

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.В. Гаврилов, С.М. Зеркаль, А.В. Пешков
Г.В. Трошина, С.А. Харюткина, А.А. Якименко
С.П. Ильиных, Д.Л. Пинигина, Е.В. Рабинович
В.Г. Токарев, О.К. Альсова, Н.А. Зеленчук
О.В. Казанская, А.А. Малявко, П.В. Мищенко
Е.Л. Романов, Е.В. Орлова

ИНДУКТИВНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ

Монография

RU
science
RU-SCIENCE.COM

Москва
2024

УДК 001.891
ББК 72+72в6
И60

Рецензенты:

В.В. Ковалевский, д-р техн. наук,
М.Г. Гриф, д-р техн. наук, проф.

И60 **Индуктивное обоснование алгоритмов и технологий в прикладных задачах обработки и анализа данных** : монография / кол. авторов. — Москва : РУСАЙНС, 2024. — 196 с.

ISBN 978-5-466-07463-5

В представленных в монографии научных и прикладных технологических разработках широкого спектра применения, как правило, используется индуктивный подход, который предполагает, что при решении разнообразных конкретных задач, возникающих в процессе обработки данных и их анализа, особое внимание уделяется таким существенным этапам исследования, как постановка задачи, вычислительный эксперимент, интерпретация, а также модельное и полимодельное описание данных, в том числе результатов моделирования и экспериментов,

Монография предназначена для научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов технических специальностей вузов, которые применяют методологию и технологию анализа данных и задач их исследования, основанные на индуктивном подходе.

***Ключевые слова:** данные; знания; сигналы; индуктивный анализ; интеллектуальные алгоритмы и технологии моделирования; вычислительный эксперимент; программное обеспечение.*

УДК 001.891
ББК 72+72в6

ISBN 978-5-466-07463-5

© Коллектив авторов, 2024
© ООО «РУСАЙНС», 2024

Коллектив авторов:

Гаврилов Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 1),

Зеркаль Сергей Михайлович, д-р техн. наук, профессор, профессор каф. вычислительной техники НГТУ (глава 2),

Пешков Александр Викторович, аспирант, каф. вычислительной техники НГТУ (глава 2); научный руководитель **Зеркаль Сергей Михайлович**, д-р техн. наук, профессор, профессор каф. вычислительной техники НГТУ, **Трошина Галина Васильевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 3),

Харюткина София Александровна, аспирант, каф. вычислительной техники НГТУ (глава 4); научный руководитель **Якименко Александр Александрович**, канд. техн. наук, доцент, заведующий каф. вычислительной техники НГТУ,

Якименко Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент, заведующий каф. вычислительной техники НГТУ (глава 5),

Ильиных Сергей Петрович, д-р техн. наук, доцент, профессор каф. вычислительной техники НГТУ (глава 6),

Пинигина Дарья Леонидовна, аспирант, каф. вычислительной техники НГТУ (глава 7); научный руководитель **Хайретдинов Марат Саматович**, д-р техн. наук, профессор, профессор каф. вычислительной техники НГТУ,

Рабинович Евгений Владимирович, д-р техн. наук, профессор, профессор каф. вычислительной техники НГТУ (глава 8),

Токарев Вадим Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 9),

Альсова Ольга Константиновна, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 10),

Зеленчук Никита Андреевич, студент, каф. вычислительной техники НГТУ (глава 10); научный руководитель **Альсова Ольга Константиновна**, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ,

Казанская Ольга Васильевна, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (введение, глава 11, заключение),

Малаякко Александр Антонович, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 12),

Мищенко Полина Валерьевна, старший преподаватель каф. вычислительной техники НГТУ (глава 13),

Романов Евгений Леонидович, канд. техн. наук, доцент, доцент каф. вычислительной техники НГТУ (глава 14).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. КОНТЕКСТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РОБОТА.....	10
ГЛАВА 2. ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ РАЗРЕШИМОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ДЕФЕКТОСКОПИИ.....	17
ГЛАВА 3. ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕУСТОЙЧИВОГО ОБЪЕКТА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	24
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ЭМОЦИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	40
ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СРЕДЫ.....	62
ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФАЗЫ МЕТОДОВ ФАЗОВЫХ ШАГОВ С УЧЕТОМ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ.....	80
ГЛАВА 7. АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ СРЕД.....	93
ГЛАВА 8. ЛОКАЦИЯ ФАЗ ОТРАЖЕННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ.....	109
ГЛАВА 9. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМИ АКТИВНЫМИ СИЛОВЫМИ ФИЛЬТРАМИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ.....	122
ГЛАВА 10. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	131
ГЛАВА 11. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ, ИХ СТАНДАРТИЗАЦИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	144
ГЛАВА 12. КОМПИЛЯТОР С ЯЗЫКА EL, РАЗВИТИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ.....	156
ГЛАВА 13. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН.....	163
ГЛАВА 14. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОТКРЫТОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ SCADA И IOT-СИСТЕМ, ОСНОВАННОЙ НА МЕТАДААННЫХ.....	177
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	194

