

МОДЕЛЬ ФОРМАЛЬНОГО ОПИСАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В. А. Дурденко*, М. А. Ильичев**

* Воронежский институт инновационных систем

** Воронежский институт МВД РФ

Поступила в редакцию 23.03.2011 г.

Аннотация. Рассмотрены особенности традиционного подхода к созданию систем распознавания образов. Выявлен недостаток традиционного подхода, затрудняющий создание эффективных систем распознавания. Отмечены основные недостатки указанного описания систем распознавания, а также сложности, возникающие при построении функциональных моделей. Рассмотрена обобщенная формальная модель описания объекта. Предложен новый подход к описанию особенностей работы систем распознавания, позволяющий оптимизировать технологию их создания на базе процессно-функциональной модели, а также вопросы управления и работы, за счет ориентации не только на функциональную взаимосвязь отдельных блоков, но, прежде всего, на протекающие в системах процессы. Данная формальная модель позволяет решать как прямую, так и обратную задачи (достижение определенного уровня точности при распознавании в пределах заданных ресурсов).

Ключевые слова: обоснование системы признаков, эффективные системы распознавания образов, процессно-функциональные модели, обобщенная формальная модель описания объекта.

Annotation. Traditional approach to Object Recognition Systems Development is reviewed. Its deficiency producing problems in developing efficient Systems is identified. The major drawbacks of the given description of Recognition Systems as well as complications of Functional Models development are noted. A general formal model of Object description is presented. New approach to Recognition Systems performance is presented which allows upgrading of the development technology on the basis of Process-Functional Model. The matters of control and performance can also be upgraded due to considering not only functional interconnection of individual blocks but, first of all, the processes taking place in the Systems. The described formal model makes it possible to implement both direct and reverse tasks (the latter being the provision of particular level of accuracy in Recognition within available resources).

Key words: justification of system of characteristics, efficient Object Recognition Systems, Process-Functional Models, general formal model of object description.

ВВЕДЕНИЕ

Задача построения эффективных систем распознавания объектов и явлений окружающего мира является чрезвычайно актуальной, что объясняется повсеместным внедрением цифровых систем видеонаблюдения различного назначения. Стандартная постановка задачи распознавания предполагает, что начальная информация о классах задается выборками зафиксированных наблюдений объектов (выборки прецедентов). С целью получения возможности дальнейшего анализа объектов каждое наблюдение представляется в виде вектора значений признаков. Указанные признаки, как правило, характеризуют некоторые свойства

объектов, обнаруженные в процессе их изучения специалистами предметной области.

1. ОСОБЕННОСТИ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ РАСПОЗНОВАНИЯ

Рассмотрим некоторые особенности традиционного подхода к созданию систем распознавания.

Следует отметить, что множество значений отдельного признака может быть изначально весьма сложным. Так, значением признака может быть функция одной вещественной переменной (например, электрокардиограмма), определенная на данном отрезке числовой оси и имеющая не более, чем заданное число точек разрыва первого рода или изображение фиксированного объекта.

рованного района, полученное при аэрофото- съемке и съемке из космоса и т. п.

Основным требованием при формировании системы признаков (алфавита признаков) является обеспечение ее полноты, в силу чего, в ее состав включаются максимально возможное количество характеристик свойств, влияющих на классификацию объектов, и которые можно вычислить или измерить [1].

Формирование системы признаков и определение их множества допустимых значений практически не поддается формализации. Это – работа эксперта-специалиста или группы экспертов, которые руководствуются своим опытом и интуицией. На этом этапе возможно множество альтернативных решений по определению системы признаков. Можно выделить, например, как количественные признаки, описывающие некоторые свойства объекта и имеющие бесконечное число градаций из некоторого диапазона, так и качественные признаки, характеризующие наличие или отсутствие определенных свойств объекта. Как правило, существенная доля признаков имеет достаточно простую природу, допускает только значения «да», «нет», «неизвестно», выражается числом или числовым вектором (результат измерения или измерений) или имеет большее, чем три, но конечное число градаций [2].

Наличие множества альтернативных решений и необоснованный выбор одного из них позволяет утверждать, что формирование системы признаков в конкретной предметной области является эвристической процедурой, основанной на догадках, аналогиях и ассоциациях с решением других похожих задач.

Использование эвристик как правило быстро приводит к успешному решению задачи формирования системы признаков в том случае, когда имеется достаточно богатый опыт решения сходных задач. В подобных ситуациях решение задачи построения системы признаков удается найти без больших затрат, усилий и времени на изучение особенностей, специфичных рассматриваемой предметной области.

