

# Тезаурусное представление онтологии предметной области анализа изображений

Ю. О. Трусова, В. Н. Белоозеров, И. Б. Гуревич  
Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" РАН, Москва

Компонентом систем автоматизации процессов анализа, распознавания и понимания изображений должна являться база знаний о свойствах, связях и отношениях рассматриваемых процессов, изображений и методов решения задач. Знания должны быть представлены формально зафиксированными атрибутами, отражающими онтологические связи изображений, обрабатывающих инструментов и пользователя. Возможность представить онтологию предметной области посредством семантической сети терминов даёт известная концепция информационно-поискового тезауруса. В статье приводится характеристика тезауруса по анализу изображений: категории лексики, виды связей между терминами, программная реализация.

## Введение

Необходимость использования понятийного тезауруса как средства интеллектуализации процессов обработки информации была выявлена при разработке первых информационно-поисковых систем [1].

Тезаурус по анализу изображений является одним из основных модулей базы знаний в составе системы анализа и понимания изображений на основе накопления и использования знаний "Черный квадрат" [4], создаваемой в течение ряда лет в Научном совете по комплексной проблеме "Кибернетика" РАН.

База знаний предназначена для поддержки и автоматизации процессов решения задач анализа, оценивания, понимания и распознавания изображений. Основной среди функций базы знаний является поддержка процессов планирования и управления решением задачи [5]. Для этого необходимо задать логические и прагматические связи между терминами, выражающими описание задач и процедур их решения. Эти связи должны быть зафиксированы в тезаурусе, выполняющем функции классификации и унификации понятий научной области. Понятийный аппарат этой области знания в настоящее время плохо структурирован и неустойчив.

В существующих системах анализа и понимания изображений тезаурус применяется в качестве средства составления вербальных описаний в базах изображений. В работе [3] рассматривается система поддержки обработки запросов на естественном языке при поиске мультимедийных данных MARIE (Epistemological Information Retrieval Applied to Multimedia). Каждое изображение имеет описательный заголовок, который содержит информацию об изображении в произвольной форме. При обработке запроса система использует словарь и

иерархическую схему понятий из стандартных источников, таких как NASA Thesaurus [7] и Defense Technical Information Thesaurus [2].

Анализ публикаций показал, что в настоящее время отсутствует специализированный тезаурус в области обработки, анализа, понимания и распознавания изображений. Концепция автоматизированной обработки, анализа, понимания и распознавания изображений потребовала создания тезауруса данной предметной области. Разработка тезауруса ведется параллельно с разработкой системы, использующей его.

Для осуществления процессов планирования необходимо решение следующих основных задач: классификация алгоритмов обработки, анализа, понимания и распознавания изображений; классификация задач обработки, анализа, понимания и распознавания изображений; составление описаний алгоритмов и задач в базе знаний. Кроме того, тезаурус обеспечивает решение следующих задач: автоматизация информационного поиска в базе знаний; классификация и поиска библиографической и справочной информации.

Отличительными особенностями разрабатываемого тезауруса являются: разбиение предметной области на разделы - "Обработка изображений", "Анализ изображений" и "Распознавание изображений"; представление терминов и их определений на английском и русском языках; возможность использования как в базе знаний, так и вне ее в качестве самостоятельного словаря-справочника, доступ к которому может осуществляться через сеть Интернет.

## Структура тезауруса

Одной из основных задач создания тезауруса является разработка его структуры. Структура тезауруса определяется решаемыми задачами, функциональными требованиями и спецификой лексического наполнения языка предметной области.

Структура включает следующие базовые элементы: тематические разделы (поля), функциональные разряды, набор связей между терминами, схема словарной статьи. В первой версии тезауруса в прикладной области «Обработка, анализ и распознавание изображений» выделены следующие направления, в соответствии с которыми в тезаурусе формируются тематические поля лексики: обработка изображений, распознавание изображений, анализ изображений, получение изображений, а также лексика, описывающая изображение в качестве объекта процессов. Исходя из специфики предметной области, в каждом из тематических полей особые разделы составляют следующие функциональные разряды терминов: наименования процессов, инструментов, результатов, а также наименования их характеристик. Отдельным разделом представлена лексика смежных и прикладных областей. Все дескрипторы тезауруса можно представить распределёнными по шести лексико-семантическим категориям:

- изображения (виды изображений, элементы изображений, элементы описания изображений);
- задачи;
- операции;
- инструменты;
- свойства (изображений, операций, инструментов, задач);
- общенаучная и прикладная лексика.