ВВЕДЕНИЕ

Отличительная особенность индуктивного анализа данных — отсутствие обоснованного априорного модельного представления о данных и объекте, к которому они относятся. Поэтому исходными для индуктивного анализа данных являются только сами данные и, по возможности, сопровождающие их метаданные (априорные сведения об исходных данных и технологии их получения). Назначение индуктивного анализа данных — извлечение из исходных данных всей возможной полезной потребителю информацию об объекте, представленному данными.

Исследования в этой области стали проводиться в связи переходом от идеологии сбора, накопления и хранения данных об объекте к идеологии получения новой информации об объекте путем извлечения новых знаний, оперативной обработки имеющихся и вновь поступающих данных об объекте.

В этой связи актуальным становится интеллектуальный анализ не только статичных данных, но и динамических (временных рядов), сигналов (процессов) и знаний.

Современные средства компьютерных наук, предназначенные для получения различных видов информации, основаны на имитационном моделировании с использованием аналитического аппарата и вычислительных алгоритмов соответствующих разделов математики, а также постоянно развивающегося программного обеспечения.

В предлагаемой читателю монографии представлены научные и технологические разработки сотрудников кафедры вычислительной техники Новосибирского государственного технического университета в русле основных научных направлений кафедры.

Авторам представлялось важным показать не только решение конкретных задач, возникающих в процессе обработки и анализа данных, но и акцентировать внимание на таких существенных этапах исследования, как постановка задачи, модельное и полимодельное описание данных, в том числе результатов экспериментов, а также интерпретация результатов моделирования и эксперимента.

Первая глава (автор Гаврилов А.В.) посвящена разработке архитектуры системы управления мобильным роботом. В работе предлагается гибридная архитектура, основанная на использовании контекста, задающего все параметры, необходимые для выполнения текущего действия, и иерархия таких контекстов. При этом команда роботу на естественном языке воспринимается как задание в процессе диалога

значений контекстным переменным, на основе которых компилируется и запускается определенное действие.

Во *второй главе* (авторы Зеркаль С.М. и Пешков А.В.), рассматривается подход, основанный на попиксельном исследовании «рабочих лучей» для численного приближения к решению специальной задачи дефектоскопии.

В *третьей главе* (автор Трошина Г.М.) рассмотрена идентификация параметров неустойчивого объекта на примере перевернутого маятника на тележке, имеющего один вход и два выхода. Также приводятся результаты использования итерационного метода наименьших квадратов для определения параметров многоканального объекта.

Четвертая глава (автор Харюткина С.А.) посвящена изучению эмоций человека. Сначала в главе происходит погружение в обучение с подкреплением: что такое обучение с подкреплением? каковы особенности обучения с подкреплением? Классификация алгоритмов. Далее описана природа эмоций, когнитивные, культурные основы эмоций, выражение эмоций. После теоретических сведений в главе описывается проведенный эксперимент для определения хорошо детектируемых эмоций, которые можно использовать для обучения нейронных сетей.

В *пятой главе* (автор Якименко А.А.) рассматривается параллельная программа для проведения численного моделирования распространения упругих волн в 3D и 2D неоднородных упругих средах, содержащих кавернозные включения. Показано, что в волновом поле выделяются группы волн, связанные с кавернозным включением. Представлена интерпретация полученных синтетических результатов, отражающих влияние кавернозного включения на картину волнового поля. Рассмотрено более сотни моделей геолого-физических сред, на которых проведено численное моделирование процесса распространения волнового поля.

В *шестой главе* (автор Ильиных С.П.) на примере 25 широко используемых на практике формул расшифровки рассмотрены вопросы влияния различных факторов на погрешность измерения фазы методом фазовых шагов.

Предложены модели погрешностей, учитывающие структуры формул расшифровки.

Рассмотрены методы оценки основных параметров интерференционных картин. Получено экспериментальное подтверждение оценок.