Данная ситуация не может считаться удовлетворительной при разработке систем распознавания в различных прикладных плохо формализованных областях, т. к. применяемый набор признаков является источником информации, на основе которого можно делать определенные выводы об исследуемом объекте.

Становится явным факт прямой зависимости возможностей и потенциальной эффективности (подразумевается, что в системе выбран экстремальный по функционалу качества алгоритм распознавания) разрабатываемой системы распознавания от результата проведения первого этапа – построения системы признаков.

Таким образом, наличие хорошо обоснованной с математической точки зрения теории построения оптимальных алгоритмов распознавания, тем не менее, не позволяет говорить о возможности синтеза эффективной системы в требуемой предметной области.

Исходя из этого очевидно возникновение явного противоречия между необходимостью создания эффективных систем распознавания, наличием формальной теории построения оптимальных алгоритмов распознавания и отсутствием формализованных методов создания системы признаков, обеспечивающей получение информации об объекте исследования.

При создании формального метода обоснования системы признаков для примера в качестве исследуемых объектов будем использовать графические изображения. Таким образом, определен способ образования объектов и соответственно их физическая природа.

Пусть в рамках определенной предметной области задано множество S объектов s . Данное множество может состоять из подмножеств S_j , $j = \overline{1, Y}$ и множества S_{Y+1} , причем $\{S_1, \dots, S_Y\} \cup S_{Y+1} = S$.

Каждое S_j , включающее в себя определенное подмножество объектов из S и объединенное некоторым общим свойством или свойствами, определим как класс. При этом будем исходить из того, что множества классов S_j не имеют общих точек или областей пересечения. Множество S_{Y+1} может, как включать в себя объекты, не вошедшие ни в один из классов S_j , так и быть пустым, т.е. $S_{Y+1} = \emptyset$.

Для обучения системы исходное множество объектов (обучающая выборка) определенным образом разделено на подмножества, каждое из которых соответствует определенному классу т.е.:

$$(s_1, \dots, s_p) \in S_1, \\ (s_{p+1}, \dots, s_l) \in S_2, \dots, (s_{g+1}, \dots, s_m) \in S_Y.$$

Разделение объектов на классы осуществляется разработчиком в соответствии с задачами, решаемыми системой распознавания. В зави-

симости от этого будет меняться состав и количество подмножеств.

При решении практических задач изображение распознаваемого объекта размещаются в прямоугольной области определенных размеров, которую в дальнейшем будем называть кадром K .

Представление объекта в виде графические изображения в кадре избыточно. Избыточность изображения объекта исследования является следствием того, что:

– в кадре кроме объекта могут располагаться группы пикселей не связанные с изображением и отрицательно влияющие на результат распознавания;

– любой объект в зависимости от решаемой задачи может быть отнесен к различным классам, т.е. решаемая задача определяет необходимую часть полезной семантики объекта.

Естественно, что такое отнесение осуществляется только на основе признаков описания (свойств) объекта и с целью осуществления эффективного анализа изображения возникает необходимость формирования такой системы признаков, которая позволила бы абстрагироваться как от несущественной информации в рамках решаемой задачи, так и от влияния помеховых факторов.

Под несущественной информацией понимается информация, наличие которой в изображении или кадре не влияет положительно образом на результат процесса распознавания.

Существующие эвристические методы построения системы признаков основаны на предварительном анализе объектов с целью выделения максимально возможного числа их характерных особенностей. Естественно, что данный подход с одной стороны не гарантирует получение оптимального результата, с другой стороны, практически не поддается формализации для автоматического использования.

Опираясь на указанные соображения, представляется целесообразной идея получения формального метода обоснования системы признаков за счет представления изображения объекта исследования или кадра в виде иерархической структуры более простых подобразов, задания множества их базисных элементов и множества правил комбинирования. Здесь в отличие от классического метода (разработчик анализирует изображения объекта в целом и выделяет характерные особенности), построе-

ние системы признаков осуществляется по жестко заданным правилам из выбранных исходных составляющих. Такой способ построения системы признаков позволяет аппроксимировать характерные свойства объекта за счет выстроенных в определенном порядке цепочек базисных элементов.

Существенное отличие предлагаемого подхода от традиционного, состоит в том, что разработчик не принимает участия в процессе построения множества признаков распознавания. Отбор признаков осуществляется в автоматическом режиме на основании анализа обучающей выборки.

Упрощенное представление изображения объекта исследования в виде совокупности более простых подобразов необходимо для получения возможности обоснования базисных элементов, фактически представляющих собой признаки описания указанных составляющих исходного изображения. Данная идея представляется очевидной, т.к. чем меньше и «проще» объект исследования, тем легче он поддается формальному писанию.

