

Входящие во вторую группу из четырех человек специалисты готовили цифровые данные для указанного «Журнала» и были знакомы с текстом в значительно меньшей степени.

В третьей группе из четырех человек специалисты совсем не были знакомы с угадываемым текстом, но так же хорошо, как и другие, были знакомы со специальным языком этого текста.

Четвертую группу из десяти человек составляли лица со средним образованием, не знакомые ни со специальным языком, ни с текстом.

Такой состав испытуемых позволял, с одной стороны, сравнить субъективную энтропию и избыточность специального текста для носителей данного языка, в разной мере знакомых с текстом и незнакомых с ним вообще; с другой стороны, можно было сравнить эти параметры для неспециалистов и специалистов (носителей специального языка) в случае, когда текст для тех и других был неизвестен.

Результаты опытов по угадыванию специального текста приведены в таблице.

Как показали опыты, количество информации в тексте, объективно очень информативном, субъективно невелико для специалиста, хорошо знакомого со специальным языком, даже в том случае, если текст ему заранее неизвестен.

Таким образом, большая информативность специальных языков сочетается с большой субъективной избыточностью для их носителей, что связано с очень ограниченным запасом слов в таких знаках. Это обстоятельство следует учитывать при решении проблемы общения человека с машиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ж. Мот. Статистические предвидения и решения на предприятии. Изд-во «Прогресс», 1966.
2. П. Б. Невельский. Субъективная энтропия текста как ненадежность угадывания. Сб. «Проблемы языкознания. Докл. и сообщения советских ученых на X Международном конгрессе лингвистов, Бухарест, 1967». Изд-во «Наука», 1967.
3. Д. Ю. Панов. О проблеме общения человека с машиной. Сб. «Психологические проблемы системы человек — машина». (XVIII Международный психологический конгресс, Симпозиум 27). М., 1966.
4. Д. Ю. Панов. О взаимодействии человека и машины. «Вопросы философии», 1967, № 1.
5. Р. Г. Пиотровский. Информационные измерения языка. Изд-во «Наука», 1968.
6. К. Шеннон. Математическая теория связи. В кн. К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. Изд-во иностр. лит., 1963.
7. К. Шеннон. Предсказание и энтропия печатного английского текста. В кн. Работы по теории информации и кибернетике». Изд-во иностр. лит., 1963.

ВЫДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ И КОДИРОВАНИЕ ЗНАКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

С. Ф. Марченко, В. Г. Червов

Для решения задачи распознавания необходимо выделять признаки, адекватные ее условию. При выделении этих признаков биологическими системами используются некоторые общие принципы, пригодные для решения любых задач. Физиологические и модельные исследования нервной системы и ее основной структурной единицы — нейрона показывают, что в процессе переработки поступающей информации из сообщений выделяются передаются по нервным волокнам только изменения наблюдаемого параметра. В основе такой обработки информации лежит процесс адаптации, присущий возбудимым образованиям на всех уровнях организации нервной системы [5]. Этот процесс обеспечивает поступление в высшие отде-

лы анализаторов совокупности параметров, характеризующих изменение наблюдаемого свойства объектов. Среди этих параметров важны относительная величина отклонения и количество различных его компонентов. Адекватное отражение содержания исследуемого изображения достигается таким упорядочением совокупности изменений параметров, которое осуществимо с учетом связи между ними.

Эти общие принципы анализа сообщений, используемые в анализаторах животных, были положены в основу работы модели пространственного анализатора [4]. При анализе за основную структурную единицу любого контурного изображения принимался отрезок линии, отличающийся постоянством наблюдаемых признаков и ограниченный с обеих сторон точками излома, в которых происходит резкое скачкообразное изменение наблюдаемого параметра (например, изменение направления исследуемого участка линии по отношению к предыдущему участку). В этих точках линия может ветвиться, поэтому они характеризуются количеством принадлежащих им ветвей (индексом). Контурные линии, их изломы и углы можно выделять как с помощью структур, организованных по принципу рецептивных полей и принципу бокового торможения [1, 2], так и с помощью прослеживающих движений всего рецепторного органа [3]. Практически эти операции осуществимы с помощью модели пространственного анализатора, воспроизводящей прослеживающие движения зрительного или осязательного рецепторных органов в процессе восприятия [4].