Седьмая глава (автор Пинигина Д.Л.) посвящена представлению оптимизационного вычислительного сеточного алгоритма и результатам его применения для оценивания скоростных характеристик сложноп-

строенных сред по экспериментально полученным временам вступлений сейсмических волн. Повышение разрешающей способности алгоритма к выделению неоднородностей достигается за счет адаптивного выбора шага сетки в областях с ярко выраженной гетерогенностью строения среды. Алгоритм автоматически выделяет зоны неоднородности с учетом нелинейных вариаций годографа сейсмических волн. Ограничение на минимально допустимый шаг сетки определяется с учетом верхней граничной частоты зондирующих колебаний, генерируемых вибрационным источником и количеством пересечений фронтов сейсмических волн в узлах сетки. Предложенный алгоритм протестирован на экспериментальных данных, полученных при вибрационном зондировании зон грязевых вулканов, а также на данных результатов моделирования распространения сейсмических волн в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ). Показана согласованность восстановленного скоростного теоретического годографа с геологической картиной неоднородности строения сред в районах проведения полевых работ.

В *восьмой главе* (автор Рабинович Е.В.) предложен алгоритм построения осей синфазности на сейсмограммах отраженных волн. Алгоритм основан на применении методов статистической радиотехники для решения задач оптимального приема и обнаружения сейсмических импульсов в условиях шумов и помех.

В *девятой главе* (автор Токарев В.Г.) рассматриваются вопросы имитационного моделирования устройств силовой электроники, а именно: трехфазных активных силовых фильтров, построенных на трехуровневых полупроводниковых преобразователях.

Известно, что параллельное включение полупроводниковых преобразователей позволяет увеличить номинальную мощность устройств силовой электроники, однако, возникающие при этом циркуляционные токи приводят к росту потерь в силовых элементах. С другой стороны, параллельное включение полупроводниковых преобразователей делает возможным улучшить качество компенсации высших гармоник тока параллельным активным силовым фильтром посредством реализации специальных алгоритмов управления силовыми ключами.

На имитационной модели активного силового фильтра исследованы зависимости относительных потерь мощности в силовых элементах полупроводниковых преобразователей и коэффициента гармоник фазного тока от мощности нагрузки при различных алгоритмах управления силовыми ключами. Результаты моделирования обосновывают выбор наиболее подходящей стратегии компенсации высших гармоник

тока активным силовым фильтром в условиях динамического изменения мощности нагрузки и могут быть использованы при проектировании активных силовых фильтров.

В *десятой главе* (авторы Альсова О.К. и Зеленчук Н.А.) рассмотрены вопросы проектирования и реализации алгоритмического и программного обеспечения для решения задачи классификации показателей в сельскохозяйственной отрасли. Приведены результаты исследования реальных данных по засоренности с/х участков на основе предложенных алгоритмов и разработанного программного обеспечения, которые позволили сделать вывод об их эффективности и перспективности использования.

В *одиннадцатой главе* (автор Казанская О.В.) рассматривается вопрос применения технологий доверенного взаимодействия медицинских информационных системах (МИС). Для этого приводится классификация МИС. Показано, что технологии доверенного взаимодействия как средство обеспечения информационной безопасности внедряются в МИС с учетом особенностей этих разнообразных систем.

Также представлен краткий обзор обеспечения доверенного взаимодействия в телемедицине в коммуникационной системе архивации изображений. Приводятся примеры регламентирующих документов по обеспечению безопасности используемых медицинских информационных технологий. В качестве одного из выводов рекомендуется проведение анализа действующих стандартов, регламентов и требований к технологиям доверенного взаимодействия в отечественных МИС, а также разработка рекомендаций по их усовершенствованию.

Двенадцатая глава (автор Малявко А.А.) посвящена решению вопросов усовершенствования и развития функционально-императивного языка программирования *El*. Требования к современному программному обеспечению постоянно растут и требуют от программистов долгой и кропотливой работы над ним. Применение высокоуровневых структур данных языка *El* позволит разработчику не тратить время на написание собственного алгоритма формирования и обработки данных нужной структуры, а воспользоваться готовым решением без потерь производительности. Новые структуры данных (двусторонние списки, специальные формы индексации векторов и др.) и новые управляющие конструкции языка *El* (в языке имеется единственный управляющий оператор *bu*, позволяющий единообразно программировать циклы, переключатели и условные операторы) приводят к необходимости поиска и реализации в компиляторе новых алгоритмов поддержки императивно-функциональной парадигмы. В главе

описываются эффективные способы реализации высокоуровневых структур данных языка и его управляющих конструкций, разработанные в качестве новой версии компилятора.

