

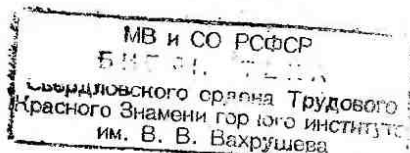
ББК-32.973.2—

Г68 ✓

УДК 681.327.12

Рецензенты: кафедра «Проектирование и организация систем» Московского физико-технического института (зав. кафедрой — чл.-кор. АН СССР Г. С. Поспелов) и д-р физ. мат. наук, проф. Ю. И. Журавлев (зав. лабораторией методов распознавания ВЦ АН СССР).

940773



Горелик А. Л., Скрипкин В. А.

Г68 Методы распознавания: Учеб. пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1984. — 208 с., ил. 45 к.

В пособии изложены основные методы распознавания объектов и явлений, особое внимание уделено системотехническому подходу к проблеме распознавания, построению оптимального признакового пространства, задачам обучения и самообучения, оптимизации процесса распознавания и оценке эффективности систем распознавания. В отличие от первого издания (1977 г.) в нем рассмотрены общая постановка проблемы распознавания, структурные методы распознавания, элементы кластер-анализа и алгебраического подхода и задачам распознавания.

1502000000—130
Г — 001(01)—84 — 2—84

ББК 32.973.2
6Р0.1

© Издательство «Высшая школа», 1977
© Издательство «Высшая школа», 1984, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разработка эффективных систем распознавания объектов, явлений, ситуаций и процессов в настоящее время представляет собой задачу исключительной значимости. Подобные системы уже нашли широкое применение в технике, медицине, метеорологии, сельском хозяйстве, военном деле и т. д. В настоящее время проблеме распознавания, ее теоретическим аспектам и прикладным приложениям в нашей стране и за рубежом уделяется огромное внимание.

За последние 10—15 лет в мировой литературе опубликовано значительное количество журнальных статей и свыше двух десятков книг, в которых обсуждаются задачи распознавания. Казалось бы, какова необходимость в издании еще одной книги по проблеме распознавания? Авторы полагают, что такая необходимость есть и вызвана она двумя обстоятельствами.

Первое обстоятельство заключается в следующем. К сожалению, в литературе по распознаванию образов доминирующее внимание уделяется в основном только задачам наилучшего (в смысле повышения достоверности распознавания) подразделения пространства признаков, на языке которых описываются распознаваемые объекты, на области, соответствующие классам, т. е. задачам определения наилучших решающих границ (правил) между классами на основе методов обучения (которую чл.-кор. АН СССР Я. З. Цыпкин остроумно называл «задачей трех О» — задачей обучения обозначению образов) и самообучения. Однако постановка и решение этих задач возможны только на основе таких исходных данных, которыми разработчики в общем случае построения реальных систем распознавания не располагают. Как ни важны сами по себе задачи обучения и самообучения при построении систем распознавания, они носят в проблеме распознавания частный характер и поэтому отождествлять проблему распознавания с названными задачами нельзя. Именно поэтому уже в первом издании настоящей книги акцентировалось внимание читателей на том факте, что для распознавания объектов и явлений любой физической, естественной или социальной природы необходимо построение специальных систем распознавания. Разработка же последних сопряжена с решением целого комплекса взаимосвязанных задач, которые и обсуждались в первом издании. В настоящем издании пособия основополагающая идея авторов о том, что постановка и решение проблемы распознавания возможны только на базе системотехнического подхода, получила свое дальнейшее развитие. В связи с этим более четко и подробно рассмотрены и задачи, возникающие при построении систем распознавания.

Второе обстоятельство заключается в том, что среди опубликованных отечественных и зарубежных книг по проблеме распознава-

ния нет ни одной, которая могла бы рассматриваться как учебник или учебное пособие. В связи с этим уже в первом издании пособия были по возможности достаточно подробно обсуждены различные методы распознавания, разработка словаря признаков систем распознавания в условиях ограничений на ресурсы, управление процессом распознавания, оценка эффективности систем распознавания на основе данных математического (статистического) моделирования. В настоящем издании эта тенденция — широта охвата — получила свое развитие: дополнительно рассмотрены общая постановка проблемы распознавания, структурные методы распознавания, элементы кластер-анализа и алгебраического подхода к задачам распознавания.

