

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՑԹԻ ԵՎ  
ՄՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

**ՄԱՆՈՒԿՑԱՆ ԷՄԻՆ ՍՈՒՐԵՆԻ**

**ԻՆՏԵՐՆԵՏ-ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԿԻՐԱՌՄԱՍԲ ՄՊԱՍԱՐԿՄԱՆ ՈԼՈՐՏԻ  
ՌՈԲՈՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ե.13.02 - «Ավտոմատացման համակարգեր» մասնագիտությամբ տեխնիկական  
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման  
ատենախոսության

**ՄԵՂՍԱԳԻՐ**

**ԵՐԵՎԱՆ 2019**

---

---

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И  
СПОРТА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ**

**МАНУКЯН ЭМИН СУРЕНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СФЕРЫ  
ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.13.02 – «Автоматизированные системы»

**ЕРЕВАН 2019**

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ)

Գիտական ղեկավար՝  
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

տ.գ.դ. Ս. Հ. Մինոնյան  
տ.գ.դ. Ա. Գ. Հարությունյան  
տ.գ.թ. Մ. Ջ. Թամազյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Եվրոպական համալսարան

Ատենախոսության պաշտպանությունը տեղի կունենա 2019թ. նոյեմբերի 22-ին ժամը 14<sup>00</sup>-ին ՀԱՊՀ-ում գործող «Կառավարման և ավտոմատացման» 032 Մասնագիտական խորհրդի նիստում (հասցե՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105, 17-րդ մասնաշենք):

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2019թ. հոկտեմբերի 11-ին:

032 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, տ.գ.թ.՝



Ա.Վ. Մելիքյան

---

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении (НПУА)

Научный руководитель:  
Официальные оппоненты:

д.т.н. С.Г. Симонян  
д.т.н. А.Г. Арутюнян  
к.т.н. М.Дж. Тамазян

Ведущая организация:

Европейский университет

Защита диссертации состоится: 22 ноября 2019г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании Специализированного совета 032 - “Управления и автоматизации”, действующего при НПУА (адрес: 0009, г.Ереван, ул. Теряна, 105, корпус 17).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 11 октября 2019г.

Ученый секретарь Специализированного совета 032 к.т.н.,



А.В. Меликян

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы.** В экономически развитых странах процент людей, работающих в производственных предприятиях, постоянно уменьшается. В то же время среди населения процент работников в сфере культуры и обслуживания увеличивается. Наряду с этим, наблюдается стремительное развитие информационных технологий и расширение сфер их применения. С учетом указанных тенденций, экономически выгодным становится создание роботизированного искусственного интеллекта и его внедрение в сферу услуг.

**Цель и задачи исследования.** Разработка методов и алгоритмов автоматизированного управления робототехническими системами с использованием интернет-технологий, которые обеспечат наилучшие эксплуатационные характеристики.

### **Исходя из поставленной цели, в работе решены следующие задачи:**

- разработка принципиальных схем использования ситуационных моделей предметной области (ПО) в облачных робототехнических системах (ОРС);
- разработка архитектуры базы знаний (БЗ), отвечающей требованиям ОРС;
- разработка схемы организации программного планировщика работ работа на основе семантической сети;
- разработка проблемно ориентированного языка программирования для организации работ программных планировщиков в ОРС;
- разработка метода синтаксически-семантического анализа входного текста команды, задаваемой роботу;
- разработка метода вероятностного анализа входного текста команды, задаваемой роботу.

**Методы исследования.** В работе использованы методы теории вероятности и математической статистики, методы проектирования и разработки баз данных и баз знаний. Методы теории систем массового обслуживания

### **Научная новизна полученных результатов:**

1. Разработаны схемы организации имитационных моделей ПО ориентированные на представление этих моделей в базе данных ОРС.
2. Разработана схема организации программного планировщика работ работа на основе семантической сети.
3. Разработаны основы проблемно ориентированного языка программирования для организации работ программных планировщиков в ОРС.

4. Разработаны методы вероятностного синтаксически-семантического анализа входного текста.

**Практическая значимость работы.** Работа выполнена в базовой научно-исследовательской лаборатории "Машинного перевода" НПУА, а также в рамках программы научных работ кафедры "Информационные технологии и автоматизация" НПУА. При этом:

- на основе предложенных в работе методов организации работы программных планировщиков ОРС были разработаны машинные алгоритмы, на основе которых можно осуществить рабочее проектирование программных модулей ОРС;
- предложенные в работе методы организации синтаксически-семантического анализа текста команд на естественном языке получили практическую реализацию в виде программного обеспечения, написанного на языке С. Эти модули были протестированы и внедрены в систему машинного перевода, разработанную в лаборатории "Машинного перевода" НПУА, а также в диалоговые системы разработанные в ООО "ИСМА", фирмы SYLEX;
- программное обеспечение, разработанное на основе этих алгоритмов, можно использовать при создании роботов, эксплуатируемых в сфере обслуживания.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Методы организации "прозрачных" слоев базы знаний, используемые программным планировщиком ОРС при решении задач планирования оптимального поведения роботов.
2. Система организационных единиц базы знаний ОРС, предназначенных для использования в блоках планирования действий робота.
3. Проблемноориентированный язык программирования высокого уровня, операторами которого составляют макропрограммы выступающие в качестве отдельной организационной единицы в БЗ и используемые для организации работы программного планировщика.
4. Алгоритм семантического и синтаксического автоматизированного анализа входного языка, который позволяет получить иерархический граф грамматического разбора текста входной команды.

#### **Апробация результатов работы:**

Основные теоретические и практические результаты работы докладывались на:

- ежегодных конференциях Национального политехнического университета Армении (2013, 2015-2018гг.);
- научных семинарах кафедры "Информационные технологии и автоматизация" НПУА (2017, 2018гг.);
- научных семинарах базовой лаборатории "Машинного перевода" НПУА (2013-2018гг.);
- ежегодной конференции Российско-Армянского (Славянского) университета (2016 г.).

**Публикации.** Основные научные результаты работы опубликованы в девяти научных работах, список которых приведен в конце автореферата.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и списка литературы из 134 наименований. Основной текст представлен на 148 страницах, включая 28 рисунка и 4 таблицы. Диссертация написана на армянском языке.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи работы, представлены научная новизна, практическая значимость основные научные положения, выносимые на защиту. Приведено краткое содержание глав диссертации.

