ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ
1973 год Выпуск 55

УДК 681.3.06:621.391

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ РАСПОЗНАВАНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ РАЗНОТИПНЫХ ПРИЗНАКОВ

Г.С. Лбов, В.И. Котюков, А.Н. Манохин

В данной работе рассматривается задача построения решающего правила $F(x)$ при распознавании M образов. Каждый ν-ый образ задан своей обучающей выборкой $\mathcal{L}_\nu$, состоящей из N_ν объектов. Каждый объект x, в свою очередь, задается значениями p признаков $\{X_1, \dots, X_p\}$.

Сложность рассматриваемой задачи обусловлена следующими обстоятельствами:

1) число признаков велико ($p \approx 100 \div 300$);
2) признаки зависимы между собой;
3) признаки разнотипны по своей природе.

Система признаков может содержать количественные (таковы, например, шкалы обычных физических величин), качественные (значения этих признаков не являются числами, но характеризуют различную степень проявления признака), классификационные (значения этих признаков не являются числами и не связаны естественным упорядочением) и булевы ($X_j = \{0; 1\}$).

Необходимость решения подобного типа задач возникает при комплексных исследованиях в области социологии, экономики, медицины, геологии и так далее.

Решающая функция представляется в виде некоторой логической функции, однако метод её построения в отличие от известных не основан на предварительном сведении всех признаков к одному типу и позволяет синтезировать функции $F(x)$ достаточной сложности. При этом автоматически решается задача выбора наиболее информативной подсистемы признаков – те признаки, которые не вошли в решающую функцию, являются неинформативными. Результаты алгоритма не зависят от вида кодировки классификационных и булевых признаков. Кроме того, алгоритм допускает отсутствие измерений ряда признаков у некоторых объектов.

Описание алгоритма. Любую функцию $F(x)$ можно представить в виде суперпозиции решающих функций образов $\{F_\nu(x)\}$:

$$F(x) = \varphi(\{F_\nu(x)\}), \text{ где } F_\nu(x) = \begin{cases} 1, & x \in \mathcal{L}_\nu; \\ 0, & x \notin \mathcal{L}_\nu; \quad \nu = 1, \dots, M. \end{cases}$$

Как и в известном методе "Кора"*), будем логическую функцию $F_\nu(x)$ представлять в виде дизъюнкции некоторого числа конъюнкций

$$F_\nu(x) = K_{\nu 1} \vee K_{\nu 2} \vee \dots,$$

где для каждой конъюнкции $K_{\nu i}$ выполнение равенства $K_{\nu i}(x) = 1$ при $x \notin \mathcal{L}_\nu$ будем требовать не более Δ раз. Число $\{K_{\nu i}\}$ определяется требованием $F_\nu(x) = 1$ для всех $x \in \mathcal{L}_\nu$.

Определение понятия "конъюнкции" $K_{\nu i}$ будет дано ниже. Каждой $K_{\nu i}$ может быть поставлена в соответствие некоторая величина её "эффективности"

$$\gamma = \alpha_1 p_\nu - \alpha_2 \bar{p}_\nu,$$

где p_ν и $\bar{p}_\nu$ – частоты выполнения $K_{\nu i}(x) = 1$ соответственно на множестве $\mathcal{L}'_\nu$ ($\mathcal{L}'_\nu \subset \mathcal{L}_\nu$; о выделении подмножества $\mathcal{L}'_\nu$ из $\mathcal{L}_\nu$ будет сказано ниже) и на множестве объектов $x \notin \mathcal{L}_\nu$, которое далее будем обозначать $\bar{\mathcal{L}}_\nu$; $\{\alpha_1, \alpha_2\}$ – некоторые весовые коэффициенты (их ориентировочные значения – $\alpha_1 \approx 1$ и $\alpha_2 \approx 0{,}8$).

Заметим, что если $K_{\nu i}(x)$ не может быть вычислена на каком-то объекте x в силу того, что ряд признаков X_j, входящих в определение $K_{\nu i}$, у данного x не измерен, то при вычислении частоты p_ν (или $\bar{p}_\nu$) данный объект не учитывается.

