значений. Различают фреймы-образцы, фреймы-экземпляры, фреймы-структуры, фреймы-роли, фреймы-сценарии, фреймы-ситуации.

Важным аспектом является повышение эффективности и скорости работы интерфейса, которая зависит от того, происходит формирование умозаключений не в момент диалога или заранее, тогда в ходе диалога используются полученные выводы.

Наличие всех этих наработок, с одной стороны, и нерешенных проблем, с другой, поставило вопрос о создании общей модели естественно-языкового человеко-машинного интерфейса с базой знаний, имеющей в своём составе модель мира.

В статье рассматривается разработка естественно-языкового человеко-машинного интерфейса для интеллектуальных систем управления автономными объектами и проведение соответствующих экспериментальных исследований.

На основе проведенного обзора литературы сформированы следующие требования к интеллектуальному интерфейсу:

- ◆ независимость от предметной области;
- ◆ ведение коммуникаций на естественном языке;
- ◆ возможность обработки и хранения информации об объектах рабочей сцены, их характеристиках и классификации;
- ◆ возможность пополнения собственной информации посредством диалога,

- ◆ учёт пространственно-временного устройства мира при хранении информации;
- ◆ понятие о существовании неопределённостей, возможность обработки и хранения информации о различных типах неопределённостей, о разрешении различных типов неопределённостей путём ведения диалога;
- ◆ понятие о существовании приоритетности, возможность выполнения действий согласно их приоритету.

Такие требования подразумевают наличие в человеко-машинном интерфейсе пополняемой базы знаний, имеющей в своём составе модель мира.

Этого можно достичь, используя модель представления знаний, ориентированную на глубокое проникновение в контекст, его семантический анализ и построение схематических конструкций, адекватно отражающих смысл.

Для отказа от привязки к конкретным ситуациям, в том числе при разрешении неопределённостей, вместо конкретного сценария диалога для определенной ситуации, как это реализовывалось ранее [4, 5, 6, 7], используется алгоритм определения типа проблемы, а для каждого типа существует гибкий алгоритм формирования сценария.

Возможность обработки и хранения информации об объектах рабочей сцены, их характеристиках и классификации появляется за счет того, что знания хранятся в виде фреймов, определенные слоты которых будут характеризовать их отношение к конкретным типам. По комбинации этих типов будет выбираться алгоритм или набор алгоритмов, которые нужно выполнить. Особенность этих алгоритмов состоит в том, что это сценарии с пустыми слотами, которые заполняются свойствами объектов, тип или комбинация типов которых вызвали выполнение этого сценария.

Возможность пополнения собственной информации посредством диалога реализуется, как:

- ◆ описание и последующее занесение в базу знаний нового объекта в результате диалога;
- ◆ описание и последующее занесение в базу знаний нового типа в результате диалога;
- ◆ определение нового алгоритма для типа или комбинации типов в результате диалога.

При хранении информации учитывается пространственно-временное устройство мира.

Для формирования цепочки управляющих сигналов согласно их приоритету создаётся таблица, в которой хранятся «задания». Их приоритет может быть определен или человеком, ведущим диалог, или, если явного указания нет, согласно типам и характеристикам участвующих объектов. Если по типам и характеристикам этого определить нельзя, «задания» выполняются в хронологическом порядке.

Структура базы знаний представлена на рис. 1 и включает модель мира, кратковременную память о диалоге и данные о рекогносцировке местности автономным объектом.

Модель мира представляет собой иерархию знаний о мире. Во главе этой иерархии стоят простейшие знания о мире: о его трехмерности, звуках, цветах, форме, весе, размерах, тактильных характеристиках, действиях, а также законы со-

хранения системой равновесия. На следующем уровне иерархии находятся причинно-следственные связи между действиями.

Заполнение такой структуры позволяет создать модель мира, которая описывает то, что мир трёхмерен, что движение приводит к изменению местоположения, что звук имеет локализацию в пространстве, источник и тон, а предметы – цвет, форму, температуру, плотность. Предметы в нём отличаются по нескольким значимым свойствам, о части предметов известно, что они могут двигаться сами, о части – что можно менять их положение в пространстве. Это составляет некий костяк модели мира, то, что всегда должно входить в неё. Такую структуру можно назвать первичной моделью мира.