**В первой главе** проведен обзор литературных источников, рассмотрены известные разработки робототехнических систем, действующих в сфере услуг. Приведены технико-экономические показатели этих систем, дан их сравнительный анализ. Обоснована актуальность применения облачных технологий в робототехнических системах. Сформулированы требования к построению технических средств, функциям и параметрам роботов, работающих в ОРС. Подчеркнута необходимость базы знаний в ОРС в качестве его основного компонента. Результаты анализа литературных источников подтверждают, что в ОРС целесообразно использовать базу, имеющую логическую структуру семантической сети.

Обоснована также необходимость разработки эффективных методов организации схем программных планировщиков в ОРС.

**Во второй главе** рассмотрены вопросы, связанные с организацией БЗ в ОРС. Программное обеспечение управления ОРС должно обеспечить представление как модели предметной подобласти (ПП), так и модели действия рабочих роботов. С этой целью предлагается применять методы имитационного моделирования.

Первый этап работы ОРС связан с анализом текста входной команды оператора-инструктора, задаваемой на ограниченном естественном языке. Он реализуется с помощью семантической сети БЗ, в результате чего получается иерархический граф грамматического разбора входного предложения, узлами которого являются понятия, выражающие значение членов предложения, а связи между ними соответствуют синтаксическим отношениям между членами предложения.

Исходя из этого, в работе предлагаются средства логического представления подбазы знаний.

Предложены также системы связи, используемые при формировании семантической сети, и методы физической организации каждой из этих связей.

В главе приводятся также методы организации “прозрачных” слоев подбазы данных. Программный блок, планирующий работу робота, обычно генерирует различные варианты поведения робота, чтобы в дальнейшем выбрать наиболее

эффективный из них. При этом все возможные шаги робота и их последствия отображаются в подбазе данных. При нахождении неудачного варианта плана необходимо вернуться к исходному состоянию. Естественно, что при этом восстановление должно осуществляться не в предметной области, а по его имитационной модели в интернете.

Для упрощения организации таких действий по восстановлению рекомендуется ввести в рассмотрение временные “прозрачные” слои подбазы данных.

**В третьей главе** рассмотрена организация блока планирования действий робота в ОРС. Для этой цели предлагается использовать новые организационные единицы БЗ ОРС, которые облегчат работу программиста-планировщика. К ним относятся:

1. Связи, представляющие взаимное расположение объектов ПО.
2. Макропрограммы, представляющие собой последовательность определенных процедур.
3. Синтаксические связи, которые конкретизируют грамматические отношения дополнений глаголов.

Эти отношения устанавливаются у концептов (представляющих существительные), связывающих этот концепт с глаголом, действия которого применимы для всех подтипов этого концепта.

В начале работы блока планирования определяются узлы семантической сети БЗ, которые представляют команды оператора (инструктора), и объекты, по отношению к которым нужно выполнить эти команды.

Предлагаемые новые организационные единицы БЗ позволяют разделить средства планирования работ роботов на отдельные компоненты. Некоторые из этих компонентов представляют собой вспомогательные действия, выполнение которых необходимо для достижения цели исходной команды инструктора. Эти вспомогательные действия могут быть представлены в виде макропрограмм, введенных в отдельные узлы семантической сети. Для интерпретации целевой команды инструктора организуется просмотр семантической сети базы, выбираются пути, ведущие от активных концептов (представляющие объекты ПО) к концепту глагольного типа (представляющему команду инструктора). Далее производится просмотр выбранного пути и сцепления всех макропрограмм, находящихся на этом пути. Последовательность сцепленных программ далее передается рабочим роботам для их выполнения.

В то же время некоторые участки этого пути получают с помощью макроподпрограмм, активизированных в телах макропрограмм. Макропрограммы и макрокоманды введены в узлы этого пути. Проходя по узлам найденного пути, активизируются макропрограммы, введенные в узлы этого пути. К каждой команде макропрограммы приписывается указатель на библиотеку функций, составленных проблемно ориентированным языком robot-c. Этот указатель активизируется при удачном завершении данной команды. Таким образом, последовательность сцепленных списков функций позволяет получить план реализации команды.

Эксплуатация ОРС протекает в условиях динамичности окружающей среды. При этом динамика внешней среды вынуждает модифицировать отдельные

компоненты системы, а простота эксплуатации непосредственно зависит от независимости программных и информационных блоков системы. То есть изменение или обновление отдельных компонентов не должно влиять на работу соседних компонентов и не должно привести к перепрограммированию остальных средств программного обеспечения. В работе показано, что предлагаемые методы и средства организации работ ОРС обеспечивают достаточный уровень независимости.

Другим фактором, обеспечивающим эффективность внедрения и эксплуатации ОРС, является использование интернет-средств для обеспечения диалоговой связи между человеком и машиной.

В главе предлагается также многослойная архитектура программного обеспечения ОРС (рис. 1).

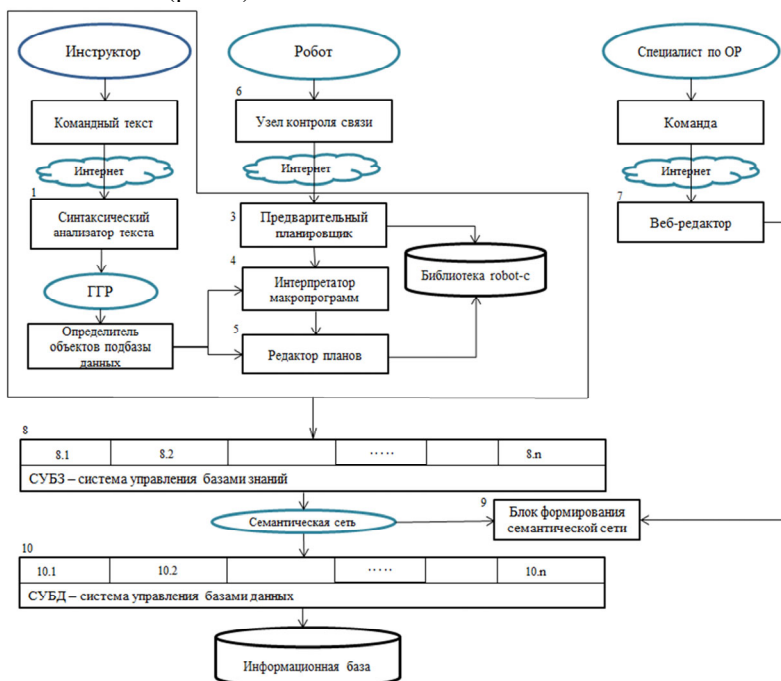


Рис. 1. Многослойная архитектура программного обеспечения ОРС.