В *тринадцатой главе* (автор Мищенко П.В.) рассматривается автоматизированная система оперативного планирования процесса производства автомобильных шин.

В *четырнадцатой главе* (автор Романов Е.Л.) рассматривается архитектура двухуровневой открытой платформенно-независимой системы мониторинга и управления для *SCADA*- и *IoT*-систем. Представленная архитектура обладает высокой степенью открытости и простотой интеграции благодаря развитым средствам описания метаданных: конфигурации оборудования, интерфейсов устройств, потоковых данных и событий, платформенно-независимого графического интерфейса клиентских приложений.

Рассмотрены особенности использования архитектуры в *IoT*-системах. Предложен вариант использования стека протоколов *UDP/CoAP/DTLS/IoT-Gateway/Modbus* для расширения базового протокола *Modbus* средствами идентификации и авторизации устройств/вещей, передачи асинхронных событий оборудования и обеспечения безопасности соединения.

ГЛАВА 1

КОНТЕКСТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО РОБОТА

1.1. Постановка задачи

В последнее время имеет место тенденция разрабатывать интерфейс пользователя с интеллектуальным роботом, основанный на обучении методом показа и с использованием естественного языка [1.1, 1.2] (или речи [1.3]).

Предлагается концепция гибридной архитектуры (в соответствии с классификацией в [1.4]) системы управления роботом, основанной на использовании естественного языка для обучения/программирования робота. При этом поведение робота складывается из действий, запускаемых по мере заполнения необходимого для них контекста в результате распознавания нейронными сетями образов, поступающих с сенсоров, и диалога с пользователем на естественном языке. В этом подходе практически не различаются «обучение» и «программирование», и в одном процессе обучения объединяются декларативные знания и процедурные знания (порядок выполнения действий, из которых складывается поведение).

1.2. Теоретические материалы

На рисунке 1.1 показана предлагаемая контекстно-ориентированная архитектура системы управления мобильного робота.

Здесь «понятия» это ассоциации между образами и фразами (словами) естественного языка. В простейшем случае мы будем понимать под понятием просто название образа (слово или фраза). Эти фразы используют для определения контекста, в котором робот воспринимает окружающую среду (в частности естественный язык во время диалога) и планирует действия. Контекст — иерархия понятий (часть из которых используется как параметры действий робота или контекстные переменные), распознаваемых на основе информации с сенсоров и определенных в процессе диалога с пользователем. Обратные связи между понятиями и распознаванием образов/фраз означает, что распознавание управляется уже распознанными понятиями.

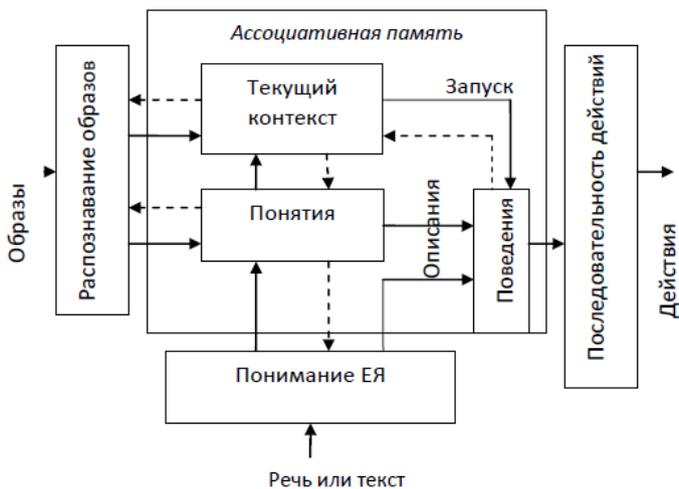


Рисунок 1.1 — Контекстно-ориентированная архитектура системы управления мобильного робота.

1.3. Результаты экспериментального исследования

В процессе обучающего диалога пользователь стремится описывать элементарные поведения и условия для их запуска. Чтобы запустить какое-либо поведение, система распознает соответствующее понятие (т.н. «releaser» в реактивной парадигме системы управления роботом).

Поведение может не быть связано непосредственно с действиями в окружающей среде. В этом случае мы имеем только «размышление» над переменными контекста. И даже когда поведение ориентировано на выполнение действия, эта связь может быть заблокирована, и в этом случае мы имеем дело с моделированием в памяти последовательности действий (например, это может быть в процессе планирования действий).

