АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ГЕНЕРАЦИЯ ЗНАКОВ, ЗАДАННЫХ ОТРЕЗКАМИ ПРЯМЫХ

В.В. Котвинский, С.В. Мышко
Донецкий национальный университет.

Одной из наиболее актуальных задач в области распознавания на данный момент является построение автоматических систем распознавания знаков произвольной природы (например, рукописных символов, геометрических фигур и т.д.), в частности, черно-белых, заданных отрезками прямых.

Большинство из применяемых сейчас методов автоматического распознавания образов и знаков разрабатываются для заранее выбранного набора. Они основаны на предварительной субъективно-статистической обработке выбранного набора для определения неких общих для его элементов признаков, в частности эталонов [1-3]. А задача распознавания рассматривается как отнесение распознаваемого знака к одному из заранее заданных набором эталонов классов путем сравнения его с каждым из эталонов в выбранной метрике. При этом возможность восстановление по этим признакам знаков тождественных или эквивалентных исходному не предполагается или считается невозможной.

Однако, говоря о реальных знаках,. практически невозможно сформировать конечное множество эталонов по причине бесконечного количества вариантов проявлений их форм. Это связано также с тем, что для отнесения распознаваемого знака к классу, заданному каким-либо эталоном необходимо сравнить его с этим эталоном, а, следовательно, ввести некую меру близости и пороговую величину, которая и будет критерием принадлежности рассматриваемого знака к заданному классу. При этом следует отметить, что пороговая величина выбирается также как и эталон статистическим либо экспертным методом, что в свою очередь часто приводит необъективным результатам.

По этой причине при работе с реальными объектами, характеристики которых заранее неизвестны, такие методы не дают необходимых на практике результатов, так как они зависят от априорно заданных субъективно-статистических констант – эталонов, метрик, пороговых величин и т.д., что неприменимо в таких случаях. Поэтому задачи автоматического распознавания знаков, кроме случаев с жесткими ограничениями или заранее заданными наборами знаков, пока еще не решены.

Исходя из приведенных выше рассуждений, логичным шагом является отказ от постановки задачи распознавания и выработка методов автоматического опознавания знаков с использованием их конструктивных моделей, построенных без использования априорно заданных констант. Под конструктивной моделью знака будем понимать такую модель, использование которой позволит осуществлять не только прямое преобразование знак→модель, но и обратное модель→знак, причем так, что знак, полученный по модели, будет тождественен или эквивалентен исходному в том смысле, что модель, построенная по нему будет тождественна, модели, построенной по исходному знаку.

В настоящем докладе предлагается метод автоматического анализа и генерации знаков, заданных отрезками прямых, разработанный в рамках подхода, изложенного в [4], и не использующий априорный выбор эталонов или мер близости при опознавании знаков. В качестве элементов знака рассматриваются машинные отрезки [5], из которых он составлен.

В рамках данного метода предлагается формирование конструктивных моделей концептов знаков, как моделирование последовательности правил построения этих знаков путём выделения необходимых характеристик этих правил (например, длина или угол наклона отрезка в знаке).

Определение 1. Моделью знака z будем называть $\Psi_z = \{\psi_j\}_{j=1}^{J}$, где ψ_j – некоторые характеристики правил построения исходного знака z.

Выделение характеристик ψ_j правил построения основывается на следующем безконстантном принципе разделения множества элементов, обладающих числовой характеристикой на подмножества.

Пусть дано множество $\Omega = \{\varpi_i\}_{i=1}^{I}$, каждый из элементов которого обладает определённой числовой характеристикой f (например, длина, высота, вес и т.д.), $m = \min_{1 \le i \le N} f(\varpi_i)$ и $M = \max_{1 \le i \le N} f(\varpi_i)$ – минимальное и максимальное значения характеристики f на элементах исходного множества. Необходимо разделить это множество объектов на подмножества Ω_1 и Ω_2, где элементы Ω_1 обладают данной характеристикой в «большей мере» («большие»), а элементы Ω_2 – в «меньшей мере» («маленькие»).

Выберем положительные $\varepsilon_1 < M - m$ и $\varepsilon_2 < M - m$, тогда к Ω_1 и Ω_2 можно отнести те объекты, для которых $f(\varpi) > M - \varepsilon_1$ и $f(\varpi) < m + \varepsilon_2$, соответственно. Поскольку понятия «больше» и «меньше» в общем случае равноправны, возьмем $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$, тогда $\Omega_1 = \{\varpi \mid \varpi \in \Omega, f(\omega) > M - \varepsilon\}$ и $\Omega_2 = \{\varpi \mid \varpi \in \Omega, f(\omega) < m + \varepsilon\}$.

Но, в зависимости от ε, возможны случаи, когда при $\varepsilon < \dfrac{M - m}{2}$ $\Omega_1 \bigcup \Omega_2 \ne \Omega \Rightarrow \exists\ k \in [0, I]:\ \varpi_k \in \Omega, \varpi_k \notin \Omega_1 \bigcup \Omega_2$ или при $\varepsilon > \dfrac{M - m}{2}$ $\Omega_1 \bigcap \Omega_2 \ne \varnothing \Rightarrow \exists\ k \in [1, I]: \varpi_k \in \Omega, \varpi_k \in \Omega_1 \bigcap \Omega_2$ то есть, возможно существование «неопределённых» объектов, которые при некотором выборе ε невозможно отнести ни к «большим», ни к «меньшим», или, наоборот, необходимо отнести как к «большим» так и к «меньшим». Такую неопределённость, очевидно, необходимо сделать наименьшей, что достигается при $\varepsilon = \dfrac{M - m}{2}$, при котором количество «неопределённых» объектов будет минимальным.