Предложенная схема включает программные компоненты, которые работают в интеллектуальной системе ISMA. Предлагаемая архитектура отражает развитие некоторых из этих функций и адаптацию этих компонентов к целям ОРС. Кратко опишем работу программных средств, организованных вышеописанным способом.

**Блок 1.** Выполняется синтаксически-семантический анализ текста задания инструктора, представленного на естественном языке (глава 4). В результате

получаем граф грамматического разбора (ГПР), представляющий синтаксис и семантику входного предложения. В дальнейшем программными компонентами ОРС осуществляется интерпретация действий, представленных данным графом.

**Блок 2.** Осуществляется интерпретация поддеревьев ГПР, начиная со 2-го уровня, и определяются объекты предметной области, по отношению к которым робот должен выполнять команду инструктора.

**Блок 3.** Выполняется поиск пути от узлов соответствующих объектов предметной области, найденных на предыдущем шаге, до узлов глагольного типа, указанных в тексте команды инструктора.

**Блок 4.** Выполняется интерпретация макропрограмм, приписанных к узлам пути, найденных в блоке 3. При этом, если в макропрограммах имеются команды вызова макроподпрограмм, то текущее состояние запоминается в стековой системе, и заново начинается работа программы, начиная с блока 1.

**Блок 5.** Выполняется редактирование фрагментов ранее выбранного плана. Последовательность выбранных микрошагов представляется модулями языка robot-c из библиотеки системы.

**Блок 6.** С помощью интернет-средств выполняется передача рабочим роботам найденного списка функций robot-c. Этим же путем получают выходные данные датчиков, фиксирующих текущее расположение робота в предметной области.

**Блок 7.** Реализуются функции веб-редактора, с помощью которого специалист, внедряющий ОРС, осуществляет моделирование ПО. Этим же редактором составляются макропрограммы, приписывающие к узлам семантической сети. В дальнейшем, в процессе эксплуатации, параметры модели предметной области уточняются на основе информации, получаемой от датчиков робота.

**Блок 8.** Осуществляется введение базы знаний, имеющей строение семантической сети, посредством программной системы управления БЗ. Последняя предоставляет пользователям список операторов специального языка манипулирования с элементами семантической сети.

**Блок 9.** Посредством списка команд языка манипулирования данными систем управления БЗ осуществляется формирование отдельных элементов семантической сети поддерживаемой базы.

**Блок 10.** Реализуются функции систем управления БЗ, осуществляющие физическую организацию БЗ сетевой структуры. При этом выполняется прямой доступ к физическим данным, поддерживаемым посредством так называемых "В-деревьев".

В главе предлагается также многоуровневая архитектура программного обеспечения ОРС.

**В четвертой главе** рассматриваются методы организации диалога между инструктором и рабочим роботом в облачной робототехнике. Входная команда инструктора задается текстом, составленным на естественном языке. В текущем текстовом анализаторе ISMA входной текст команды преобразуется в



иерархический граф, который является результатом грамматического анализа входного предложения. Входным текстом инструкции предлагается выполнить определенные функции с объектами предметной области. Обычно эти предметы семантической сети представляются концептами существительного типа и являются прямыми и косвенными дополнениями глагола, представляющего суть команды инструктора. Указанное дополнение отражается в БЗ в виде специальных отношений-связей между концептами глагольного типа и концептами существительного типа. Команда инструктора задается над реальными объектами ПО.

В семантической же сети БЗ отношения типа дополнения не задаются между концептом глагольного типа и указанным объектом. В БЗ эти связи-отношения устанавливаются между концептами глагольного типа и некоторыми концептами существительного типа, являющимися обобщением указанных в команде инструктора объектов. Если в ПО имеется несколько объектов, тип которых указан в команде инструктора, то в ней должны быть указаны свойства требуемого объекта, с помощью которых он отличается от остальных подобных объектов. В графе грамматического разбора входной команды получают фрагменты, отображающие указанные свойства, а также имя класса, которому принадлежит искомый объект предметной области. Отличительные свойства искомого объекта ГПР представляются с помощью связей-отношения этого объекта с соседними объектами ПО и атрибутами этого объекта. Поиск и активизация искомого объекта, указанного в команде инструктора, реализуются путем сопоставления ГПР с семантической сетью БЗ, отражающей ПП.

Указанный граф на выходе анализатора получается в виде списка записей (представляющих узлы графа) и списка указателей между записями (представляющими ветви графа). Такая форма представления ГПР является неудобной для организации работ блока управления действиями робота. Поэтому в текущей работе предлагается к программным средствам анализатора входных текстов добавить дополнительный программный модуль.

В работе приводится формат внутримашинного представления текста инструкции, который получается в результате работы добавленного модуля. При разработке указанного формата учитываются как удобство его последующей интерпретации, так и простота получения из уже имеющегося формата представления ГПР. В предлагаемом формате концепты, представляющие узлы ГПР, отображаются в виде функций, имена которых совпадают с именами соответствующих узлов ГПР. Эти функции вложены друг в друга и представляют так называемую "польскую запись" сложных функций. Программная интерпретация этой записи выполняется в последовательности вызовов подпрограмм robot-c.

В работе также предлагается организация семантического анализа входного текста, которая реализуется на первом этапе синтаксически-семантического анализа. Здесь определяется часть речи каждого слова, анализируются список предлогов, приставок, префиксов, суффиксов, параметры склонения или спряжения, а также список понятий, которые претендуют на значение этого слова (независимо

от контекста). Выполнение вышеуказанных действий напрямую зависит от физической организации словарной базы системы, для которой рекомендуется использовать так называемые "В-деревья" (рис. 2).

Это дерево представляет собой иерархию списков ссылок. Количество элементов в списке (количество ссылок) совпадает с количеством символов в алфавите языка. В случае такой компоновки, исходя из алфавитного номера текущего слова, в дереве выполняется переход сверху вниз до терминального узла этого дерева. При создании В-дерева в терминальные узлы вносятся указатели на запись тела концепта, имя которого соответствует данному терминальному узлу.