В книге не рассматриваются вопросы получения конкретных видов измерительной информации о распознаваемых объектах, построения технических средств, разработки алгоритмов обработки априорной измерительной информации, цель которой — определение признаков распознаваемого объекта или явления. Эти вопросы носят индивидуальный характер, зависящий от того, что представляют собой объекты или явления, для распознавания которых разрабатывается данная система. Авторы ставили перед собой цель рассмотреть только вопросы построения систем распознавания, которые инвариантны по отношению к объектам и явлениям, их физической, биологической или социальной природе, другими словами, универсальные вопросы проблемы распознавания.

Предисловие, введение, гл. 1—5, 8 и 9 написаны А. Л. Гореликом (§ 3.1 совместно с Е. Г. Перепелицыным, § 3.4, 7.6, 9.5 и гл. 8 совместно с И. Б. Гуревичем), гл. 6, 7, 10 (за исключением § 7.6) — В. А. Скрипкиным.

Основой настоящего учебного пособия послужило его первое издание, вышедшее в свет в 1977 г. и написанное по материалам лекций, на протяжении многих лет читаемых одним из авторов студентам Московского физико-технического института, а другим — студентам МГУ и слушателям Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР, а также результатам, полученным авторами в процессе построения реальных систем распознавания.

Авторы хотели бы вспомнить безвременно ушедших из жизни крупных советских ученых, блестящих организаторов науки акад. В. М. Глушкова и чл.-кор. АН СССР Н. П. Бусленко, которых на протяжении свыше 15 лет связывали не только личная дружба и общность научных интересов, но и редкое совпадение взглядов по кардинальным проблемам кибернетики. Свыше 20 лет тому назад по инициативе Н. П. Бусленко под руководством одного и при весьма плодотворном участии другого автора была начата разработка большой системы распознавания. В М. Глушков этой работе всегда уделял неизменное и доброжелательное внимание. Именно в ходе проектирования и построения системы у авторов сформировалось представление о том, в чем состоит суть проблемы распознавания, с какими задачами приходится сталкиваться при создании реальных систем распознавания.

Авторы считают своим приятным долгом выразить искреннюю признательность коллективу кафедры «Проектирование и организация

систем» Московского физико-технического института и лично ее руководителю лауреату Государственной премии СССР чл.-кор. АН СССР Г. С. Поспелову, а также заведующему лабораторией методов распознавания ВЦ АН СССР лауреату Ленинской премии д-ру физ.-мат. наук, проф. Ю. И. Журавлеву за доброжелательную конструктивную критику и полезные советы, высказанные при рецензировании книги и в полной мере учтенные авторами.

Авторы будут благодарны всем читателям, пожелавшим высказать свои замечания по книге, которые следует направлять по адресу:

101430 Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

Авторы

СВЕДЕНИЕ

В рамках кибернетики во второй половине 50-х годов начало формироваться новое научное направление, связанное с разработкой теоретических основ и практической реализацией устройств, а затем и систем, предназначенных для распознавания неизвестных объектов, явлений, процессов. Новая научная дисциплина получила название *распознавание образов*. Подобное название возникло в связи с тем, что процесс распознавания отождествляется с выяснением вопроса о том, к какому классу объектов (образу) может быть отнесен распознаваемый объект. При этом класс олицетворяет собой некоторую совокупность (подмножество) объектов, обладающих близкими свойствами.

Первая работа в области распознавания образов в нашей стране была выполнена одним из основоположников современной теории информации акад. А. А. Харкевичем [1]. Значительный вклад в развитие теории и практики распознавания внесли также советские ученые В. М. Глушков, Н. П. Бусленко, Я. З. Цыпкин, В. С. Михалевич, А. Г. Ивахненко, Ю. И. Журавлев, Н. Г. Загоруйко, В. А. Ковалевский, М. А. Айзерман, Э. М. Браверман, Л. И. Розоноэр, М. М. Бонгард, В. Н. Вапник, А. Я. Червоненкис, Л. А. Растрингин, Ш. Раудис и др. В 1957 г. Ф. Розенблатт, основоположник работ в области распознавания образов в США, предложил машину, обучающуюся распознаванию образов, названную им *персептрон* (от англ. to percept — воспринимать), в качестве простейшей модели деятельности мозга, связанной с распознаванием образов [2].