Родовидовые связи и связи дескрипторов по отношению часть-целое используются при работе базы знаний в операциях логического вывода по классическим схемам. Отношение часть-целое (партитивное) не зависит от родовидовой иерархии, оно само образует на множестве дескрипторов полииерархическую сеть связей.

Из сущности процессов работы с изображениями выявлена необходимость фиксировать в тезаурусе также следующие основные связи дескрипторов различных лексико-семантических категорий:

- вид изображения – элемент описания изображения (например, video image - aspect ratio);
- вид изображения – применяемый инструмент (например, edge detection – Hueckel edge operator);
- преобразование изображений – результат (например, thresholding - binary image);
- применяемый инструмент – характеристика инструмента (например, morphology dilation operator - structuring element);
- применяемый инструмент – результат (например, edge detector – edge map);
- вид изображения – метод получения;
- вид изображения – преобразование изображения и другие.

Система лексико-семантических категорий дескрипторов, связанная иерархическими понятийными, материальными и прагматическими связями, моделирует предметную область задач работы с изображениями. Тем самым она задаёт понятийную (концептуальную) модель базы знаний об этой области. Значительная часть знаний представлена самим тезаурусом, в котором зафиксированы такие положительные сведения как:

- нормативный способ выражения понятий и его синонимы;
- состав рассматриваемых категорий объектов;
- состав объектов, входящих в каждую категорию;
- категорийная принадлежность объектов;
- состав компонентов объектов;
- вхождение объектов в состав объемлющего объекта;
- перечень свойств объекта;
- взаимодействие объектов в процессах работы с изображениями.

Дескрипторам поставлены в соответствие дефиниции, которые раскрывают содержание понятий. В свою очередь, каждая из дефиниций содержит ссылки на работы, которые содержат углубленные исследования по тематике, соответствующей данному понятию. Кроме ссылок на литературу дескрипторам в базе знаний приписаны фактографические сведения, извлеченные из библиографических источников и представленные в обработанном и удобном для непосредственного применения виде (в виде таблиц, программ, графиков и т. п.).

Словарная статья тезауруса имеет следующую структуру:

- заглавный термин;
- тематический раздел (поле), к которому относится термин;
- функциональный разряд;
- определение термина;
- перевод термина;
- перечень связей со списком терминов для каждой.

Тезаурус является двуязычным, с дескрипторами на английском и русском языках.

## **Использование тезауруса при решении задач**

В состав базы знаний входят модули:

- тезауруса;
- описаний алгоритмов дескрипторами тезауруса;
- описаний задач дескрипторами тезауруса.

Базовым элементом представления знаний являются описания задач. Кроме того, для успешного поиска описания задачи, наиболее соответствующего предъявленной прикладной задаче, в соответствии с концепцией функционирования базы знаний необходимо

структурировать постановку задачи и выбрать меру соответствия постановки задачи описанию задачи.

### **Описания алгоритмов**

Описания алгоритмов составляются на основе тезауруса в виде объектов со сложной структурой и включают следующие элементы.

Имя.  
Цель.  
Исходные данные.  
Оператор.  
Результат.

В описании имя алгоритма представляет собой его идентификатор. Цель является смысловым описанием операции или совокупности операций, которые будут производиться над исходными данными. Исходные данные – это данные, над которыми производятся операции в процессе решения задач (изображение). Оператор – ссылка на программу, с помощью которого решается задача. Под результатом решения задачи понимается описание данных, которые получаются в результате выполнения в соответствии с алгоритмом операций над исходными данными.

Каждый элемент описания в свою очередь является объектом, характеризуемым набором свойств. Набор свойств каждого такого объекта описан дескрипторами тезауруса (например, для случая, когда исходные данные – изображение, его свойства могут быть описаны дескрипторами, подчинёнными в тезаурусе категориальному понятию “image property – свойства изображений”).

### **Постановка задачи**

Для получения выборки описаний алгоритмов, в той или иной мере соответствующих предъявленной задаче необходимо определить структуру объекта данных, позволяющую наиболее полно ее характеризовать.