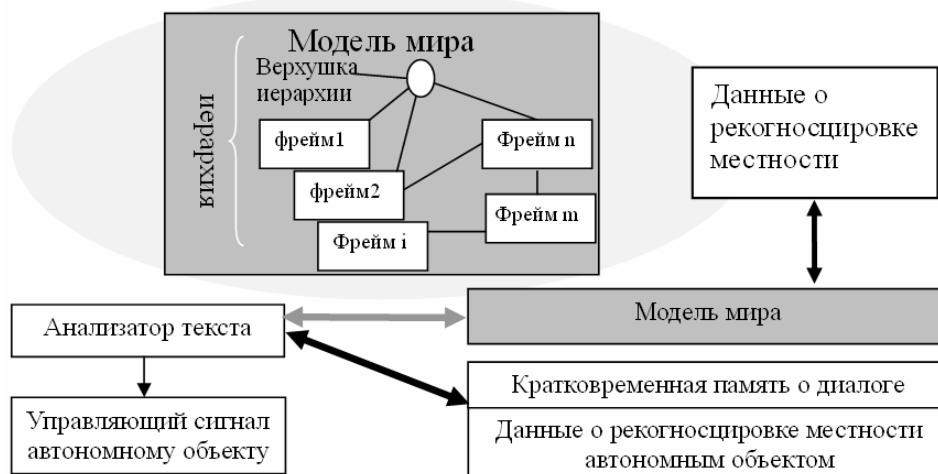


Рис. 1. Структура базы знаний

Следующий уровень иерархии – это сценарии, оперирующие знаниями из первого уровня при помощи законов причинно-следственной связи, находящихся на втором уровне. Сценарии не только дают информацию о последовательности действий, но и косвенно описывают существование времени, но не по его продолжительности, а по отношению к событиям, например: стало светло, значит – утро, стало темно, значит – вечер.

Простейший сценарий или модель события – один из базовых компонентов модели [2]. Формирование новых знаний осуществляется через оперирование моделями событий. Первичная модель событий, полученная на основе опыта, – это лишь начало процесса формирования знаний. Затем происходит организация знаний, полученных опытным путём, их структуризация и использование как самих знаний, так и сформированных структур данных.

Но опыт – не единственный источник знаний о мире. Такие операции со знаниями, как различного рода трансформации, категоризация, логический вывод, создают структуры знаний, которые могли не иметь аналогов в опыте интеллектуальной системы.

Модели событий, полученные из опыта, являются толчком к построению более сложных моделей [2]. На основе первичной модели события или сценария, полученного из непосредственного опыта, можно получить и другие сценарии путём

структуризации данных [8], категоризации данных [1] происходит формирование новых сценариев.

Формирование базовой модели события определяется ожиданиями, предшествующим опытом и другими факторами. Например, важную роль играют базовые знания, поставленные цели, табу.

Существует обоюдная зависимость: первичное восприятие события определяется предшествующими знаниями, а процесс освоения новых знаний зависит от первичного восприятия.

Базовые модели, сформированные на основе опыта, – первый слой следующего уровня иерархии представления знаний. Другие слои представляют собой скорее динамические системы, в которых различные структуры несут различные типы информации.

Схема знакомого события занимает промежуточное положение между базовым представлением и абстракциями (например, такими как иерархические категории). Схемы событий производны от конкретных переживаний реальных событий и поэтому они несут информацию о том, как устроен мир.

Одновременно схемы во многом абстрагированы от реальности. Отдельные элементы события, такие как объекты, люди, действия, представляются в схеме в виде концептов, которые могут включаться в другие структуры. На еще более абстрактном уровне эти концепты могут входить в иерархические структуры таксономических категорий или логических (математических) систем. По всей видимости, все типы представлений (модели событий, абстрактные концепты) используются в оперировании старыми знаниями для выработки новых конструкций типа планов, предсказаний. Как видно из предыдущего раздела, такое устройство модели мира соответствует устройству фреймовой модели представления знаний.