Ассоциативная память должна удовлетворять требованиям:

- 1) позволять использование аналоговых и бинарных входов/выходов;
- 2) обеспечить продолжающееся (incremental) обучение;
- 3) обеспечить хранение цепочек понятий (поведений или сценариев).

Элементарное поведение подобно подпрограмме и содержит последовательность действий адаптируемых к переменным контекста,

которые могут рассматриваться как аналог параметров подпрограммы. Мы должны использовать примитивы, непосредственно соединяющиеся с элементарными действиями и описывающие параметры этих действий. Связи между этими примитивами и словами естественного языка должны быть предварительными знаниями, полученными роботом на этапе его разработки или настройки во время обучения робота. Это может быть простой язык, подобный языку БАЯР [1.5], предложенному автором для основанного на контексте программирования промышленного транспортного робота (позднее язык CBLR в [1.6, 1.7]). Особенность этого языка — наличие всего одного примитива для обозначения движения, использующего для своей детализации значения контекстных переменных. Все другие примитивы предназначены для представления контекстных переменных, необходимых для выполнения этого движения. В таблице приводится примерный набор контекстных переменных для мобильного робота. Кроме примитива *#act*, в набор примитивов, вызывающих реакцию робота, включен примитив *#say*, предназначенный для произнесения фразы в контексте состояния робота и ведущегося им диалога с человеком. Все примитивы можно разделить на две группы: контекстные переменные и действия.

Примерные предложения на естественном языке для обучения мобильного робота с использованием последней версии CBLR:

- 1) Идти — *{#act}*.
- 2) Объект — *{#object}*.
- 3) Яблоко, стол — объекты.
- 4) Идти к объекту — *{#object; #act}*.
- 5) Стол это мебель.
- 6) Мебель: стол, стул, книжный шкаф, посудный шкаф.
- 7) Какой объект прямо — *{#direction = Forward; #say}*.
- 8) Найди объект — *{#action = Find; #act}*.

Таблица 1.1 – Набор контекстных переменных для мобильного робота.

Имя переменной	Возможные значения	Использование при выполнении примитива действия (<i>#say</i> или <i>#act</i>)
<i>Action</i>	Имя действия (поведения) или имя подпрограммы, запускаемой примитивом <i>#act</i> , например, Find.	Используется для запуска поведений.
<i>Object</i>	Имя объекта	Может быть использован в действии « <i>say</i> », в поведении Find.
<i>Direction</i>	Left, Right, Forward, Back	Может вызывать соответствующий поворот.
<i>Person</i>	Имя или иной идентификатор одушевленного лица	Может быть использован в действии « <i>say</i> »
<i>Obstacle_Distance</i>	Far, Middle, Close	Может быть использован в действии « <i>act</i> » для обхода препятствий
<i>Obstacle_Type</i>	Static, Dynamic	Может быть использован в действии « <i>act</i> » для обхода препятствий
<i>Speed</i>	Low, Normal, High	Может быть использован в действии « <i>act</i> »
<i>Behavior</i>	Название поведения	Может быть использован в действии « <i>say</i> »
<i>Time</i>	Future, Present, Past	Может быть использован в действии « <i>say</i> »
<i>Place</i>	Имя места	Может быть использован в действии « <i>say</i> »
<i>X, Y</i>	Координаты точки в абсолютной или относительной системе координат (в зависимости от типа робота и задач)	Может быть использован в действии « <i>say</i> » или в « <i>act</i> » для выполнения перемещения
<i>Left, Right, Front, Back</i>	Имя объекта или места, распознаваемое роботом в соответствующем направлении от него	Может быть использован в действии “ <i>say</i> ” или в “ <i>act</i> ” для выполнения поворота
<i>Angle</i>	Значение угла относительно направления движения робота	Может быть использован в действии « <i>say</i> » или в « <i>act</i> » для выполнения поворота
<i>Distance</i>	Значение расстояния до точки, объекта или места (в зависимости от типа робота и задач)	Может быть использован в действии « <i>say</i> »

Следует иметь в виду, что эти предложения служат для установления связей между словами ЕЯ и примитивами языка СBLR, а также, другими словами или словосочетаниями. В отличие от них, следующие предложения вызывают действия:

- 1) Иди к столу.
- 2) Какой объект находится прямо?
- 3) Найди яблоко.