Постановка задачи – это объект данных, который имеет следующую структуру.

1. Цель.
2. Исходные данные.
3. Желаемый результат.
4. Контекст.

Здесь цель, как и в описании алгоритмов, является смысловым описанием операции или совокупности операций, которые должны быть произведены над исходными данными. Исходные данные – данные, над которыми производятся операции в процессе решения задач (изображение). Желаемый результат – описание данных, которые требуется получить в результате операций над исходными данными. Контекст содержит дополнительную информацию о задаче и формируется на основе терминов из тезауруса.

Постановка задачи формируется пользователем в блоке описаний задач путём заполнения подходящими дескрипторами полей формуляра описания.

Каждый элемент постановки задачи, как и в описании задачи, является объектом, характеризуемым присущим ему набором свойств. Свойства выражаются дескрипторами тезауруса.

Степень соответствия постановки задачи описанию алгоритмов, содержащихся в базе знаний, определяется с помощью некоторой меры близости.

## **Мера соответствия (близости) постановки задачи описанию алгоритма**

В качестве меры соответствия постановки задачи описанию алгоритма, необходимой для выбора наилучшего оператора, должна быть введена некоторая метрика, учитывающая как наибольшее количество совпадающих значений свойств (как дескрипторов, так и данных соответствующих типов, выражающих значения этих свойств) в объектах постановки задачи и описаний, так и количество уровней в одних и тех же ветвях иерархической классификации, соответствующих описаниям. Свойства могут иметь веса.

## **Поиск решения задачи в базе знаний**

На основе сформированных объектов, характеризующих знания об алгоритмах, включенных в базу знаний, и постановку задачи, которую необходимо решить, а также меру соответствия постановки задачи описанию задач предлагается следующая процедура поиска решения.

5. Пользователь с помощью пользовательского интерфейса создает объект, соответствующий постановке конкретной задачи. При этом вводится максимально возможное количество данных о задаче.
6. На основе созданного объекта формируется сложный запрос. Условия запроса учитывают свойства элементов объекта постановки задачи. При этом для свойств элементов, отражающих смысловое содержание из тезауруса, предварительно производится выборка дескрипторов, которые включаются в условную часть запроса.
7. Результатом запроса является множество описаний алгоритмов, содержащих операторы, приводящие к решению. Описания ранжируются в соответствии с выбранной мерой близости.
8. Выбирается алгоритм, соответствующий первому из ранжированных описаний.
9. Алгоритм запускается на исполнение.
10. Если выборка описаний алгоритмов не удовлетворяет пользователя (множество пустое или описаний слишком много), то в постановку задачи вносятся изменения, и делается новый запрос.

## **Состояние разработки тезауруса**

Тезаурус является динамическим массивом, постоянно пополняемым в процессе использования. В настоящее время он содержит около 1000 терминов, относящихся к теории работы с изображениями. Отдельные блоки тезауруса составляют термины, описывающие предметное содержание обрабатываемых изображений. В качестве такого блока разработан тезаурус гематологических терминов, позволяющих охарактеризовать изображения препаратов клеток крови для диагностики заболеваний. Этот блок содержит около 350 терминов.

Ниже приводятся статистические характеристики существующей версии тезауруса:

- Общее число терминов - 1038. Раздел «Изображение» - 230 терминов. Раздел «Обработка изображений» - 534 термина. Раздел «Анализ изображений» - 164 термина. Раздел «Распознавание образов» - 110 термина.
- Общее число дескрипторов - 914.
- Общее число синонимов - 124.
- Максимальная глубина иерархии – 4.
- Число дескрипторов с определениями – 451.

## **Программная реализация**

Для программной реализации модуля тезауруса использовалась среда разработки приложений Visual FoxPro 7.0. Модуль тезауруса состоит из базы данных тезауруса, программных средств управления базой данных, пользовательского интерфейса, интерфейса для работы с базой знаний, интерфейса для доступа через локальную сеть, интерфейса для доступа через Интернет.

Структурная схема модуля тезауруса представлена рис.1.