Первые работы в области распознавания образов были посвящены главным образом теории и практике построения читающих автоматов, и само слово «образ» использовалось для обозначения напечатанного или написанного от руки знака, изображающего букву или цифру. Математическим аппаратом постановки и решения задач распозна-

важнейших образов с момента их возникновения явилась теория статистических решений.

Классические результаты теории статистических решений послужили базой для построения алгоритмов распознавания, обеспечивающих определение класса, к которому может быть отнесен неизвестный объект, на основе экспериментальных измерений некоторого набора параметров (признаков), характеризующих этот объект, и определенных априорных данных, описывающих классы рассматриваемых объектов. В последующем математический аппарат, привлекаемый для решения задач распознавания, существенно расширился за счет использования методов алгебры логики и ряда разделов прикладной математики, теории информации, математического программирования и системотехники.

В настоящее время в СССР и за рубежом основное внимание уделяется разработке и построению больших систем распознавания. Если в простых устройствах распознавания для описания классов объектов или явлений используется небольшое число признаков, имеющих единую физическую природу, то в современных больших системах распознавания количество признаков, на языке которых описываются распознаваемые объекты или явления, может достигать многих десятков и даже сотен, при этом признаки могут иметь различную физическую природу. Например, при построении систем распознавания самолетов для описания самолетов различных классов (истребители, бомбардировщики, штурмовики и т. д.) могут использоваться такие признаки, как масса, длина фюзеляжа и размах крыла, максимальная скорость, количество и типы двигателей, состав экипажа и т. п.

Большие системы распознавания также, как правило, многоуровневые. В подобных системах признаки распознаваемых объектов или явлений, на языке которых описаны классы, определяются не только непосредственно путем обработки полученной измерительной информации, но и как результат работы локальных распознающих устройств, расположенных на нижних уровнях системы. Примером больших систем распознавания служат централизованные системы медицинской диагностики, в которых количество классифицируемых заболеваний и число симптомов превосходит несколько сотен. Подобные системы состоят из нескольких уровней, на каждом из которых в результате работы локальных систем распознавания определяются симптомы, используемые на последующих уровнях системы для определения более сложных комплексных симптомов.

Системы распознавания в настоящее время получают все большее распространение, и трудно назвать такую отрасль науки или сферу производственной деятельности, где они не используются или не будут использоваться в ближайшие годы. Так, они находят все большее применение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП), промышленными предприятиями (АСУП) и отраслями народного хозяйства (ОАСУ). Следует отметить, что в решениях XXVI съезда партии уделяется значительное внимание вопросам дальнейшего совершенствования управления народным хозяйством страны на базе автоматизированных систем управления.

Системы распознавания становятся также неотъемлемым элементом современных промышленных роботов и манипуляторов.

Распознающим устройствам и системам распознавания суждено занять исключительно большое место в сельском хозяйстве. Здесь следует иметь в виду прежде всего распознавание размера урожая конкретных сельскохозяйственных культур на определенных участках поля по данным аэро- и космических наблюдений, значительное уменьшение ручного труда при сортировке плодов по их форме, цвету и размерам, распознаваемых специальными системами, массовую медицинскую диагностику сельскохозяйственных животных, автоматическую дойку роботами, снабженными системами распознавания.

Таким образом, в реализации Продовольственной программы, принятой майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС, в ряде мероприятий, связанных с развитием материально-технической базы агропромышленного комплекса и усилением роли науки, определенная роль принадлежит техническим системам, предназначенным для распознавания объектов и явлений.