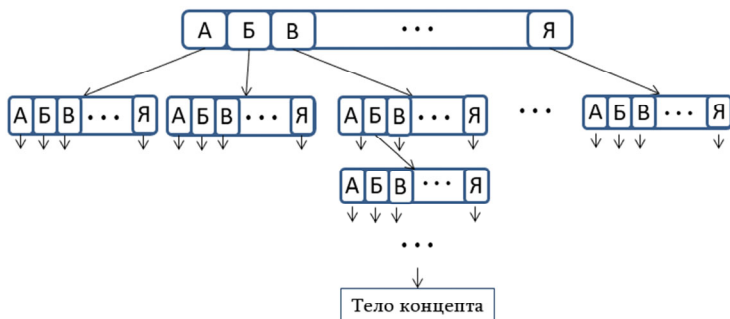


Рис. 2. Физическая организация словарной базы с помощью В-деревьев

Исходя из вышесказанного, анализируя буквенный состав входного слова, производится спуск по дереву до соответствующего терминального узла и далее - одноименного концепта БЗ. Описанное дерево организовывается в оперативной памяти, поэтому потерей времени на распознавание слов входного текста можно пренебречь. Списки нижних уровней В-дерева в реальных словарных базах обычно получаются очень разреженными. Используя различные программные приемы поддержания разреженных векторов, в работе предлагаются некоторые методы сжатия В-деревьев. Таким образом, в результате морфологического анализа получаем список концептов, претендующих на смысл входного слова текста, каждый из которых имеет уровень достоверности, состоящий из 4-ех компонентов:

- $P_0(k_i)$  - априорная вероятность концепта, являющаяся независимой от контекста и задаваемая при формировании концепта в БЗ;
- $P_1(k_i)$  - вероятность связи концепта  $k_i$  с соседними по тексту концептами. Данная вероятность получается в результате синтаксически-семантического анализа входного текста;
- $P_2(k_i)$  - определяется наличием определенных синтаксических конструкций в соседних фрагментах текста. Данный компонент получается в результате контекстуально зависимого анализа входного текста. Такой анализ осуществляется операторами специального проблемно ориентированного метаязыка, с помощью которого лингвист отражает каноны

идентификации определенных лингвистических жестких конструкций, найденных в тексте.  $P_2(k_i)$  может принимать также бинарные значения;

- $P_3(k_i)$  - вероятность появления концепта  $k_i$  в предложениях, характерных теме анализируемого текста.

В работе предлагается схема организации расчета величин  $P_0(k_i)$ - $P_3(k_i)$ . Рассмотрим эту схему.

Пусть, для каждой  $k_i$  позиции известно множество  $R\{k_i\}$ , где  $R\{k_i\}$  - подмножество связей, претендующих на связь-отношение между концептами  $k_i, k+1$  и между  $k_i, k-1$ . Т.е.  $R\{k_i\} = \{r(k_i, (k+1)_j)\}$ , где  $r(k_i, (k+1)_j)$  - синтаксически-семантическая связь-отношение  $k_i$  с соседними концептами  $(k+1)_j$ ,  $j = \overline{1, \max_j}$ , где  $\max_j$  является количеством концептов, претендующих на позицию  $k+1$ . Здесь для определения типа и вероятности отношения  $r(k_i, (k+1)_j)$  выполняется предварительный синтаксический анализ слов, находящихся на позициях  $k$  и  $k+1$ , а также семантический анализ для концептов, находящихся на позициях  $k_i$  и  $(k+1)_j$ . В результате получаем вероятности  $P'(k_i, (k+1)_j)$ ,  $P''(k_i, (k+1)_j)$ , где  $P'(k_i, (k+1)_j)$  является синтаксической составляющей связи-отношения  $r(k_i, (k+1)_j)$ , а  $P''(k_i, (k+1)_j)$  - семантической составляющей связи-отношения  $r(k_i, (k+1)_j)$ .

Вероятность синтаксически-семантической связи-отношения определяется как  $P(k_i, (k+1)_j) = P'(k_i, (k+1)_j) \cdot P''(k_i, (k+1)_j)$ . На основе рассчитанной  $P(k_i, (k+1)_j)$  определяется  $P(k_i, k+1)$ , т.е. вероятность появления  $i$ -го концепта  $k$ -й позиции. Вероятность синтаксически-семантической связи-отношения определяется как

$$P(k_i, (k+1)_j) = P'(k_i, (k+1)_j) \cdot P''(k_i, (k+1)_j) = \frac{\sum_{j=1}^{\max_j} P((k+1)_j) \cdot P(k_i, (k+1)_j)}{\sum_{j=1}^{\max_j} P(k_i, (k+1)_j)} \quad (1)$$

Рассчитав  $P(k_i, (k-1)_j)$  для позиции  $k-1$  формулой (1), можем получить искомым  $P_1(k_i)$  в виде  $\max(P(k_i, (k+1)_j), P(k_i, (k-1)_j))$ .

В работе приводятся методы определения  $P_3(k_i)$ .

На следующем этапе анализа текста  $P_3(k_i)$  определяется множество списков концептов, претендующих на слова текста. Следующим этапом анализа входного текста является выбор наиболее вероятных элементов из списка и составление из них последовательности концептов, являющихся наиболее вероятным аналогом последовательности слов входного текста. При выборе концепта, претендующего на конкретную позицию последовательности из выбранного списка, нужно руководствоваться степенью его связанности не только со словами данного предложения, но и со словами текста, содержащего данные предложения.

Имея степень совпадения концептов, претендующих на слово, в работе предлагаются алгоритмы, с помощью которых генерируются ГТР, претендующие уже на предложение, а также приводятся методы оценки степени их правдоподобности.

В главе также предлагается рассмотреть ОРС как систему массового обслуживания (СМО). Это позволяет уже на этапе эскизного проектирования ОРС оценить ожидаемые эксплуатационные характеристики проектируемой ОРС. Для получения модели ОРС в виде СМО необходимо анализировать информационные потоки, действующие в ОРС, а также средства обработки этих потоков (рис. 3).



Рис. 3. Схема, организующая обработку информационных потоков

Здесь, в процессе эксплуатации ОРС, посредством интернет-каналов рабочим роботам передается управляющая ими информация, а в обратном направлении через эти каналы в центральный сервер передаются результаты выполнения команд. В ОРС поток запросов от центрального сервера к рабочим роботам и обратно, передаваемых по интернет-каналам, можно считать случайным и независимым. Случайными также можно считать моменты передачи информации по указанным каналам и ее обработки. При небольшом числе рабочих роботов в центральном сервере могут возникнуть конфликты между каналами - одновременное получение заявок на обработку. Для исключения возможных потерь заявок в ОРС предлагается использовать блок организации очередей заявок и обеспечить оптимальное обслуживание этих заявок. При технической реализации средств приема и обработки заявок, поступающих от роботов, функцию Блока 1 выполняют средства программной планировки ОРС, работающие под управлением операционной системы Linux, а функции Блока 2 - средства поддержания apache серверов, к которым заявки поступают http:// протоколом.