База данных тезауруса содержит словарные статьи дескрипторов. Пользовательский интерфейс предназначен для отображения системы определений; визуализации иерархической структуры терминов и других типов связей между терминами, выделенных в процессе разработки; ввода и редактирования словарных статей [1]; формирования запросов и отображения результатов поиска. Средства управления базой данных тезауруса предназначены для занесения, поиска и изменения записей в таблицах базы данных.

## Заключение

Рассмотрены некоторые аспекты, связанные с разработкой двуязычного тезауруса для базы знаний по обработке и анализу изображений. Предложена и обоснована структура тезауруса, состав словарных статей, программная реализация. Описаны способы представления знаний на основе тезауруса. Предложен алгоритм поиска решений задач анализа изображений.

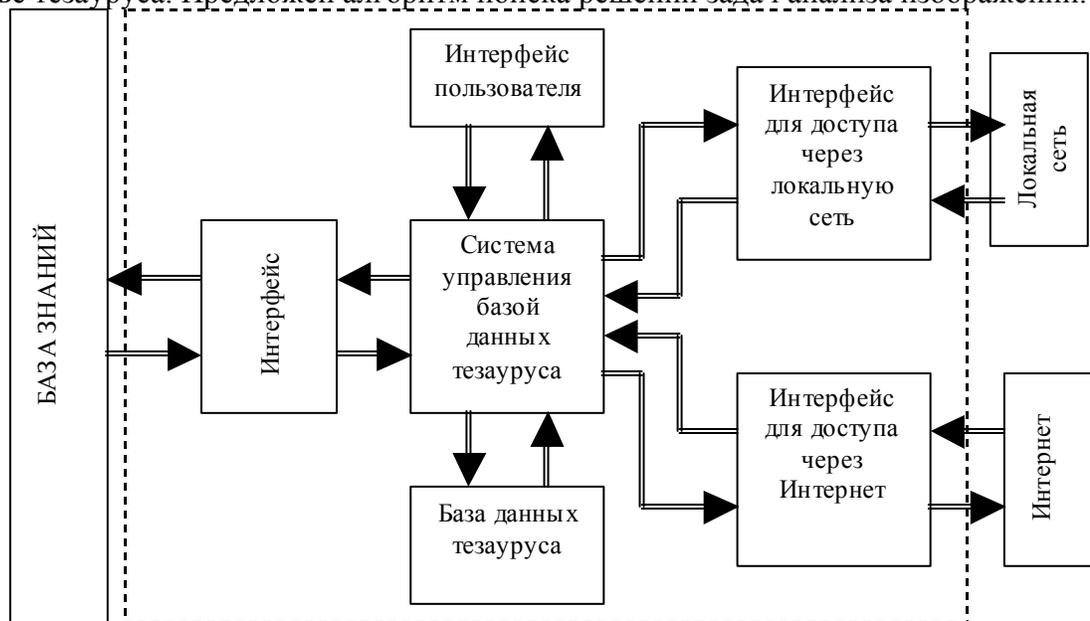


Рис.1 Структурная схема модуля тезауруса.

## Литература

1. Ю.И. Шемакин. Тезаурус в автоматизированных системах управления и обработки информации. Москва.: Воениздат, 1974.-192 с.
2. Defense Technical Information Center Thesaurus. AD-A226000, Defense Logistics Agency, Alexandria, Va, 1990.
3. E.J. Guglielmo, N.C. Rowe. Natural-language Retrieval of Images Based on Descriptive Captions // ACM Transactions on Information Systems. 1996, Vol.14, No. 3, pp.237-267.
4. I.B.Gurevich, D.M.Murashov, Yu.I.Zhuravlev, et. al.. Knowledge-Based System for Automatization of Scientific Research in Image Analysis and Understanding. Part I // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing (Avtometrya). 1999, No 6, pp. 18 - 36.
5. I.B.Gurevich, D.M.Murashov, Yu.I.Zhuravlev, et. al.. Knowledge Base for Automation of Research in the Domain of Image Recognition, Analysis and Understanding // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications. 2001, Vol.11, No. 2, pp.409-412.
6. C.C.Han et al. Fast Face Detection via Morphology Pre-processing // Proceedings of the Ninth International Conference on Image Analysis and Processing. - 1998, pp.469-476.

7. NASA Thesaurus, Hierarchical Listing. NASA SP-7064, NASA Scientific and Technical Division, Washington, D.C., 1988.