В настоящее время *большие системы распознавания* — это технические средства, предназначенные для выявления признаков объектов и измерения описывающих их параметров; совокупность алгоритмов распознавания, преобразующих входную информацию об объектах в определенные выводы; вычислительная техника, привлекаемая для реализации этих алгоритмов; коллективы специалистов, осуществляющие первичную формализацию исходной априорной информации, а также анализ как полученных апостериорных данных, так и формальных решений задачи распознавания на всех уровнях системы.

Проектирование систем распознавания — достаточно сложный итеративный процесс, реализация которого сопряжена с построением постепенно уточняющейся математической или физико-математической модели проектируемой системы. Первая итерация может быть названа *априорной* (исходной). На ее основе производится первоначальное разбиение объектов на классы, т. е. составляется априорный алфавит классов и разрабатывается априорный словарь признаков. Описание классов на языке признаков позволяет найти в некотором смысле наилучшие границы классов в априорном признаковом пространстве, а после выбора алгоритма распознавания решить следующую центральную задачу, составляющую существо проблемы распознавания, — определение рабочих таких алфавита классов и словаря признаков, которые в условиях ресурсных ограничений на построение новых или использование существующих измерительных и вычислительных средств обеспечивают наибольшую эффективность решений, принимаемых системой управления на основании результатов распознавания неизвестных объектов или явлений. Уточненная модель системы распознавания служит основой для нахождения новых границ между классами, для возможной корректировки алфавита классов и словаря признаков. Этот процесс итеративный, однако, как правило, нескольких итераций оказывается достаточно для оконча-

тельного решения вопроса о структуре и свойствах разрабатываемой системы распознавания.

Таким образом, построение систем распознавания требует решения ряда задач. Кроме задач классификации, определения словаря признаков, описания классов на языке признаков, нахождения наилучших границ между классами, разработки алгоритмов распознавания к их числу относятся задачи обработки измерительной информации, оптимизации процесса распознавания, оценки эффективности системы распознавания в различных режимах ее функционирования и т. д. Только на пути комплексного системного рассмотрения всей совокупности задач возможен конструктивный подход к построению реальных систем распознавания.

Многочисленные публикации по проблеме распознавания могут создать у неискушенных читателей представление о том, что «распознающая система — это автоматическое вычислительное устройство, предназначенное для распознавания образов» [3], а проблема распознавания состоит в разделении в некотором смысле (как правило, в смысле минимума ошибок распознавания) наилучшим образом пространства признаков на области, соответствующие классам, т. е. в нахождении *решающих правил, решающих границ*. Это далеко не так. Проблема распознавания значительно сложнее. Вычислительная машина представляет собой лишь один из элементов системы распознавания. Другими его элементами, зачастую значительно более сложными и дорогостоящими, являются технические средства обнаружения распознаваемых объектов, которые подчас приходится специально разрабатывать (вспомним хотя бы хитроумные ловушки элементарных частиц или современные радиолокационные системы), средства формирования измерительной информации, на основе обработки которой (иногда отнюдь не традиционной) могут быть определены признаки этих объектов.

В равной мере математическое обеспечение систем распознавания не определяется только собственно алгоритмом построения решающих правил, решающих границ. В его состав входят математическая модель системы, используемая не только на стадии проектирования системы распознавания, но и в ходе ее эксплуатации для уточнения структуры и параметров системы на базе данных, получаемых в результате обработки апостериорной информации о распознанных объектах; методы и алгоритмы обработки измерительной информации, получаемой техническими средствами системы и предназначенной для определения признаков распознаваемых объектов; методы и алгоритмы распознавания; методы и алгоритмы в определенном смысле оптимального управления процессом распознавания; методы и алгоритмы оценки эффективности системы распознавания как на стадии проектирования, так и в процессе ее функционирования, и т. д. Содержательному и формальному рассмотрению задач, связанных с построением систем распознавания, и посвящено настоящее учебное пособие.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ И ЯВЛЕНИЙ

Прежде чем приступить к обсуждению формальной постановки и решению основных задач, связанных с разработкой систем распознавания объектов и явлений, целесообразно рассмотреть эти задачи на содержательном (описательном) уровне. Именно этому и посвящена настоящая глава, носящая вводный характер. Кроме того, в ней приведена достаточно подробная классификация систем распознавания, основанная на различных классификационных принципах, связанных с характером и количеством исходной априорной информации, а также с принципами построения самой системы распознавания.