Описанную схему можно рассмотреть как систему массового обслуживания (СМО) потока заявок пуассоновского характера. Это обусловлено тем, что:

- 1) заявки, поступающие от роботов, независимы друг от друга и имеют случайный характер;

2) поток заявок можно считать ординарным, так как вероятность одновременного поступления двух заявок является очень маленькой, и такую ситуацию можно игнорировать.

При описанной ситуации число заявок, поступающих в интервале  $(t_0, t_0 + \tau)$ , является случайной величиной и подчиняется пуассоновскому распределению:

$$P_n = \frac{a^n}{n!} e^{-a},$$

где  $a$  - математическое ожидание числа заявок, поступающих в интервале  $[t_0, t_0 + \tau]$ , т.е.

$$a = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \lambda(t) dt,$$

где  $\lambda(t)$  является плотностью потока заявок.

Далее принимается, что  $\lambda(t) = \text{const}$ , и поток заявок считается простым пуассоновским потоком, т.е. поток можно считать стационарным, из чего следует, что  $a = \lambda\tau$ .

Если рассматривать ОРС как систему массового обслуживания, то параметрами, определяющими ее работу, можно считать:

- $n$  - количество каналов по которым принимают заявки, то есть количество обслуживаемых роботов;
- $\lambda$  - плотность потока заявок по каждому каналу;
- $\mu$  - плотность обслуживания заявок в одном канале.

Здесь  $\mu$  определяется как  $\mu = 1/t$ , где  $t = M[T_{\square}]$ , причем  $M[\cdot]$  является оператором определения математического ожидания,  $T_u$  - продолжительность обслуживания одной заявки (рис. 3, блок 1) в узле централизованного обслуживания заявок (планирования действий) и является случайной величиной.

Система массового обслуживания, реализованная по приведенной на рис. 3 схеме, в случае невозможности обслуживания заявок, полученных от данного канала, передает задание обслуживания следующему каналу. В СМО, работающих по вышеописанному способу обработки отказов, получаются состояния, взаимная связь которых показана на рис. 4. На приведенном рисунке  $S_k$  ( $0 \leq S_k \leq n$ ) представляет состояние, при котором в процессе обслуживания потоков заявок занято  $k$ -е количество каналов из  $n$  заданных. На рисунке показан переход между возможными состояниями.

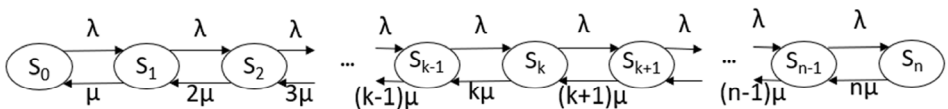


Рис.4. Схема обслуживания потоков заявок

Скорость поступательных проходов обусловлена параметром  $\lambda$ , а скорость отступательных - параметром  $k\mu$ . При запуске СМО наблюдается переходный процесс, динамика которого может быть представлена уравнениями Эрланга. Эти



$$p_k = \frac{\frac{\alpha^k}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^{n+1}}{n \cdot n!(1-\frac{\alpha}{n})}} \quad (k = 0, 1, \dots, n), (2)$$

$$p_{n+q} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} (\frac{\alpha}{n})^q}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^{n+1}}{n \cdot n!(1-\frac{\alpha}{n})}} \quad (q = 1, 2, \dots). \quad (3)$$

В (3)  $p_{n+q}$  - вероятность появления следующего возможного состояния. При организации очередей на обработку заявок в графе состояния СМО список состояний  $S_1, \dots, S_n$  расширяется новыми состояниями  $n + q$ . На этапе эскизного проектирования ОРС известными можно считать величины  $\lambda$  и  $\mu$ , и, при этом, задача проектирования заключается в выборе разумного количества роботов, управляемых сервером, при котором возможность обслуживания робота (без образования очереди) будет в допустимых пределах.

В работе предлагается воспользоваться выражением (2) для принятия проектных решений относительно структуры ОРС на этапе эскизного проектирования. Поскольку формулы расчета  $p_n$  имеют определенную вычислительную трудность, то на этапе эскизного проектирования ОРС для упрощения вычислений предлагается использовать исходящие из (2) графики, выражающие связи  $p_n = f(\lambda, \mu, n)$ . Ниже приводятся некоторые из них (рис. 5).

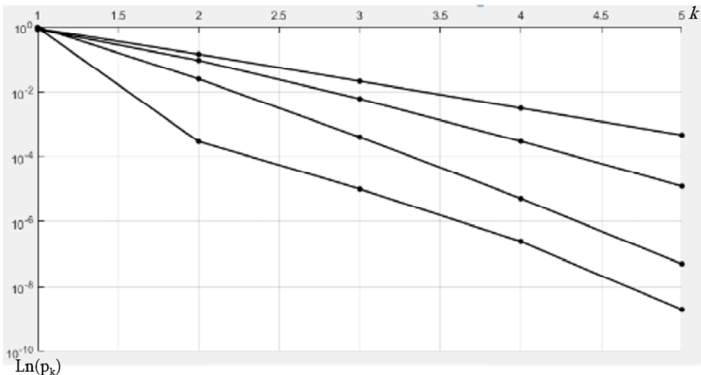


Рис. 5. Возможные характеристики обслуживания заявок

Рис. 5 описывает характер распределения вероятности формирования очередей заявок, идущих от роботов, и их обслуживание в n-канальном ОРС ( $n=5$ ). Рассматриваются случаи различных значений параметра  $\alpha = \frac{\lambda}{\mu} \cdot p_k$ , которые показывают вероятности обслуживания заявок в состоянии  $S_k$ .

Очевидно, что обслуживание будет отклонено, если  $S_k$  будет соответствовать значению  $k > n$ . В соответствии с полученными характеристиками вероятность задержки обслуживания заявок (т.е. передача обслуживания от  $S_k$  к  $S_{k+1}$ )

уменьшается с ростом  $k$ , а вероятность отказа заявки обслуживания (выпадение из очереди, когда  $k$  больше, чем ее максимум) убывает и достигает своего минимального значения. Качество процесса обслуживания заявок обратно пропорционально значению задержки или вероятности отклонения заявки. Из полученных кривых также следует, что качество обслуживания зависит от отношения  $\gamma/\mu$ . То есть качество обслуживания ухудшается, если увеличивается плотность потока заявок, поступающих от робота.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Для определения оптимального поведения робота в предметной области нужно иметь информационную модель этой области. Для представления этих моделей целесообразно использовать базу знаний и современные программные средства их управления. Наиболее перспективным следует считать использование баз, поддерживающих семантическую сеть. Имея модель предметной области, робот вынужден, рассматривая множество вариантов своих действий, оценить их последствия и принять близкие к оптимальным статистически оправданные решения [2,5,9,10].