Такую иерархию можно организовать в виде семантической сети, в узлах которой находятся фреймы, описывающие объекты. Она состоит из двух блоков: описаний абстрактных представлений и описаний конкретных объектов. Абстрактные представления вносятся экспертом. Реальные объекты по этим абстрактным представлениям идентифицируются самим автономным объектом с помощью его собственных датчиков и описываются в ходе диалога. При этом заполняются свойства и характеристики, и проставится ссылка на соответствующий абстрактный объект.

Таким образом, используется свойство фреймов – наличие и возможность заполнения незаполненных слотов. Структура фрейма определяется экспертом и зависит от типа объекта. Для абстрактных объектов фрейм имеет слоты, соответствующие постоянным характеристикам объекта такого типа. Для объектов реального мира фрейм, помимо этого, включает слоты, соответствующие переменным характеристикам объекта такого типа. Структура фрейма изображена на рис. 2.

Структура интерфейса, отвечающего поставленным требованиям и имеющего описанные характеристики, изображена на рис. 3.

Для реализации описанной модели разработаны алгоритмы, позволяющие переходить от предложения, как единицы текста, к его смыслу; определять тип, к которому относится предложение для его дальнейшей обработки; пополнять базу знаний модели мира; выполнять команду, разрешать неоднозначности при помощи модели мира.