Изложенные выше принципы и средства позволяют обнаружить изменения наблюдаемых признаков линии контура и определить их параметры. Как уже отмечалось, с целью упорядочения этих характеристик необходимо учесть связи между ними. По данным психофизических исследований восприятия и формирования образов [3], эти связи учитываются путем соотнесения выделяемых признаков изображения с так называемой начальной точкой отсчета. По данным тех же авторов, такой точкой обычно является крайняя верхняя точка изображения. Однако нужно полагать, что алгоритм выделения начальной точки отсчета зависит от конкретной задачи исследования изображения.

Теперь коротко определим понятия, которыми будем пользоваться при анализе изображений. Контурная линия определяется как черно-белая граница изображения исследуемого предмета. Отрезок линии определяется как часть контурной линии с постоянными наблюдаемыми или производными параметрами — постоянной кривизной, постоянным направлением, постоянным законом изменения и т. д. Излом определяется как точка с резким скачкообразным нарушением постоянства наблюдаемого параметра линии и характеризуется величиной этого изменения. Если изображение составлено из линий одинаковой толщины (например, знаки, рисунки и т. п.), то излом можно характеризовать еще и количеством линий, принадлежащих этой точке, или индексом точки. Начальная точка отсчета определяется при наличии конкретного класса объектов, подлежащих исследованию, и служит для упорядочения параметров изменений наблюдаемых признаков с целью построения образа или описания, адекватного задаче исследования.

1234567890

В качестве примера приведем анализ внешней контурной линии машинописных цифровых знаков, написанных от руки (рисунки). Основным признаком будем считать направление наблюдаемого участка линии. Согласно изложенному выше принципу, будем выделять только изломы. Так как исследуемые изображения образованы линиями примерно одинаковой и конечной толщины, то в качестве параметра

ра, характеризующего излом, примем количество линий p_i , принадлежащих данной точке. В этом случае после анализа всем знакам можно будет приписать слова из некоторого алфавита A , отражающие присущие каждому знаку характеристики

$$A = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_n\}. \quad (1)$$

Например, первый знак на рисунке имеет восемь точек излома своей контурной линии. Четверем из них принадлежит по одной линии изображения знака и четверем — по три. У второго знака четыре излома, два из которых имеют по одной линии и два — по две. Третий знак имеет тоже четыре излома, три из которых обладают одной линией и один — тремя. Характеризуя таким образом все знаки, можно для каждого из них, согласно (1), записать соответствующее слово:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3\} & A_6 &= \{1, 3\} \\ A_2 &= \{1, 1, 2, 2\} & A_7 &= \{1, 1, 2, 2, 2, 2\} \\ A_3 &= \{1, 1, 1, 3\} & A_8 &= \{3, 3\} \\ A_4 &= \{1, 1, 1, 1, 2, 2, 4, 4, 4, 4\} & A_9 &= \{1, 3\} \\ A_5 &= \{1, 1, 2, 2, 2, 2\} & A_{10} &= \{2, 2, 2, 2\} \end{aligned}$$

Из описания видно, что некоторые слова повторяются и, следовательно, неоднозначно отражают изображения исследуемых знаков. Такое описание не позволяет произвести полное разделение изображений знаков на непересекающиеся классы. Для облегчения решения этой задачи используем начальную точку отсчета, которую для данного класса изображений определим как верхнюю правую точку исследуемого знака. Начиная исследование изображения знака из этой точки, будем совершать обход по внешнему контуру в направлении против часовой стрелки до момента возвращения в исходную позицию. При этом фиксируем индексы точек изломов в том порядке, в каком они встречаются при обходе. Например, для первого знака (рисунок) начальная точка отсчета совпадает с точкой излома контурной линии знака, характеризующейся индексом 1 (правый конец верхней горизонтальной линии изображения), и все слово принимает вид $A_1 = \{1, 1, 3, 3, 1, 1, 3, 3\}$. Для второго знака в начальной точке отсчета нет излома. По мере обхода излом встречается в точке с индексом 1, и все слово принимает вид $A_2 = \{1, 2, 1, 2\}$. Производя анализ всех знаков по этому же правилу, получим для каждого изображения упорядоченную совокупность параметров его контура. Полное описание всех знаков при этом будет иметь вид

$$\begin{aligned} A_1 &= \{1, 1, 3, 3, 1, 1, 3, 3\} & A_6 &= \{1, 3\} \\ A_2 &= \{1, 2, 1, 2\} & A_7 &= \{2, 2, 1, 2, 2, 1\} \\ A_3 &= \{1, 1, 1, 3\} & A_8 &= \{3, 3\} \\ A_4 &= \{1, 4, 2, 1, 2, 4, 1, 4, 1, 4\} & A_9 &= \{3, 1\} \\ A_5 &= \{1, 2, 2, 1, 2, 2\} & A_{10} &= \{2, 2, 2, 2\} \end{aligned}$$