2. В работе предлагается использовать "прозрачные" слои базы данных как средства представления возможной ситуации при рассмотрении вариантов действий роботов, оценке их последствий и принятии решений. Эти слои легко создаются и при необходимости удаляются. Каждый подобный слой отражает соответствующий вариант ситуации, а его "прозрачность" гарантирует, что он логически "склеится" с основным слоем базы данных. По окончании поиска, выбирая оптимальную версию "прозрачного" слоя, выполняется внесение данных этого слоя в основную БД [5,7].

3. Для введения БЗ, а также БД, являющейся ее нижним слоем, предлагается использовать иерархическую систему так называемых "мультиплетов". В них обеспечивается механизм наследуемости данных. Внося некоторые модификации в средства физической организации этих баз, получаем возможность организации временных прозрачных слоев этих баз. Эти слои используются в программных планировщиках ОРС при поисках оптимального плана поведения роботов [7,8].

4. В ОРС требования к средствам логической организации БЗ значительно усложнены. Для введения БЗ в данной работе предлагаются новые организационные единицы. Эти единицы служат для использования в программных средствах планирования действий робота в ОРС. Список этих единиц включает: 1) операторы, задающие координаты реальных объектов и их взаимные отношения; 2) возможные отношения в предметной подобласти между процессами, возникающими в результате действий робота; 3) новые организационные единицы, способствующие интерпретации команд инструктора: 4) связи в БЗ между концептами глагольного типа (представляющими команду инструктора) и концептами существительного типа, по отношению к которому будет выполнена команда инструктора [7,8].



5. Для организации блока планирования работ робота предлагается использовать новый проблемно ориентированный язык программирования высокого уровня. Операторами данного языка составляются программы (макропрограммы). В БЗ они представляются как отдельные организационные единицы. Эти единицы входят в состав организационных единиц БЗ и приписываются к узлам связей, которые устанавливаются между концептами глагольного типа (представляющими команду инструктора) и концептами существительного типа. В блоке планирования команд выполняется автоматизированный поиск путей в семантической сети, которые исходят от концептов существительного типа (над которыми должны выполняться команды инструктора) и доходят до концепта глагольного типа, представляющего операцию, которую требуется выполнить команде инструктора. Искомый рабочий план действий робота получается механическим сцеплением макропрограмм, находящихся на этом пути. Предложенная схема организации работы программного планировщика ОРС позволяет обеспечить независимость между отдельными макропрограммами, входящими в план: каждая из макропрограмм, из которых формируется план действий, может измениться или модифицироваться независимо от другой макропрограммы. В процессе эксплуатации ОРС состав макропрограмм и узлов семантической сети может изменяться, и при этом не нарушается общая схема организации работ программного планировщика. Вышеупомянутое позволяет обеспечить непрерывную модификацию и развитие ОРС в процессе ее эксплуатации [7,8].

6. Для достижения удобства в общении с роботом ему задаются команды на ограниченном, естественном языке. Средства анализа и автоматизированного распознавания входного текста инструкции обеспечивают получение ГТР текстов. Для удобства интерпретации ГТР был предложен новый формат представления ГТР. Последнее представляет собой вложенные друг в друга функции, близкие к, так называемой "польской записи" сложных функций. Такая запись легко интерпретируется программными средствами программного планировщика ОРС. При этом используется алгоритм однопроходного анализа текстов: алгоритмы без возврата, основанные на использовании стековых систем [1,3].

7. Для обеспечения качества семантического анализа текста учитывается тематическая зависимость входного текста. С этой целью при формировании концептов БЗ предлагается использовать специальные тематические связи и алгоритм использования этих связей на этапе семантического анализа входного текста[1].

8. Конечным этапом распознавания текста входной команды является этап синтаксически-семантического анализа. В процессе распознавания формируются несколько претендентов на деревья грамматического анализа текста. Наиболее правдоподобным считается граф, узлы которого имеют максимальную связанность. Предлагаются функции и алгоритмы оценки связанности ГТР. Приемлемость этих функций и алгоритмов была практически подтверждена в процессе разработки эксплуатации текстового анализатора ISMA [3, 6].

9. Для оценки эксплуатационных характеристик проектируемой ОРС предлагается рассматривать ее как систему массового обслуживания. Статистические модели ее работы позволяют оценить вероятностные параметры процесса обслуживания заявок, поступающих от роботов. Полученные результаты можно использовать на этапе эскизного проектирования ОРС [4].

## ОПУБЛИКОВАННЫЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ

1. **Մանուկյան Է.Ն., Շարաբչյան Ա.Հ., Մանուկյան Է.Ս., Մանուկյան Օ.Վ.** Մեքենայականթարգմանության համակարգերում իմաստային նկոն տեքստ վիճակագրական կախվածության վերլուծությունների համադրման միջոցառումներ // ՀՊՃՀ Լրաբեր, մաս.-1, Երևան, 2013, էջ 121-126:

2. **Մանուկյան Է. Ն., Շարաբչյան Ա. Հ., Մանուկյան Է.Ս.** Մեքենայական թարգմանության համակարգերում ցանցային գիտելիքների բազաների կազմակերպման արդյունավետության բարձրացման մեթոդները // ՀԱՊՀ Լրաբեր, մաս-1, Երևան, 2015, էջ 108-113:

3. **Մանուկյան Է.Ս., Մանուկյան Օ.Վ., Մանուկյան Է.Ն.** Խոսքային կառավարման ապահովումն ամպային ռոբոտոտեխնիկական համակարգերում // Десятая Годичная научная конференция 1 серия: физ.-мат. и ест. науки. Ер.: Издательство РАУ. 2016, С.57-63.