В случае робота с манипулятором в набор примитивов-действий можно ввести примитивы *#take* и *#put*, обеспечивающие два базовых действия манипулятора — взять и положить. В общем случае, когда мы имеем дело со сложным роботом (например, гуманоидным), который должен обеспечивать сложное поведение, необходимо разбить контекст на иерархию контекстов для каждого вида действия, как показано на рисунке 1.2.

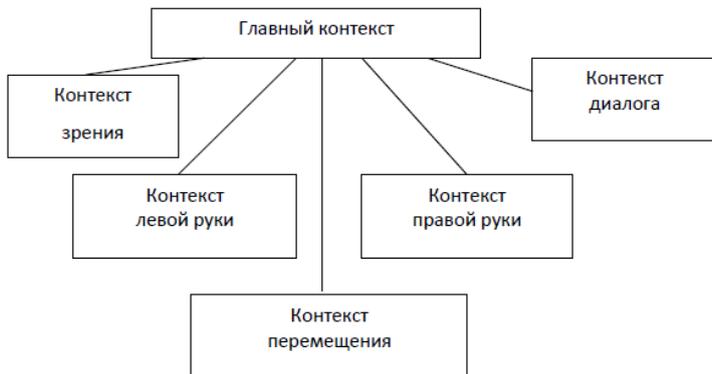


Рис. 1.2 – Иерархия контекстов.

При этом каждый вид контекста должен иметь свой независимый набор контекстных переменных и примитивов-действий, т.е., например, при выполнении одноименных примитивов *#act* для руки и перемещения должны запускаться разные программы. Кроме того, набор контекстных переменных тоже может быть расширен, например, добавлена переменная *#Z* для третьей координаты. При этом необходимо обеспечить взаимодействие контекстных переменных разных уровней. Например, если контекстная переменная *#object* не определена в контексте руки, то ее значение берется из главного контекста, что соответствует нормам объектно-ориентированного программирования. Однако, значение контекстной переменной может и перемещаться вверх по иерархии. Например, контекстные переменные диалога

га становятся главными контекстными переменными, или распознанный зрительной системой объект (значение переменной *#object*) становится частью главного контекста. Также, координаты распознанного объекта, рассчитанные зрительной системой, становятся доступными для системы управления рукой (через главный контекст) при выполнении действия *#take* и могут корректироваться в процессе позиционирования хвата манипулятора.

1.4. Выводы к главе 1

Для распознавания предложений естественного языка можно использовать метод, предложенный автором в [1.8] для обучения системы поиска документов и их фрагментов по запросу на естественном языке. Он основан на использовании нейросетевых алгоритмов для распознавания слов и словосочетаний, семантической иерархической сети и упрощенных падежных фреймов.

Обработка команды роботу в виде предложения на ЕЯ состоит из следующих этапов:

- 1) распознавание слов с присваиванием им роли (глагол, существительное, прилагательное или ничего);
- 2) распознавание словосочетаний с использованием иерархической семантической сети (с использованием ролей слов);
- 3) поиск в семантической сети по ассоциативным связям примитивов или групп примитивов. При этом происходит присваивание значений контекстным переменным;
- 4) запуск подпрограмм (выполнение примитивов *#act*, *#say* и т.п.).

1.5. Библиографический список к главе 1

1.1. Lauria S., Bugmann G., Kyriacou T, Bos J., Klein E.: Training Personal Robots Using Natural Language Instruction // IEEE Intelligent Systems – 2001 – N.16 – Pp. 38-45.

1.2. Spiliotopoulos D., Androutsopoulos I., Spyropoulos C.D. Human-Robot Interaction based on Spoken Natural Language Dialogue // Proceedings of European Workshop on Service and Humanoid Robots (ServiceRob '2001), 25-27 June, 2001 - Santorini, Greece, 2001.

1.3. Seabra Lopes L. et al. Towards a Personal Robot with Language Interface // Proceedings of Int. Conf. EUROSPEECH'2003, 1-4 September, 2003 –Geneva, 2003 – Pp. 2205—2208.

1.4. R. Murphy. Introduction to AI Robotics / The MIT Press, 2000. – 487p.

1.5. Гаврилов А.В. Диалоговая система подготовки программ для роботов / А.В.Гаврилов // Glivice, Poland - Automatyka – 1988 - Vol. 99 - Pp. 173-180.

1.6. Andrey V.Gavrilov. Context and Learning based Approach to Programming of Intelligent Equipment // Proceedings of the 8th Int. Conf. on Intelligent Systems Design and Applications ISDA'08, November 26-28, 2008 - Kaohsiung City, Taiwan, 2008 – Pp. 578-582.

