УДК 621.3.019

# РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПО НЕСКОЛЬКИМ ПРИЗНАКАМ ДЛЯ МЕТОДА ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИЙ НА ЭВМ

**Карпов О.В.**

Задача индивидуального прогнозирования с классификацией на основе теории распознавания образов заключается в разделении $k$-мерного пространства признаков с помощью некоторой $(k\text{–}1)$-мерной поверхности на две области, соответствующие классам $K_1$ и $K_2$. Эта разделяющая поверхность в общем случае задается уравнением $g(x_1, x_2, ..., x_k)$=const. Функция $g(x_1, x_2, ..., x_k)$ называется дискриминантной. Для распознавания класса какого-либо экземпляра достаточно по измеренным значениям его признаков определить, в какой области $k$-мерного пространства находится точка, координаты которой задаются этими значениями.

В общем виде постановка задачи такого прогнозирования сводится к нахождению оператора $H_{x\,кт}$.

Уравнение $(k\text{–}1)$-мерной разделяющей гиперплоскости в $k$ мерном пространстве признаков имеет вид:

$$g(x_1, x_2, ..., x_k) = B_1 x_1 + B_2 x_2 + \ldots + B_k x_k = \Pi_g$$

где $\Pi_g$, $B_1$, $B_2$, ..., $B_k$ – постоянные коэффициенты, задающие положение гиперплоскости в $k$-мерном пространстве.

В этом случае имеем дискриминантную функцию $g(x_1, x_2, ..., x_k) = B_1 x_1 + B_2 x_2 + \ldots + B_k x_k$. Заметим, что размерность коэффициентов B обратна размерности соответствующих признаков $\tilde{x}_i$.

Необходимо отыскать такие значения коэффициентов $B_i$ и $\Pi_g$, которые наилучшим образом (в смысле минимума ошибочных классификаций) задавали бы положение этой гиперплоскости в пространстве признаков. Заметим, что поскольку объем выборки, используемой в обучающем эксперименте, ограничен, то по его результатам определяются не истинные значения коэффициентов $B_i$, а только их оценки $\beta_i$. Конечно, чем больше объем выборки, тем ближе к истинным значениям $B_i$ будут оценки $\beta_i$.

Критерием оптимальности решения задачи классификации служит выражение вида:

$$V(\beta_1, \beta_2, ...\beta_k) = \frac{\sum_{i=1}^{k} \beta_i M[\tilde{x}_i / K_1] - \sum_{i=1}^{k} \beta_i M[\tilde{x}_i / K_2]}{\sum_{i=1}^{k} \beta_i^2 D[\tilde{x}_i / K_1] + \sum_{i=1}^{k} \beta_i^2 D[\tilde{x}_i / K_2]} \rightarrow extr$$

Использование вычислительной техники для решения алгебраической системы уравнений частных производных $\partial V / \partial \beta_i = 0$ накладывает некоторые ограничения и требования к алгоритму нахождения коэффициентов уравнения разделяющей гиперплоскости.

1. сложность реализации динамических многомерных массивов (для признаков элементов выборки и коэффициентов дискриминантной функции);
2. требование наличия заранее известной формулы для расчетов численных показателей;
3. для повышения точности алгоритма необходима хорошая разделяемость классов.

Обозначим через $M_i' = M[\widetilde{x}_i / K_1] - M[\widetilde{x}_i / K_2]$ и $D_i' = \sqrt{D[\widetilde{x}_i / K_1] + D[\widetilde{x}_i / K_2]}$, тогда оптимизируемое выражение примет вид:

$$V(\beta_1, \beta_2, \dots \beta_k) = \frac{\sum_{i=1}^{k} \beta_i M_i'}{\sum_{i=1}^{k} \beta_i D_i'} \to extr.$$

После нахождения частных производных система примет вид:

$$\frac{\partial V}{\partial \beta_j} = \frac{M_j' \cdot \sum_{i=1}^{k} \beta_i D_i' - 2\beta_j D_j' \cdot \sum_{i=1}^{k} \beta_i M_i'}{\left(\sum_{i=1}^{k} \beta_i D_i'\right)^2} = 0,$$

где $j$-порядковый номер уравнения в системе.

после упрощения:

$$M_j' \cdot \sum_{i=1}^{k} \beta_i D_i' = 2\beta_j D_j' \cdot \sum_{i=1}^{k} \beta_i M_i'.$$

Так как части $\sum_{i=1}^{k} \beta_i D_i'$ и $\sum_{i=1}^{k} \beta_i M_i'$ для всех уравнений в системе одинаковы, то можно составить соотношение следующего вида:

$$\frac{\beta_1 \cdot D_1'}{M_1'} = \frac{\beta_2 \cdot D_2'}{M_2'} = \dots = \frac{\beta_k \cdot D_k'}{M_k'},$$

в котором необходимо задаться значением одного их коэффициентов β. Например $\beta_1 = 1$, тогда для расчета остальных коэффициентов $\beta_j$, начиная с $\beta_2$ можно воспользоваться формулой:

$$\beta_j = \frac{M_j' \cdot D_1'}{M_1' \cdot D_j'}.$$

Полученные $\beta_i$ будут определять наилучший «наклон» гиперплоскости в пространстве признаков.

Теперь необходимо найти пороговое значение $\Pi_g$ для дискриминантной функции $g(x_1, x_2, \dots, x_k)$, которое задаст наилучшее положение разделяющей гиперплоскости. Очевидно, должно выполняться $M^*[G/K_1] > \Pi_g > M^*[G/K_2]$ или $M^*[G/K_1] < \Pi_g < M^*[G/K_2]$. При изменении порога будут изменяться вероятности ошибочных решений. Величину порога можно найти путем нескольких просчетов вероятности ошибочных решений по данным обучающего эксперимента для различных $\Pi_g$ и выбором такого из них, при котором оказалась наименьшей вероятность ошибочных решений.