§ 1.1. Качественное описание задачи распознавания

Распознавание образов (объектов, сигналов, ситуаций, явлений или процессов) — едва ли не самая распространенная задача, которую человеку приходится решать практически ежесекундно от первого до последнего дня своего существования. Для решения этой задачи человек использует огромные ресурсы своего мозга, включая одновременно около 7—8 млрд. нейронов. Именно это дает возможность людям мгновенно узнавать друг друга, с большой скоростью читать печатные и рукописные тексты, безошибочно водить автомобили в сложном потоке уличного движения, осуществлять отбраковку деталей на конвейере, дешифровать аэро- и космические фотоснимки, разгадывать коды, древнюю египетскую клинопись и т. д.

Распознавание представляет собой задачу преобразования входной информации, в качестве которой уместно рассматривать некоторые параметры, признаки распознаваемых образов, в выходную, представляющую собой заключение о том, к какому классу относится распознаваемый образ. Поэтому, учитывая, что кибернетика есть наука об общих законах преобразования информации в сложных системах, распознавание образов есть один из разделов этой науки.

Потребности в комплексной механизации и автоматизации производства, создании роботов, в широких масштабах решать задачи технической и медицинской диагностики, метеорологического прогноза, формализованной оценки общественных, экономических и социологических явлений и процессов, определении наиболее вероятных направлений их трансформации и предопределили значительные усилия научной и инженерной мысли, направленные на решение теоретических и прикладных вопросов проблемы распознавания. Чтобы в полном объеме оценить все значение этой проблемы, достаточно сказать, что создание искусственного интеллекта — это, по-видимому, построение распознающих систем, приближающихся по своим возможностям к возможностям человека в решении задач распознавания.

Ниже будут обсуждены основные задачи, возникающие при построении систем распознавания, их формальная постановка и методы решения. Однако прежде рассмотрим содержательную интерпре-

тацию задачи распознавания. Выполним это на примере задачи распознавания стороной A самолетов стороны B .

Для построения системы распознавания самолетов стороны B стороне A необходимо провести детальный анализ всей доступной информации об авиации стороны B и, исходя из анализа тактико-технических характеристик своих средств противодействия самолетам стороны B , оценить, какие решения она может принимать в случае налета самолетов стороны B . Такими решениями могут быть, например: 1) применить средство противодействия S_1 ; 2) применить средство противодействия S_2 ; 3) совместно использовать средства S_1 и S_2 . В соответствии с этими решениями самолеты стороны B следует подразделить на три класса. При этом, если появляются самолеты первого класса, следует применить средство S_1 , если самолеты второго класса — средство S_2 и, наконец, если самолеты третьего класса — совместно средства S_1 и S_2 .

Наличие конкретных технических средств обнаружения самолетов и определения их параметров, а также недостаточный объем исходной (априорной) информации о классах самолетов стороны B (положим, первый класс — бомбардировщики, второй класс — истребители, третий класс — штурмовики) может привести к тому, что с точки зрения эффективности стороне A целесообразно ввести в рассмотрение только два класса, так как при этом повышается вероятность правильного распознавания самолетов. Этот вопрос можно решить только путем математического или физико-математического моделирования разрабатываемой системы распознавания. После проведения классификации самолетов стороны B следует определить, с помощью каких параметров или признаков можно описать выделенные классы самолетов, а затем из полученного перечня исключить те признаки, относительно которых не представляется возможным определить их значения применительно к каждому классу самолетов.