1.7. Andrey V.Gavrilov. New Paradigm of Context based Programming-Learning of Intelligent Agent // Proc. of 1st Workshop on Networked embedded and control system technologies. In conjunction with 6th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics ICINCO-2009, 2-5 July, 2009 - Milan, Italy, 2009 – Pp. 94-99.

1.8. Гаврилов А.В. Архитектура программного обеспечения для поиска документов по запросу на естественном языке // Труды Межд. конф. KDS-2001 "Знание-Диалог-Решение" - С.-Петербург, 2001. - Т.1 - с.124-130.

ГЛАВА 2 ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ РАЗРЕШИМОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ ДЕФЕКТОСКОПИИ

2.1. Постановка задачи

Термин локальная томографическая реконструкция или локальная реконструкция возник довольно быстро после появления и распространения метода компьютерной томографии для обозначения ситуаций, когда интерес представляет не весь исследуемый объект, а только некоторая его часть, которая и подвергается воздействию зондирующего излучения. Сюда же стали относить и другие близкие задачи под объединением аббревиатуры «*ROI (Region Of Interest — область интереса) tomography*» [2.1].

Предметом исследования в данной работе является диагностика в условиях вычислительной томографии объектов, имеющих ограничения при снятии проекционных данных. Типичным примером здесь являются обнаружения протяженных трещин, отслоений с переменным раскрытием вдоль их «простираения», что при наличии участков с недостаточным раскрытием в связи с ограничениями на чувствительность измеряющей аппаратуры приводит к потере проекционных данных на этих участках. В этих условиях задача диагностики отмеченных объектов осложняется вплоть до полной потери ее разрешимости [2.2, 2.3].

2.2. Теоретические материалы

Под специальной задачей дефектоскопии в данном случае понимается томографическая диагностика объекта исследования (промышленного изделия) с дефектом, имеющим геометрическую форму, не обеспечивающую полноту проекционной матрицы, при этом известна исчерпывающая информация об эталонном образце данного объекта.

Для построения локальной томографической реконструкции предлагается подход, основанный на эвристическом поиске. Данный подход основан на принципе «сильных методов», когда возможности решателя задач в первую очередь определяются его информационной базой и лишь во вторую используемыми методами. Это важный вывод, который не так давно оценили исследователи в области искусственного интеллекта (ИИ). В этой связи в ИИ выделяют сильные методы решения задач или методы, основанные на доминировании знаний [2.4, 2.5].

Доминирование знаний в промышленной дефектоскопии и ряде других задач томографической диагностики заключается в наличии полной априорной информации об «эталонном образце» исследуемого объекта.

2.3. Результаты экспериментального исследования

На первом этапе реконструкции формируется проекционная матрица для «эталонного образца» с использованием априорной информации об исследуемом объекте. Такая матрица может быть получена экспериментальным путем для объекта заведомо без дефекта либо рассчитана синтетически для компьютерного фантома объекта исследования. Здесь могут использоваться как параллельная схема сканирования, так и веерная (рис. 2.1 и рис. 2.2 соответственно) [2.6]. Дальнейшее изложение без ограничения общности ведется применительно к веерному варианту.

На втором этапе выполняется сканирование исследуемого объекта, и формируется проекционная матрица. При этом в исследуемом объекте присутствует дефект, геометрия которого не позволяет получить входную информацию для традиционной вычислительной томографии. В нашем случае ширина раскрытия дефекта (трещины, отслоения) настолько мала, что лучи, пересекающие дефект существенно вкрест его простираения, теряют информативность (назовем такие лучи «нормальными»), и только «касательные», тангенциальные лучи, имеющие достаточный путь по дефекту, получают необходимую для дальнейших действий информацию [2.7].

Разбиение лучей по информативности имеет в своей основе интересный с точки зрения практики факт, вытекающий из следующих геометрических рассуждений.