Определение 2. Множеством минимальной меры неопределённости для множества $\Omega = \{\varpi_i\}_{i=1}^{N}$ назовем множество $\Theta = \left\{\varpi \mid \varpi \in \Omega, f(\varpi) = \dfrac{M + m}{2}\right\}$, где f – некая числовая характеристика элементов Ω.

Замечание 1. Элементы множества минимальной меры неопределенности следует рассматривать как элементы, которые могут принадлежать как к подмножеству Ω_1, так и к Ω_2.

Множество минимальной меры неопределённости обладает следующими свойствами.

Свойство 1. Пусть $\varpi' \in \Theta$, $\varpi_1 \in \Omega_1$ и $\varpi_2 \in \Omega_2$, тогда $f(\varpi_2) < f(\varpi') < f(\varpi_1)$.

Свойство 2. Множество минимальной меры неопределенности является объективной характеристикой для исходного множества, так как в каждом конкретном случае оно зависит лишь от элементов исходного множества и не задаётся заранее.

Таким образом, отнесение элемента исходного множества Ω к одному из подмножеств Ω_1 и Ω_2 – «больших» и «маленьких» элементов, соответственно, можно свести к сравнению его числовой характеристики с характеристикой элементов множества минимальной меры неопределенности. При этом нет необходимости знать конкретные значение характеристики этого элемента, а достаточно лишь знать больше она или меньше, чем характеристика элементов множества минимальной меры неопределенности

Свойство 3. Каждое из полученных подмножеств Ω_1 и Ω_2, можно продолжать делить по тому же принципу для большей детализации, вплоть до полного упорядочивания элементов исходного множества.

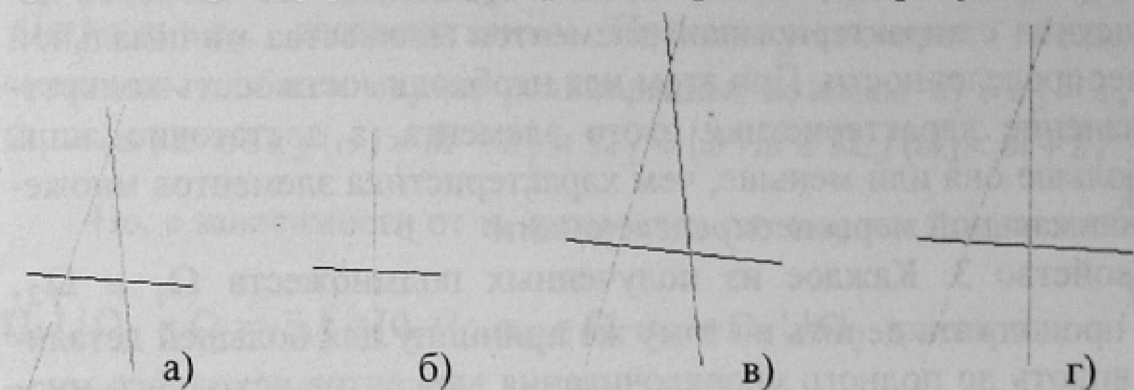
Замечание 2. В случае, если числовая характеристика f исходного множества Ω имеет конечное множество значений, то процесс полного упорядочивания элементов исходного множества тоже конечен.

Определенные, на основе выше описанного принципа, характеристики правил построения ψ_j и формируют модель Ψ концепта знака, заданного отрезками машинных прямых. При этом формирование модели Ψ, происходит путём последовательного уточнения выбранных характеристик ψ_j до необходимого уровня.

Сформированные по данному методу модели являются конструктивными, т.е. позволяют восстанавливать множество прообразов знака, посредством восстановления знака по модели, представляющее собой широкий диапазон его различных начертаний, причем модели всех знаков из этого множества будут эквивалентны. Любому другому знаку, модель которого будет также эквивалентна данной, будет поставлено в соответствие имя, установленное для исходного знака.

Особенно важным является то, что приведенный метод построения моделей не использует никаких заранее заданных ограничений, констант или эталонов.

В соответствии с изложенным, были разработаны алгоритмы и экспериментальная система автоматического формирования моделей знаков. Полученные при тестировании программы результаты подтверждают перспективность использования данного метода для построения систем автоматического опознавания знаков произвольной природы. Пример работы программы приведен на рисунке 1.



а) б) в) г)

Рисунок 1 - Пример работы экспериментальной программы автоматического анализа и генерации знаков, заданных отрезками прямых: а) исходный знак; б),в),г) знаки, сгенерированные по модели исходного знака

Полученные результаты подтверждают изложенные теоретические исследования и возможную перспективность метода для построения системы автоматического анализа и генерации знаков, заданных отрезками прямых.

Список источников

1. К. Фу Структурные методы в распознавании образов. – Москва: Мир, 1977г.
2. Дж. Ту, Р. Гонсалес Принципы распознавания образов. – Москва: Мир, 1978г.
3. К. Верхаген, Р. Дёйн, Ф. Грун, Й. Йостен, П. Вербек Распознавание образов: состояние и перспективы. – Москва: Радио и связь, 1985г.
4. Мышко С.В., Шевцов Д.В., Шевчук Е.В. К вопросу об опознавании знаков в дискретных представлениях. // Сборник докладов международной научно-практической конференции "Вычислительная техника в информационных и управляющих системах" – Мариуполь, ПГТУ, 2000г. С. 77-79.
5. Мышко С.В., Шевцов Д.В. Определение прямой на множестве атомарных элементов. // "Оптоэлектронные информационно-энергетические технологии" Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции. – Винница: ВГТУ, 2001г. С. 49.