В полученном описании каждому изображению знака однозначно соответствует одно слово. Такое описание позволяет легко разделить исследуемый класс изображений и автоматизировать эти операции. Анализ полученных описаний свидетельствует об их избыточности. Для минимизации описания в каждом слове будем оставлять только такую последовательность индексов (не изменяя ее порядка), которая отличается от других лишь последним знаком. Для упрощения записи опустим запяты.

$$\begin{aligned} A_1 &= \{113\} & A_6 &= \{13\} \\ A_2 &= \{121\} & A_7 &= \{221\} \\ A_3 &= \{111\} & A_8 &= \{33\} \\ A_4 &= \{14\} & A_9 &= \{31\} \\ A_5 &= \{122\} & A_{10} &= \{222\} \end{aligned}$$

Полученное описание адекватно задаче классификации данного множества изображений цифровых знаков (рисунок). Аналогичным образом получены однозначные описания изображений машинописных буквенных знаков русского алфавита. Можно показать, что эти описания инвариантны к масштабу, непропорциональному изменению размеров знаков и переносу их в поле зрения.

Последнее описание цифровых знаков свидетельствует о том, что для полного их разделения нет необходимости исследовать все изображение, достаточно выяснить параметры лишь некоторых точек, характерных для данного знака. Это соответствует психофизическим данным процесса опознания изображений человеком [3].

Общность изложенных выше принципов анализа изображений и успешное применение их для классификации изображений знаков позволяет надеяться на применение этих принципов для автоматического анализа и распознавания любых геометрических изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. И. Венслаускас, А. М. Гутман. Опознавание элементов формы линии контраста и контура при помощи рецептивных полей и бокового торможения. Сб. «Бионика и биокибернетика», Рига, 1968.
2. В. А. Долятовский, И. Д. Пономарева, Г. В. Цепков. Многослойная сеть с латеральными связями для выделения признаков и опознания зрительных образов. Сб. «Моделирование в биологии и медицине», вып. 3. Киев, 1968.
3. А. В. Запорожец, Л. А. Венгер, В. П. Зинченко, А. Г. Русская. Восприятие и действие. Изд-во «Просвещение», 1967.
4. С. Ф. Марченко, В. Г. Червов. О структуре и функции пространственного анализатора (статья в настоящем сборнике).
5. В. Г. Червов, Ю. П. Бугай, С. Ф. Марченко. Некоторые способы преобразования информации в нервных клетках, исследованные на аналоговой модели нейрона. Тезисы докл. научно-технической конференции, посвященной Дню Радио. Харьков, 1966.

О СТРУКТУРЕ И ФУНКЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗАТОРА

С. Ф. Марченко

Первичной формой отражения человеком внешнего мира являются ощущения, составляющие начальный элемент психической деятельности. Материальная основа ощущений, восприятий, представлений, различных эмоциональных состояний — нервные импульсы, вызываемые внешними раздражителями. Воспроизведение на моделях и изучение механизма преобразования внешнего физического воздействия в первичный акт отражения поможет определить принципы эффективной переработки информации нервной системой.

Из всех видов человеческих ощущений наиболее эффективное взаимодействие с внешней средой обеспечивают зрительные и осязательные ощущения. Как показывают физиологические исследования [2—4], формирование целостных образов объектов внешнего мира — сложный и многогранный процесс. Он обеспечивается как специальными структурными образованиями рецепторов, так и различного рода движениями рецепторных органов.

По функциональному назначению эти движения можно разделить на два больших класса [3,8]. К первому классу принадлежат поисковые, установочные и корректирующие движения. С помощью поисковых и установочных движений определяется наличие предмета в поле зрения и его положение относительно собственного тела, осуществляется установка глаз