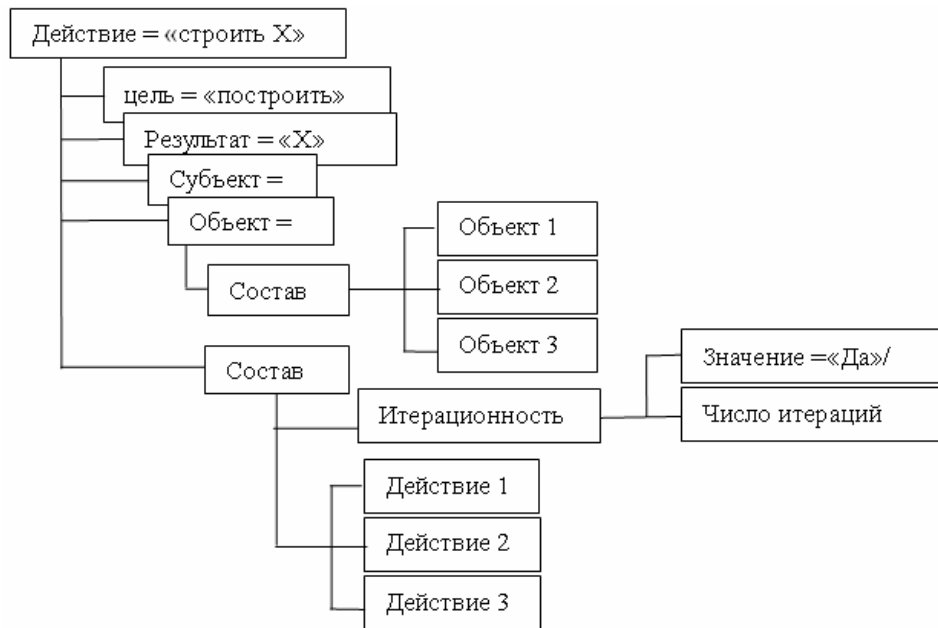


Рис. 2. Структура фрейма базы знаний

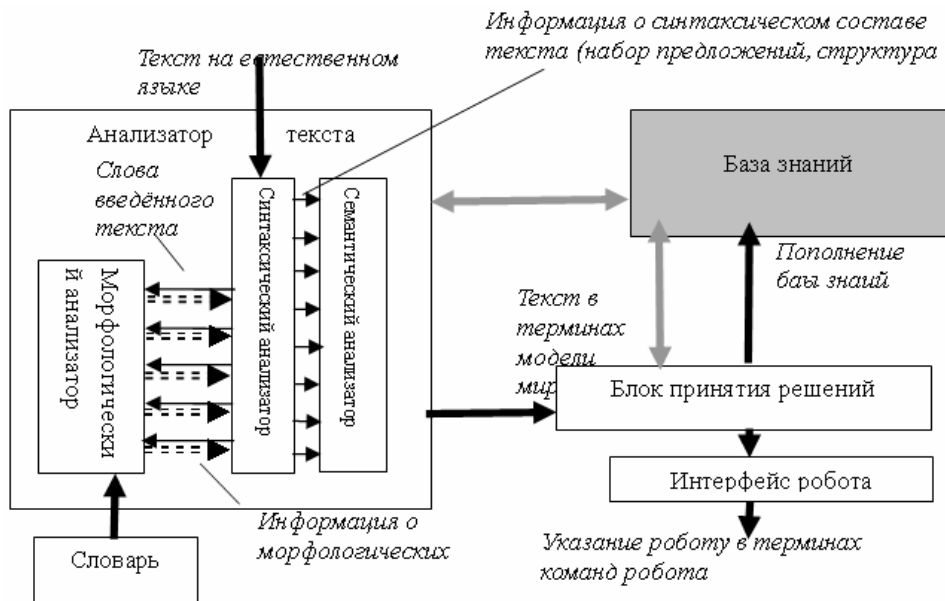


Рис. 3. Структура интеллектуального интерфейса

Например, если предложение побудительное, то используется алгоритм выполнения побуждения, который иллюстрирует рис. 4.

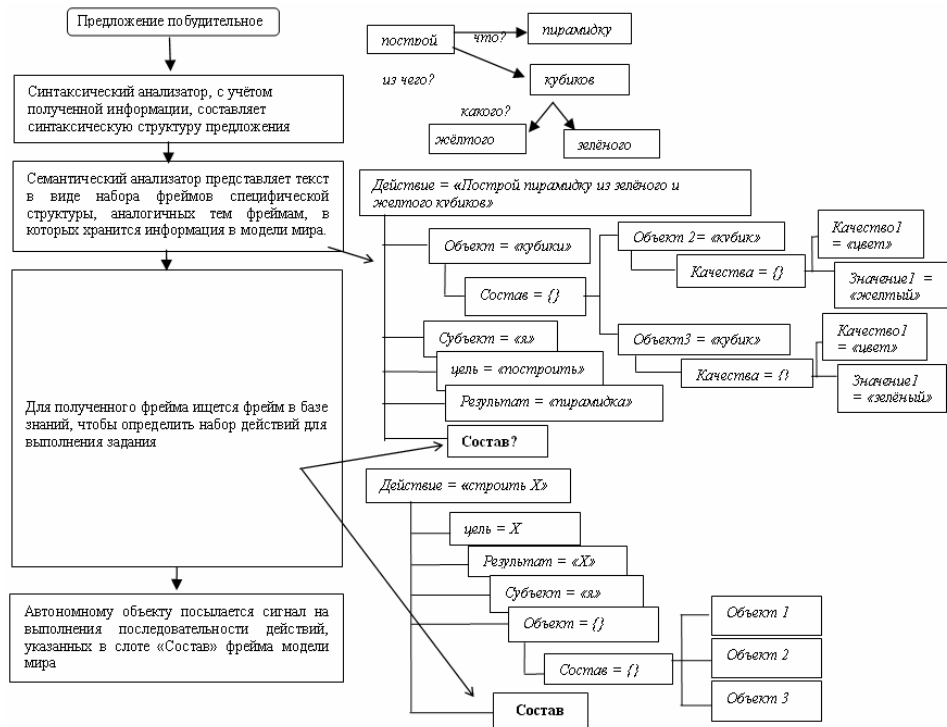


Рис. 4. Алгоритм выполнения побуждения

Если побудительное предложение неоднозначно, используется алгоритм выделения контекстных данных для обработки сложной побудительной фразы, изображенный на рис. 5.