Далее, в соответствии с техническими возможностями средств наблюдения за самолетами (радиолокаторы, акустические средства, лазеры, оптические устройства и т. д.) из полученного перечня признаков надо выделить признаки, которые могут быть реально определены (например, крейсерская и максимальная скорости, предельная высота полета, число и тип двигателей, длина фюзеляжа, размах крыльев и др.). И, наконец, на основе априорных данных следует описать на языке выбранных признаков каждый класс самолетов. В данном случае одни признаки имеют качественный характер (тип двигателей), другие — количественный (скорость, высота полета и т. д.). Поэтому в описании классов должны содержаться сведения как о том, присущи или не присущи каждому классу те или иные признаки качественного характера, так и о возможных диапазонах или законах распределений значений признаков, имеющих количественные выражения, для каждого класса. На этом подготовительную работу можно считать завершенной, поскольку накоплена и проанализирована априорная информация о самолетах, произведена их классификация, выбрана система признаков и описаны все классы самолетов на языке этих признаков. Положим, что с помощью каких-либо средств наблюдения в результате про-

ведения опытов найдены некоторые признаки неизвестного, подлежащего распознаванию самолета. Сопоставление полученных апостериорных данных об этом самолете с данными, заключенными в априорном описании всех классов самолетов на языке признаков, позволяет определить, к какому классу относится неизвестный самолет, т. е. позволяет произвести его распознавание.

Рассмотренный пример содержит качественное описание задачи распознавания и не поясняет, как производить разбиение объектов на классы, как накапливать и обрабатывать априорную информацию, из каких соображений осуществлять выбор признаков и как описать на их языке классы, на основе каких методов сопоставлять апостериорную и априорную информацию, т. е. распознавать неизвестный объект. Однако пример дает возможность составить представление о задаче распознавания в следующей трактовке. Имеется некоторая совокупность объектов или явлений. В соответствии с выбранным принципом классификации она подразделена на ряд классов, т. е. составлен алфавит классов. Разработан словарь признаков, на языке которого описывается каждый класс объектов. Созданы технические средства, обеспечивающие определение признаков, а на вычислительных средствах системы распознавания реализован алгоритм распознавания, позволяющий сопоставлять апостериорные данные о неизвестном объекте с априорной информацией и на основе сопоставления определять, к какому классу он может быть отнесен. Когда появляется объект, подлежащий распознаванию, с помощью технических средств наблюдения проводятся опыты и определяются его признаки. Данные о признаках неизвестного объекта поступают на вход алгоритма распознавания, который, используя априорные описания классов, определяет, к какому классу может быть отнесен этот объект.

§ 1.2. Основные задачи построения систем распознавания

Рассмотренный в § 1.1 пример свидетельствует о том, что распознавание сложных объектов и явлений требует создания специальных систем распознавания — сложных динамических систем, состоящих в общем случае из коллектива подготовленных специалистов и совокупности технических средств получения и переработки информации и предназначенных для решения на основе специально сконструированных алгоритмов задач распознавания соответствующих объектов или явлений.

Каждая система распознавания приспособлена для распознавания только данного вида объектов или явлений (так, система, предназначенная для диагностики заболеваний, не умеет диагностировать отказы аппаратуры, а система, предназначенная для чтения букв русского алфавита, не умеет читать китайские иероглифы или ноты).

Рассмотрим основные задачи, возникающие в процессе проектирования и построения систем распознавания. При этом необходимо иметь в виду следующее. Процесс разработки системы распознавания требует построения математической или физико-математической модели системы. Только наличие подобной модели позволяет реализовать ите-

ративный процесс построения прообразов системы распознавания, все более и более приближающихся по своим характеристикам (точностным, временным, габаритным, весовым, стоимостным и т. д.) к требуемым характеристикам, задаваемым на стадии разработки тактико-технических требований к системе. Рассматриваемые ниже задачи в той или иной мере, с одной стороны, обеспечивают построение модели системы, а с другой стороны, могут быть решены только с помощью модели. Такова диалектика этого вопроса.

Задача 1. Задача заключается в том, чтобы определить полный перечень признаков (параметров), характеризующих объекты или явления, для распознавания которых разрабатывается данная система. Названная совокупность признаков должна быть сформирована независимо от каких-либо ограничений, связанных как с получением априорной информации, необходимой для исходного описания классов объектов, так и с получением апостериорной информации о конкретных объектах, подлежащих распознаванию. Наоборот, первоначально необходимо определить все признаки, хотя бы в малейшей мере характеризующие объекты или явления.

Признаки объектов могут быть подразделены на детерминированные, вероятностные, логические и структурные.