Алгоритм заключается в последовательном определении для каждого $\nu = 1, \dots, M$ функций $F_\nu(x)$. Каждая $F_\nu(x)$ определяется следующим образом:

*) Бонгард М.М. Проблема узнавания. М., "Наука", 1967.

а) процесс формирования $F_\nu(x)=K_{\nu 1}\vee K_{\nu 2}\vee\ldots$ является последовательным – $K_{\nu i}$ определяется лишь на подмножестве $L'_\nu\subset L_\nu$ объектов x, для которых $F'_\nu(x)=(K_{\nu 1}\vee\ldots\vee K_{\nu(i-1)})=0$. Начинается процесс с $i=1$, то есть при $L'_\nu=L_\nu$, и кончается при выполнении $F'_\nu(x)=1$ для всех $x\in L_\nu$;

б) процесс формирования $K_{\nu i}$ на соответствующих множествах $\langle L'_\nu, \bar{L}_\nu\rangle$ тоже, в свою очередь, является последовательным. Допустим на n-ом шаге мы получили некоторую конъюнкцию $K^n_{\nu i}$, тогда $K^{n+1}_{\nu i}=K^n_{\nu i}\wedge\sigma$, где σ является тем или иным значением X_j, если X_j булевый или классификационный признак, или σ является наименованием некоторого односвязного интервала на шкале значений X_j, если X_j качественный или количественный признак. Если у рассматриваемого объекта значение X_j попадает в этот интервал, то $\sigma=1$, иначе $\sigma=0$. Границы интервала по признаку X_j устанавливаются следующим образом. Сначала на интервале $[-\infty,+\infty]$ определяется одна градация ω_1 такая, что при интервале $\sigma\equiv[\infty,\omega_1]$ (или $\sigma\equiv[\omega_1,+\infty]$) мы имеем максимум γ для $K^{n+1}_{\nu i}$. Затем аналогичным же образом определяется градация ω_2 уже на интервале $[-\infty,\omega_1]$ (или $[\omega_1,+\infty]$). Градации $\{\omega_1,\omega_2\}$ и определяют интервал σ по X_j.

На $(n+1)$-ом шаге формирования $K_{\nu i}$ просматриваются все $\{X_j\}$ и выбирается то σ (по соответствующему X_j), при котором для $K^{n+1}_{\nu i}$ имеем максимум γ. Аналогично формируется $K^{n+2}_{\nu i}=K^{n+1}_{\nu i}\wedge\sigma$ и так до тех пор, пока для $K_{\nu i}$ мы не будем иметь выполнение $K_{\nu i}(x)=0$ для всех $x\notin L_\nu$ (с порогом Δ). Исключая первый признак X_j, вошедший в описание $K_{\nu i}$, можно на этих же множествах $\langle L'_\nu, \bar{L}_\nu\rangle$ аналогично найти другую $K_{\nu i}$. Находим m_0 таких "различных" $K_{\nu i}$ на $\langle L'_\nu, \bar{L}_\nu\rangle$ и окончательно за $K_{\nu i}$ берется та из них, у которой максимально γ.

Исключая первый признак X_j, вошедший в описание $K_{\nu 1}$ у $F_\nu(x)$, аналогично можно найти другую функцию $F_\nu(x)$.

Для каждого образа ν можно по такой методике получить z_0 "различных" функций $\{F_\nu(x)\}$.

Задавая при данных $\{\rho, N_\nu$, время решения $t\}$ максимально возможные величины $\{m_0, z_0\}$, мы тем самым согласуем между собой наши вычислительные возможности со "степенью оптимальности" получаемого решения $\{F_\nu(x)\}$. Исходные признаки $\{X_j\}$, не вошедшие в описание $\{F_\nu(x)\}$, являются неинформативными.

На основе описанного алгоритма создана программа для ЦВМ "Минск-32".

Поступила в ред.-изд.отд.
27 апреля 1973 года