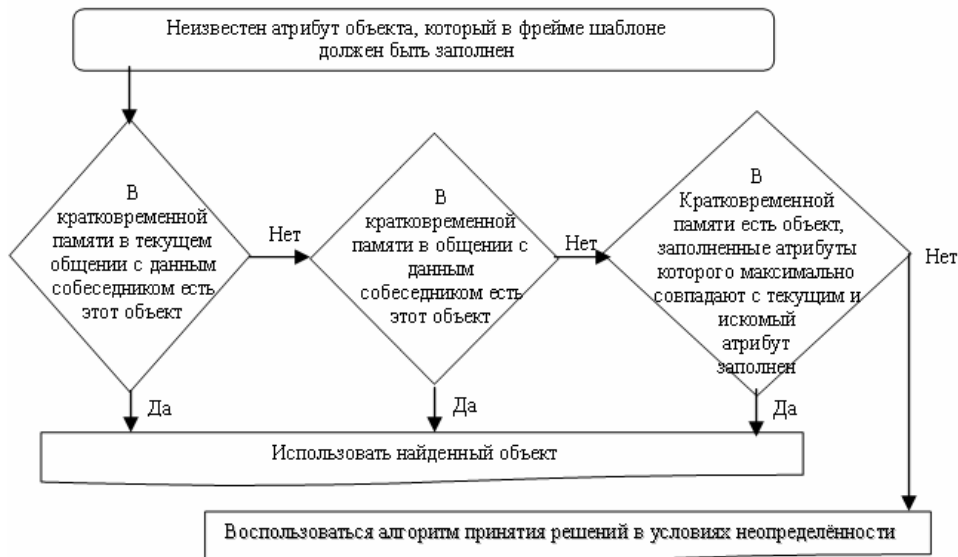


Рис. 5. Алгоритм выделения контекстных данных для обработки сложной побудительной фразы

Если предыдущая дискуссия и выделенный из неё контекст, не снимают неоднозначность, используется алгоритм принятия решений в условиях неопределённости, показанный на рис. 6.

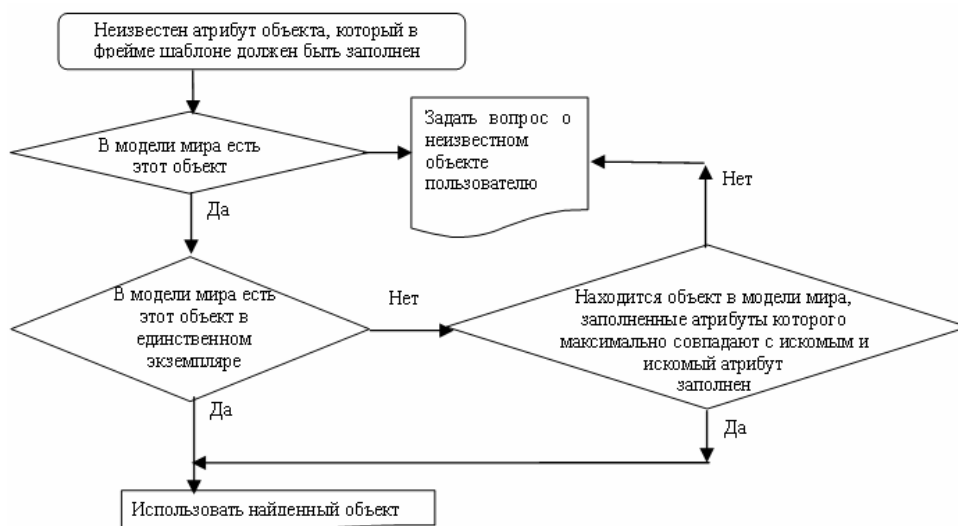


Рис. 6. Алгоритм принятия решений в условиях неопределённости

Если побудительно предложение ставит перед автономным объектом задачу, для которой не существует алгоритм решения в базе знаний, используется алгоритм решения нестандартных задач с последующим пополнением модели мира на основе поиска противоречий.

Для развития базы знаний используется алгоритм формирования базы знаний на основе обобщения имеющихся знаний. Обобщение происходит путём применения трансдукции. Трансдукция – это умозаключение, при котором на основе сходства некоторых свойств объектов делается вывод и о сходстве остальных. В данной работе трансдукция выражается в том, что объектам, имеющим одинаковые постоянные свойства, присваиваются одинаковые возможные действия.

Эти и более мелкие алгоритмы позволяют реализовать сформированные требования к интеллектуальному интерфейсу.

С помощью разработанного программного обеспечения было проведено сравнительное экспериментальное исследование функционирования разработанного интерфейса и интерфейса на основе простой фреймовой модели в экстремальных условиях.

По результатам исследования были выявлены положительные и отрицательные характеристики обоих интерфейсов, представленные в таблице 1.