Детерминированные признаки — признаки, принимающие конкретные числовые значения (например, размах крыла $l_{кр} = 25$ м, длина фюзеляжа $l_{ф} = 50$ м, масса самолета $G = 70$ т и т. д.), которые могут рассматриваться в качестве координат точки в признаковом пространстве, соответствующей данному объекту. При рассмотрении признаков в качестве детерминированных ошибками измерений пренебрегают.

Вероятностные признаки — признаки, случайные значения которых распределены по всем классам объектов, при этом решение о принадлежности распознаваемого объекта к тому или другому классу может приниматься только на основании конкретных значений признаков данного объекта, определенных в результате проведения соответствующих опытов. Признаки распознаваемых объектов следует рассматривать как вероятностные и в случае, если измерение их числовых значений производится с такими ошибками, что по результатам измерений невозможно с полной определенностью сказать, какое числовое значение данная величина приняла.

Логические признаки распознаваемых объектов можно рассматривать как элементарные высказывания, принимающие два значения истинности («да», «нет» или «истина», «ложь») с полной определенностью. К логическим признакам относятся прежде всего признаки, не имеющие количественного выражения. Эти признаки представляют собой суждения качественного характера типа наличия или отсутствия некоторых свойств или некоторых элементов у распознаваемых объектов или явлений. В качестве логических признаков можно рассматривать, например, такие симптомы, используемые при медицинской диагностике, как боль в горле, кашель, насморк и т. д., такие свойства объектов геологической разведки, как растворимость или нерастворимость в определенных кислотах или в некоторых смесях

кислот, наличие или отсутствие запаха, цвета и т. д. К логическим можно отнести также признаки, у которых важна не величина признака у распознаваемого объекта, а лишь факт попадания или непадения ее в заданный интервал. В пределах этих интервалов появление различных значений признаков у распознаваемых объектов предполагается равновероятным. На практике логические признаки подобного рода имеют место в таких ситуациях, когда либо ошибками измерений можно пренебречь, либо интервалы значений признаков выбраны таким образом, что ошибки измерений практически не оказывают влияния на достоверность принимаемых решений относительно попадания измеряемой величины в заданный интервал. Например, в области технической диагностики решение о выходе из строя технических устройств принимается лишь тогда, когда фактические значения некоторых параметров (признаков) превышают заданные интервалы. Отклонение же значений параметров от номинала, не сопровождающееся выходом за пределы соответствующих интервалов, является информацией о том, что устройство функционирует нормально.

Структурные (лингвистические, синтаксические) признаки представляют собой непронизводимые элементы (символы) структуры объекта. Иначе эти элементы (константы) называют терминалами. Каждый объект может рассматриваться как цепочка терминалов или как предложение. Эти предложения и описывают объекты. При этом если предложение, описывающее неизвестный распознаваемый объект, относится к языку данного класса, то этот объект и принимается принадлежащим к этому классу. Например, при распознавании букв русского алфавита терминалами являются вертикальная, горизонтальная, наклонная черточки, наличие угла и т. д.

Задача 2. Задача заключается в проведении первоначальной классификации распознаваемых объектов или явлений, в составлении априорного алфавита классов. Основное в данной задаче — выбор надлежащего принципа классификации. Последний определяется требованиями, предъявляемыми к системе распознавания, которые, в свою очередь, зависят от того, какие решения могут приниматься системой управления по результатам распознавания неизвестных объектов или явлений. При решении последующих задач априорный алфавит классов уточняется, в результате чего формируется рабочий алфавит классов системы распознавания.

Задача 3. Эта задача состоит в разработке априорного словаря признаков. Словарь разрабатывается на основе результатов решения первой задачи с учетом того, что в априорный словарь признаков включаются только те признаки, относительно которых может быть получена априорная информация, необходимая для описания классов на языке этих признаков.

Задача 4. Задача состоит в описании всех классов априорного алфавита классов на языке признаков, включенных в априорный словарь признаков. Эта задача не имеет однозначного решения, и в зависимости от объема исходной информации для ее решения могут быть использованы методы непосредственной обработки исходных данных, обучения или самообучения (см. гл. 3).