Если полученная вероятность не превышает допустимого значения, найденный оператор можно использовать для прогнозирования класса новых экземпляров (не участвовавших в обучающем эксперименте). Для этого измеряются значения признаков $x_l^{(m)}$ нового $m$-го экземпляра, и вычисляется дискриминантная функция. Блок-схема алгоритма представлена на рис. 1.

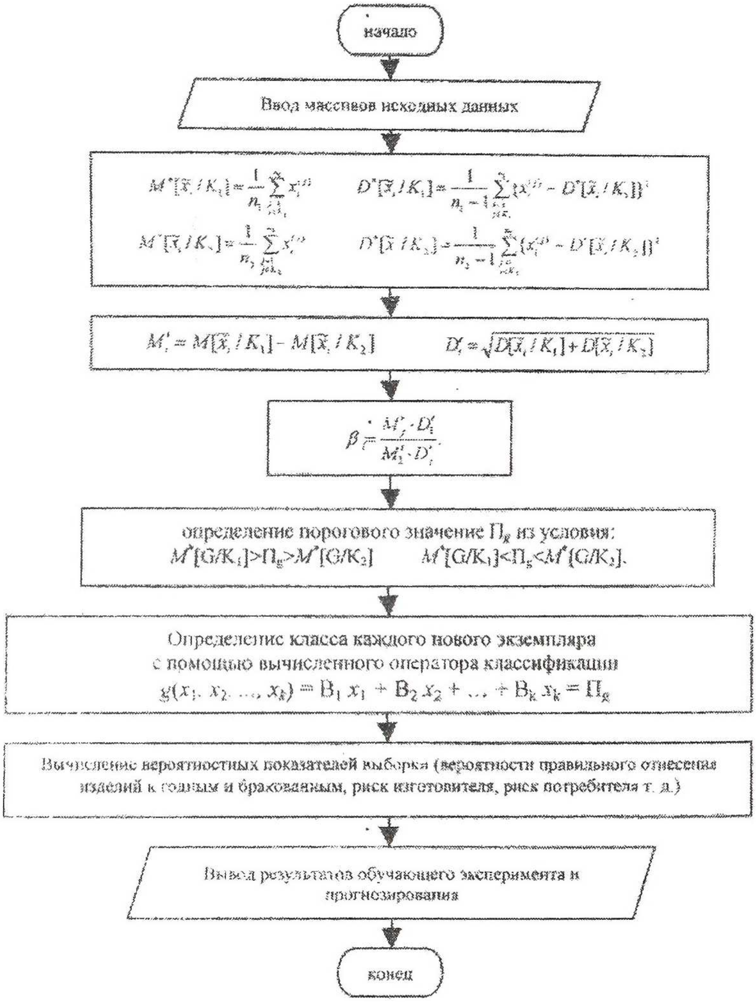


**Рисунок 1 - Алгоритм метода дискриминантных функций для нескольких признаков**

Если изменением $П_g$ не удалось достигнуть приемлемого значения вероятности ошибочных решений, то, оставаясь в пределах метода дискриминантных функций с разделяющей поверхностью в виде гиперплоскости, можно попытаться отыскать более информативные признаки, по которым классы разделяются эффективнее. В противном случае необходимо использовать другой метод, например, метод потенциальных функций.

Достоинством такого метода дискриминантных функций является его простота, а недостатком – неоптимальность разделяющей поверхности (гиперплоскости), так как она выбрана из соображений простоты оператора, а не его оптимальности. Поэтому дискриминантные функции уместно применять, когда классы хорошо разделяются.

Таким образом, рассмотренный метод далеко не универсален, что заставляет искать другие методы, свободные от его недостатков. Если же здесь использовать сложные разделяющие поверхности, удовлетворяющие требованиям оптимальности, исчезаёт простота этого метода.

**Список использованных источников**

1. Боровиков С.М., Латышев В.Г., Петров К.А Исследование эффективности методов индивидуального прогнозирования состояния РЭС с использованием информативных параметров. - Бел.гос.ун-т информатики и радиоэлектроники , 1996
2. Пиганов М.Н. Индивидуальное прогнозирование показателей качества элементов и компонентов микросборок. – М.: Новые технологии, 2002.
3. В.Б.Пестряков, В.В.Андреева Индивидуальное прогнозирование состояния РЭА с использованием теории распознавания образов – Куйбышев, КуАИ, 1980.
4. Внуков Ю.Н., Дубровин В.И. Алгоритм классификации с использованием дискриминантных функций // Высокие технологии в машиностроении. /Сборник научных трудов ХГПУ.-Харьков, 1998, С.64-66.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ БЫСТРОДЕЙСТВЮЩИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

**Косолапов А.М., Косолапов М.А.**

Преобразователи мгновенного значения мощности (ИПМ) получили широкое применение, как в составе средств измерения электрической мощности, так и в составе систем измерения и технологического контроля различных неэлектрических величин, в частности, для энергетических и других установок. Точностные и динамические характеристики ИПМ, при этом, изменяются в очень широких пределах. Однако серийные ИПМ узко ориентированы только на наиболее емкого потребителя – потребителя энергосистем с частотой 50 Гц, либо на другие практически фиксированные частоты. Такие ИПМ имеют погрешность (0,5 -1,0)% и время установления более одной секунды из-за ряда промежуточных преобразований несущего сигнала, поэтому использовать их при построении большинства упомянутых систем для иных значений частоты входных сигна-