4. **Մանուկյան Է.Ս., Մանուկյան Օ. Վ., Մանուկյան Է. Ն.** Ամպային ռոբոտոտեխնիկական միջոցների կազմակերպումը ԻՍՄԱ ինտելեկտուալ համակարգի միջոցով // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2016.- Մաս 1.- էջ 138-144:

5. **Գասպարյան Օ.Ն., Մանուկյան Է.Ս.,** Ամպային ռոբոտոտեխնիկական և նրա զարգացման ուղիները // ՀԱՊՀ Լրաբեր, մաս-1, Երևան, 2017, էջ 173-176:

6. **Մանուկյան Է.Ն., Մանուկյան Է.Ս., Մանուկյան Օ.Վ.** Ամպային ռոբոտոտեխնիկական համակարգերի կազմակերպումը գիտելիքների ցանցային բազաների միջոցով // ՀՀ ԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղեկագ. Տեխնիկական գիտությունների հետազոտություններ, LXVI, հատոր.-1, Երևան, 2017թ., էջ 49-63:

7. **Մանուկյան Ա.Հ., Մանուկյան Է.Ս., Մանուկյան Օ.Վ.** Նմանակային մոդելավորման սկզբունքների օգտագործումն ամպային ռոբոտատեխնիկական համակարգերի գիտելիքների բազաներում // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր.- 2017.-N4, էջ 636-639:

8. **Մանուկյան Է.Ս.** Նմանակային մոդելավորման համակարգերի օգտագործումն ամպային ռոբոտատեխնիկական համակարգերում // ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2018.- Մաս 1.- էջ 122-126:

9. **Յ.Ս. Манукян, О.В. Манукян,** Организация работ группы роботов в облачных робототехнических системах // Известия НАН РА и НПУА. Серия технических наук, 2018.-Том 71, N4.- С. 510-515.

**ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ ԷՄԻՆ ՍՈՒՐԵՆԻ**

**ԻՆՏԵՐՆԵՏ-ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՍԲ ՍՊԱՍԱՐԿՄԱՆ ՈԼՈՐՏԻ ՌՈՒՈՏԱՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ**

Տնտեսապես զարգացած երկրներում անընդմեջ նվազում է ուղղակի արդյունք ստեղծող ոլորտներում աշխատող բնակչության տոկոսը: Ի հակադրություն ասվածի, բնակչության մեջ բարձրանում է մշակույթի և սպասարկման ոլորտներում աշխատողների տոկոսը: Միևնույն ժամանակ կտրուկ զարգանում են տեղեկատվական տեխնոլոգիաները, ընդլայնվում են այս ոլորտի արդյունքների գործառույթները և ընկնում նրանց գները: Նկարագրված տենդենցների դեպքում արդեն տնտեսապես շահավետ են դարձնում սպասարկման ոլորտում արհեստական բանականությամբ օժտված ռոբոտների ստեղծումն ու ներդրումը:

**Ատենախոսության նպատակն է** մշակելավտոմատացված կառավարմամբ սպասարկման ռոբոտատեխնիկական համակարգի աշխատանքների կազմակերպման մեթոդներ և պլոգրիթմներ ինտերնետ-տեխնոլոգիաների կիրառմամբ, որոնք պետք է ապահովեն շահագործողական բարորակ բնութագրեր:

**Ատենախոսության խնդիրներն են.**

1. Մշակել ամպային ռոբոտատեխնիկական համակարգերում (ԱՌՀ) առարկայական աշխարհի իրավիճակային մոդելների օգտագործման սխեմաներ:
2. Մշակել ԱՌՀ-երի պահանջներին բավարարող գիտելիքների բազաների ճարտարապետություն:
3. Մշակել սեմանտիկ ցանցերի վրա հիմնված, ռոբոտի աշխատանքների պլանավորիչի կազմակերպման սխեման:
4. Մշակել ԱՌՀ-երում պլանավորիչների աշխատանքների կազմակերպման համար պրոբլեմ-կոդմոտորշված ծրագրավորման լեզու:
5. Մշակել ռոբոտին տրվող մուտքային հրահանգի տեքստի շարահյուսահամաստային վերլուծության մեթոդներ:
6. Մշակել ռոբոտին տրվող մուտքային հրահանգի տեքստի թեմատիկ և հավանականային վերլուծության մեթոդներ:

**Գիտական նորույթը և արդյունքները**

1. Առարկայական աշխարհում (ԱԱ) ռոբոտի օպտիմալ վարքագիծը մշակելու համար անհրաժեշտ է ունենալ նրա ինֆորմացիոն մոդելը: Այն ներկայացնելու համար արդյունավետ է համարվում օգտագործել գիտելիքների բազաներ և նրանց կառավարման ժամանակակից համակարգեր: Առավել հեռանկարային պետք է համարել սեմանտիկ ցանցային կառուցվածք ունեցող բազաների օգտագործումը [2,5,9,10]:

2. Նշված գործընթացում, որպես իրավիճակի արտահայտման միջոցներ, աշխատանքում առաջարկվում է օգտագործել տվյալների բազաների «թափանցիկ» շերտեր, որոնք հեշտությամբ ստեղծվում և կարիքի դեպքում վերացվում են: Յուրաքանչյուր նման շերտ արտահայտում է համապատասխան իրավիճակի տարբերակը: Որոնման վերջում, ընտրելով «թափանցիկ» շերտի օպտիմալ տարբերակը, կատարվում է այդ շերտի տվյալների ներմուծում SF [5,7]:

3. Ինչպես ԳԲ-ն, այնպես էլ նրա ստորին շերտ համարվող SF-ն պահելու համար առաջարկվում է օգտագործել այսպես կոչված մուլտիպլետների հիերերխիական համակարգը, որտեղ ապահովվում են ժառանգելիության մեխանիզմներ: Այսպիսի բազաների ֆիզիկական կազմակերպման միջոցով, ոչ բարդ զարգացումների արդյունքում, հնարավոր է դառնում վարել նաև SF-ի «թափանցիկ» շերտերը, որոնք անհրաժեշտ են ռոբոտի օպտիմալ վարքագիծը փնտրող խնդիրների լուծման համար [7,8]:

4. Առաջարկված են նոր կազմակերպչական միավորներ, որոնք հարմարեցված են ռոբոտների գործողությունների պլանավորման բլոկի պահանջներին [7,8]:

5. Ռոբոտների աշխատանքի պլանավորման բլոկի կազմակերպման համար առաջարկվում է օգտագործել պրոբլեմակոդմնորոշված բարձր մակարդակի ծրագրավորման նոր լեզու: Ռոբոտի պլանավորիչի կազմակերպման սխեման թույլ է տալիս ապահովել անկախություն պլանի մեջ մտնող առանձին մոդուլների միջև [7,8]:

6. Ռոբոտի հետ շփման հարմարավետությունը պահանջում է, որ նրան հրահանգը տրվի բնական լեզվով: Մուտքային հրահանգի ավտոմատացված ձևաչման միջոցներն ապահովում են նրա տեքստի ՔՎԾ-ի ստացումը: ՔՎԾ-ի մեկնաբանումը հեշտացնելու համար առաջարկվում է այն ձևափոխել և ներկայացնել նոր ձևաչափով, ինչն իրենից ներկայացնում է միայնակ մեջ ներդրված ֆունկցիաների համախումբ [1,3]:

7. Մուտքային տեքստի իմաստային վերլուծության որակն ապահովելու համար անհրաժեշտ է հաշվի առնել մուտքային տեքստի թեմատիկ կախվածությունը: Այս նպատակով ԳԲ-ի կոնցեպտների ձևավորման փուլում առաջարկվում է օգտագործել թեմատիկ կապերի հատուկ համակարգ և այդ կապերի օգտագործման ալգորիթմ՝ իմաստային վերլուծության փուլում [1]:

8. Մուտքային հրահանգի տեքստի ձևաչման վերջնական փուլն է հանդիսանում շարահյուսախմաստային վերլուծության փուլը: Այս գործընթացում ստացվում են նախադասության քերականական վերլուծության ծառերի մի քանի հավակնորդներ: Մրանցից ամենաճշմարտանման է համարվում առավելագույն կապակցվածություն ունեցող ծառը: Առաջարկվում են կապակցվածության չափի գնահատման ֆունկցիաներ և ալգորիթմներ [3,6]:

9. Նախագծվող ԱՌՀ-ի շահագործողական բնութագրերը գնահատելու համար առաջարկվում է այդ ավտոմատացված համակարգը դիտել որպես զանգվածային սպասարկման համակարգ, և նրա աշխատանքի հավանականային մոդելը թույլ է տալիս գնահատել ռոբոտներից եկած հայցերի սպասարկման գործընթացի հավանականային պարամետրերը: Ստացված արդյունքները կարող են օգտագործվել ԱՌՀ-երի էսքիզային նախագծման փուլում [4]:

**EMIN SUREN MANUKYAN**  
**DEVELOPMENT OF ROBOTIC SYSTEMS FOR THE SERVICE SPHERE BY USING**  
**INTERNET TECHNOLOGIES**

**SUMMARY**

In economically developed countries, the percentage of the population working in the field of direct productivity decreases continuously. In contrast, the percentage of workers in the sphere of culture and service rises in the population. At the same time, information technologies are rapidly developing, the functionality of the industry is expanding and in the result of which their prices are falling. Taking into account the following tendencies, the creation and implementation of robots with artificial intelligence in the service sector already becomes economically profitable.

The aim of the thesis is to develop methods and algorithms for the automated management of the robotic system with the use of Internet technologies which must provide a good exploitative characteristics.

The topics of the thesis are:

1. Develop schematic schemes for the use of situational models of the object world in the cloud robotic systems (CRS).
2. Develop the architecture of knowledge bases that meet the requirements of the CRS.
3. Develop a scheme for organizing robotic work planner based on semantic networks.
4. Develop problem-oriented programming language for organizing planners in the CRS.
5. Develop methodologies for syntax analysis of input text in robotics.

**Scientific novelty and results**

1. To study the optimal behavior of the robot in the subject area, you need to have the information model of this area. The use of the knowledge base and modern software systems and their control can be effective to represent these models. The use of the databases which support semantic network is considered more advanced. Having the model of SA, the robot has to, considering a variety of options, evaluate their consequences and make close to optimal statistically justified decisions [2,5,9,10].
2. We recommend using "transparent" database layers as means of presenting a possible situation, which are easily created and, if necessary, removed. Each of such layer reflects the corresponding variant of the situation, and its transparency ensures that it logically "sticks together" with the main database layer. At the end of the search, choosing the optimal version of the "transparent" layer, the data of this layer are entered into the main database [5,7].
3. To maintain both the Knowledge Base and its lower layer Data Base, we suggest using the hierarchical system of so-called multiplerts, where inheritance mechanisms are provided. Through the physical organization of such databases, it is also possible to carry the "transparent" layers of the DB, which are necessary for the solution of the problems which search the optimal behavior of the robot [7,8].

4. The requirements for knowledge base in RBTS are essentially complicated. New organizational units are proposed, which are adapted to the requirements of the planning of action of the robot unit. The list of these units includes the coordinates of the lower layers of the KB and the units expressing their mutual position, possible relationships between the processes in the subdomains of the robot, the new organizational units promoting the commands of the instructor, and those that characterize the problem-related units between the concepts of verb type [7,8].
5. To organize the planning block of the robot work, one should use a new high-level problem-oriented programming language. Programs with macro-language operators (macro programs) appear in the KB as separate organizational units. These units are included in the semantic network, attached to the organizational units that featured the problematic link verbs. In the instruction block planning, canal search in the semantic network is realised, which leads to the semantic network node representing the purpose of the instruction. For this goal, the suggested action plan for the robot comes from the mechanical attachment of the macro programs on that canal. Such robot planner organizational scheme ensures independence between the separate modules included in the plan, each of the macro programs can be changed or developed independently of the other, the structure of the macro programs and syntax networks can be enriched during the exploitation of the CRBS. This latter creates technological convenience and assists in the development of the CRBS [7,8].
6. It is convenient to contact with the robot together instructions in the natural language. The means of recognition of the input instructions provide the receipt of the GAT of the text. To simplify the interpretation of the GAT, it was suggested to modify it and present it in a new format, which is a set of functions built in each other which coincides with the Polish format of the functions, and such record is easily interpreted by a non-retroactive algorithm software with the stack structure blocks in the robot control unit [1,3].
7. To improve the quality of the semantic analysis of the input text, it is necessary to take into account its thematic dependency. For this purpose, at the stage of the concept design of the DB a special system of thematic connections is proposed to use and an algorithm for the use of these links at the stage of semantic analysis [1].
8. The final step in recognizing the text of the input instruction, is the syntax-semantic analysis stage. In the process of recognition, several candidates for the graphs of grammatical text analysis are formed. The most accurate one is the graph with maximum connectivity. Functions and algorithms for estimating connectivity are proposed. The acceptability of these functions and algorithms was almost confirmed during the development of the operation of the ISMA text analyzer [3,6].
9. To evaluate the operational characteristics of the designed CRS, we suggest to consider it as a mass service system. Statistical models of its work allow us to estimate the probabilistic parameters of the process of servicing applications received from robots. The results can be used at the stage of diagrammatic design of CRS [4].