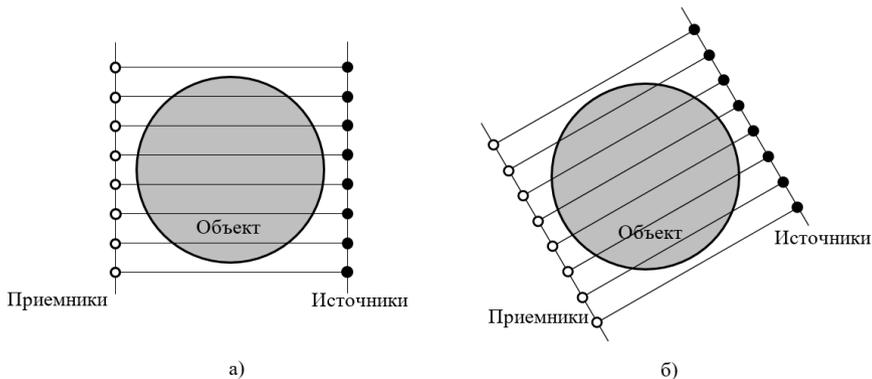


Рис. 2.1 – Параллельная схема сканирования объекта
 а) начальное положение, б) положение после поворота.

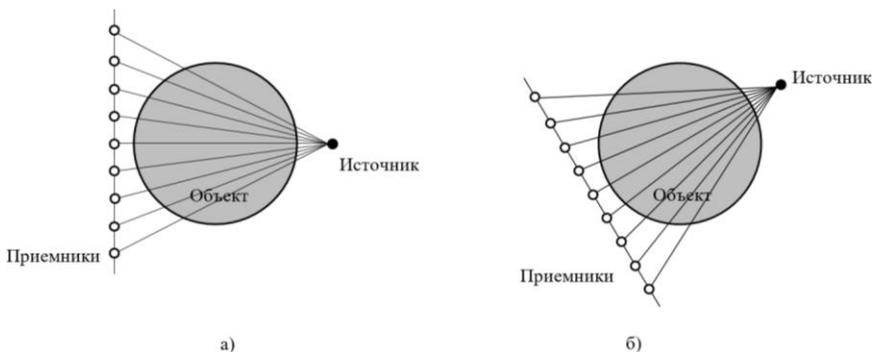


Рис. 2.2 – Веерная схема сканирования объекта
 а) начальное положение, б) положение после перемещения.

Рассмотрим две близкие плоские кривые (рис. 2.3), допустим, концентрические окружности радиусов R и $R + \varepsilon$, $0 < \varepsilon \ll 1$, тогда Δl — длина отрезка, являющегося хордой внешней окружности и касательной к внутренней, выразится формулой:

$$\Delta l = \sqrt{R^2 + 2R\varepsilon + \varepsilon^2} - R = \sqrt{2R\varepsilon + \varepsilon^2}, \quad (2.1)$$

пренебрегая величиной ε^2 , получаем $\Delta l \cong \sqrt{2R\varepsilon} \sqrt{\varepsilon^2}$.

Это означает, что среди лучей, пересекающих область, заключенную между указанными окружностями (кривыми), будут лучи, имеющие в этой области длину пути как порядка ε , так и поряд-

ка $\sqrt{\varepsilon}$, что существенно при достаточно малых значениях $\varepsilon \approx 10^{-6} \div 10^{-4}$ [2.8].

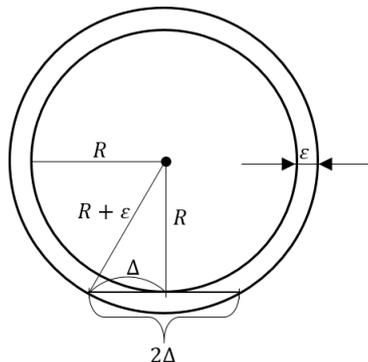


Рис. 2.3 – Геометрическая оценка длины касательных лучей.

На третьем этапе выполняется итерационный поиск дефекта на основе полученных данных. Таким образом, в нашем распоряжении есть две проекционные матрицы: A_0 — эталонная и A_I — исследуемая, полученная в результате измерений. Путем вычитания исследуемой матрицы из эталонной получаем рабочую матрицу A^* . Затем выполняется тот самый «эвристический поиск», основанный на нахождении скопления тангенциальных лучей, оставшихся в A^* .

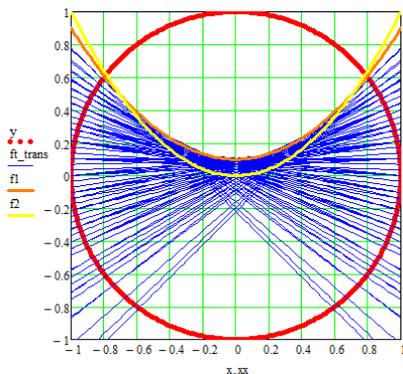


Рис. 2.4 – Модель объекта с дефектом.

Рассмотрим описанные выше этапы на примере упрощенной модели. Пусть мы имеем изделие с круглым поперечным сечением, внут-