Применив правила комбинирования к множествам базисных элементов совокупности более простых подобразов изображения, получим формальную систему признаков $X_q = \{x_1, \dots, x_{k_q}\}$, $q = 1, N$, где N – количество выбранных множеств базисных элементов, k_q – количество признаков в q -м множестве базисных элементов. При этом здесь, в отличие от классического подхода, признаки в неявном виде будут отображать те или иные свойства объектов.

Наряду с системой признаков необходимо определить понятие описания объекта $I(s)$, которое представляет собой вычисленные значения системы признаков для исследуемого объекта, непосредственно используемые алгоритмами распознавания.

2. СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТА

Схему формирования описания объекта $I(s)$ можно представить в виде следующей обобщенной модели (рис.1).

Здесь на первом этапе на основе известных правил формирования признаков, обучающей выборки изображений предметной области и решаемой задачи осуществляется формирование системы формальных признаков. Сформи-

рованные алгоритмы вычисления x_i системы признаков X_q , $q = \overline{1, N}$ служат для дальнейшего вычисления описаний $I(S)$ объектов, поступающих на вход системы.

Для формального описания $X_q = \{x_{1_q}, \dots, x_{k_q}\}$, $q = \overline{1, N}$ зададим некоторые конечные алфавиты $F_q = \{f_{1_q}, \dots, f_{c_q}\}$ и $L = \{L_1, \dots, L_z\}$, где множество F представляет собой исходную совокупность букв (множество базисных элементов), L – множество правил объединения букв. Из указанных множеств образуем язык Σ . При этом фразами языка будут являться признаки x_i из X_q , $q = \overline{1, N}$.

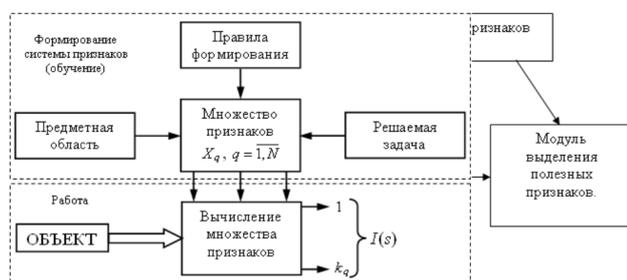


Рис. 1. Обобщенная модель формирования описания объекта $I(s)$

В качестве совокупности букв могут выступать, например, результаты исследования функций яркости в строках изображений, а в качестве правил – логические операции дизъюнкции, конъюнкции, отрицания, логического следования, а также кванторы существования и общности.

Можно записать следующее формальное определение признака x_i . Признак $x_i = \{f_{1_q}, \dots, f_{c_q}, L_1, \dots, L_z\}$, $i = \overline{1, k_q}$, где множество $\{f_{1_q}, \dots, f_{c_q}\}$ определяется как исходный порождающий набор, а количество наборов равно N . Совокупность вычисленных признаков будет являться описанием объекта, т.е. $I(s) = X_q(s) = \{x_{1_q}(s), \dots, x_{k_q}(s)\}$, $q = \overline{1, N}$. Совокупность описаний изображений класса будет являться описанием класса $I(S_j)$.

Таким образом, в основе формального метода построения системы признаков лежит идея декомпозиции объекта исследования (изображения) на достаточно простые исходные составляющие T , выделения порождающих наборов признаков для T и построения системы признаков X с использованием правил L .

Например, исходное изображение покрывается множеством сеток параллельных линий, следующих с определенным шагом. Каждая из сеток расположена под определенным углом к горизонту. Расчет признаков осуществляется следующим образом. Для каждой линии сетки вычисляется набор линейных признаков (центр тяжести линии, среднее геометрическое, статический момент и т.п.). Далее по каждой сетке вычисляются признаки, представляющие собой характеристики распределения «линейных» признаков. На последнем этапе вычисляются характеристики распределения признаков по каждой сетке в рамках множества имеющихся сеток.

3. ЭТАПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМАЛЬНОГО ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрим более подробно этапы получения формального описания объектов:

- обоснование множества $\{T\}$ простых составляющих объекта исследования s ;
- построение множеств базисных элементов F с использованием формальных правил W ;
- выбор определенного множества базисных элементов F_q с использованием критериев K ;
- определение правил $L = \{L_1, \dots, L_z\}$ для построения системы признаков X_q , $q = \overline{1, N}$ из множества F_q ;
- построение системы признаков $X_q = \{x_{1_q}, \dots, x_{k_q}\}$.

Для иллюстрации данного подхода приведем пример реализации процедуры автоматического формирования системы признаков.