Таблица 1

	Интерфейс с моделью мира	Интерфейс с простой фреймовой моделью
«+»	<ul style="list-style-type: none"> • Пользователю в стрессовой ситуации нет необходимости повторять сказанное и точно формулировать задачу, так как эта информация уже сохранена в «быстрой» памяти • В модели мира хранится гораздо больше информации, чем во фреймовой модели, а именно о действительных и возможных взаимосвязях объектов диалога, опущенных в диалоге • Из предшествующего разговора взята дополнительная информация, которая впоследствии может оказаться решающей, например, о неполноте гранаты, что определяет её внешний вид • Даже если какая-то информация неизвестна, это вызовет гораздо меньше вопросов, чем у интерфейса, использующего прагматическую диалоговую модель, который будет выяснять постановку задачи «с нуля». 	<ul style="list-style-type: none"> • При точной формулировке задания минимален риск недопонимания
«-»	<ul style="list-style-type: none"> • Недопонимание вследствие неполноты или некорректности заполнения модели мира может выясниться в самый последний момент, однако, риск этого не велик 	<ul style="list-style-type: none"> • Из-за попытки максимально точно понять условия задачи автономный объект может не успеть выполнить поставленную задачу • Анализируется только информация, содержащаяся в постановке задачи. В стрессовой ситуации человек может забыть повторить что-то из уже сказанного, что может оказаться важным для решения задачи

Проведённые экспериментальные исследования показали, что использование модели мира описанной структуры существенно повышает скорость и эффективность работы интерфейса.

В работе разработана и описана структура человеко-машинного интерфейса автономного объекта, в которой учтено то, что автономный объект может находиться на удалении от оператора и, следовательно, может и должен принимать решения в реальном времени на основе собственных знаний, рекогносцировки местности и предшествующего диалога с оператором. Для достижения этих целей было

предложено использовать базу знаний на основе модели мира. Предложенная модель мира легко пополняема в ходе диалога на естественном языке, не имеет ограничений по структуре, количеству и типу связей, использует объектно-ориентированный подход. Модель дополнена так называемой «быстрой памятью», а именно историей последних диалогов, которые в первую очередь используются для разрешения неопределённостей. Разработанная модель мира показала свою конкурентоспособность в ходе экспериментов, в том числе, по принятию решения в условиях неопределённости. В данной работе были разработаны алгоритмы и программное обеспечение для функционирования предложенной модели. При помощи разработанного программного обеспечения были проведены тестовые испытания интерфейса, которые были признаны удовлетворительными. При сравнительном анализе работы данного интерфейса с интерфейсом, не использующим модель мира, лучшие результаты были получены для разработанной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Искусственный интеллект: Справочник, в 3-х книгах – М.: Радио и связь, 1990.
2. Katherine Nnelson. Event Knowledge Structure and Function in Development. Hillsdale, New Jersey – 1.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1986. – P. 2.
3. Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных. – М.: Наука, 1989.
4. Thomas Laengle, Tim C. Lueth, Eva Stopp, Gerd Herzog, Gjertrud Kamstrup "KANTRA - A Natural Language Interface for Intelligent Robots" In: U. Rembold, R. Dillman, L.O. Hertzberger, and T. Kanade (eds.), Intelligent Autonomous Systems (IAS 4), pp. 357-364. Amsterdam: IOS, 1995.
5. Lauria S., Bugman G., Kyriacou T., Bos J. and Klein E., «Training Personal Robots Using Natural Language Instruction», IEEE Intelligent Systems 16 (5) : 38-45, 2001.
6. Spiliotopoulos D., Androutsopoulos I., and Spyropoulos C.D., «Human-Robot Interaction Based on Spoken Natural Language Dialogue». European Workshop on Service and Humanoid Robots (ServiceRob-2001), Santorini, Greece, 25-27 June, 2001.
7. Гаврилов А.В., Губарев В.В., Джо К.-Х., Ли Х.Х. "Архитектура гибридной системы управления мобильного робота" Научный вестник НГТУ. – 2004. № 2.
8. Лачинов В.М. «Задача структуризации данных в концепции динамического объекта». Труды Международной конференции "Интеллектуальные системы информационных технологий управления", 2000.