В общем случае функциональную структуру полученной формальной модели можно представить следующим образом (рис.2).

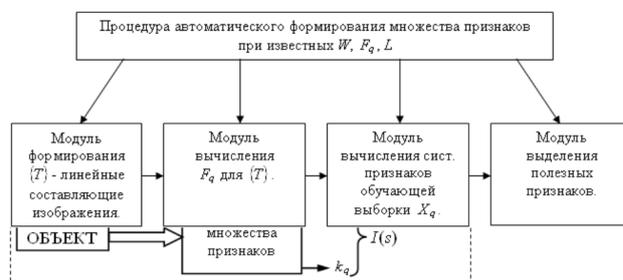


Рис. 2. Общая функциональная структура процедуры автоматического формирования системы признаков

Здесь модуль формирования исходных линейных преобразований графических изображений предназначен для получения множества $\{T\}$. Исходные преобразования $\{T\}$ (в данном случае линейные составляющие изображения) поступают в модули вычисления множества базисных элементов F_q для $\{T\}$, системы признаков обучающей выборки $X_b(S)$ и модуль выделения полезных признаков.

На выходе второго модуля имеем множество вычисленных значений $F_q = \{f_{1q}, \dots, f_{c_q}\}$. В третьем модуле значения F_q с учетом правил L преобразуются в совокупность $X_q(S) = \{x_{1q}(S), \dots, x_{k_q}(S)\}$, после чего, в четвертом модуле осуществляется выборка полезных признаков.

Таким образом, на выходе четвертого модуля получаем систему признаков, полезных для описания выбранных объектов.

С учетом указанных рассуждений процесс генерации множества признаков для любой предметной области можно представить в виде следующей модели (рис.3).

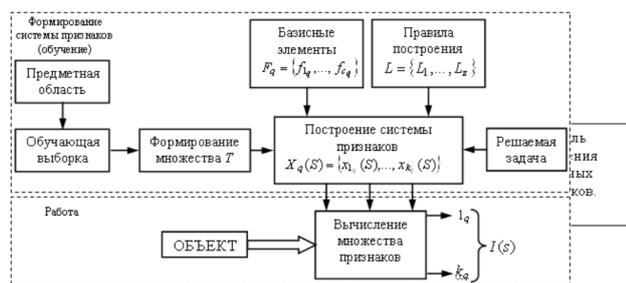


Рис. 3. Модель генерации множества признаков

Здесь обучающая выборка, представляющая собой совокупность изображений предметной области, поступает на блок формирования мно-

Дурденко Владимир Андреевич – доктор технических наук, профессор кафедры менеджмента, Воронежский институт инновационных систем. Тел. (4732)354-898. E-mail: dva_viis@mail.ru.

Ильичев Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем безопасности Воронежского института МВД РФ. Тел. (4732) 312-412. E-mail: maip@rambler.ru.

жества T , которое в общем случае не обязательно является совокупностью линейных составляющих изображения.

Далее множество T подвергается воздействию выбранных базисных элементов F , правил построения L , которые и осуществляют генерацию системы признаков. При этом множества T и F содержат фиксированное ограниченное количество элементов, в то время, как правила построения L могут меняться, добавляться или использоваться неограниченное число раз за счет применения рекуррентных процедур.

Таким образом, язык Σ можно определить, как $\Sigma = \{L(F(T))\}$.

Набор (F, L, T) языка Σ задает формальную модель признакового описания изображений, позволяющую создавать описания $I(s) = X_q(s) = \{x_{1q}(s), \dots, x_{k_q}(s)\}$, $q = \overline{1, N}$. объектов для различных предметных областей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная формальная модель генерации системы признаков (рис.3) позволяет избавиться от недостатков традиционного подхода к созданию систем распознавания. и решать не только прямую задачу – распознавание объекта предметной области с максимальной точностью при заданных ресурсах, но и обратную – достижение определенного уровня точности при распознавании в пределах заданных ресурсов или исчерпаниии задаваемых ресурсов с достижением какого-либо уровня точности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горелик А. Л. Методы распознавания : учеб. пособие для вузов / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – 4-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2004. – 261 с.
2. Журавлев Ю. И. «Распознавание». Математические методы. Программная система. Практические применения. / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М. : ФАЗИС, 2006. – 176 с.

Durdenko Vladimir A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Management, Voronezh Institute of Innovation Systems. Tel. (4732) 354-898. E-mail:dva_viis@mail.ru.

Ilichov Mikhail A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Security and Communication Technical System, Voronezh Institute of the Russia Ministers Interior. Tel. (4732)312-412. E-mail: maip@rambler.ru.