



МЕТОД ЗА ЕКСПРЕСНО РАЗПОЗНАВАНЕ НА ЕЛЕМЕНТИ ОТ ДИСКРЕТНА СТРУКТУРА

Георги Д. Ненов, Филип Г. Илиев

fgi@mail.bg

***Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”, бул. Гео Милев 158, София
Факултет „Комуникации и електрообзавеждане в транспорта”
БЪЛГАРИЯ***

Ключови думи: *разпознаване, метрика, евклидово пространство, дискретни елементи, статистически характеристики.*

Резюме: *В работата се предлага метод за предварително и бързо разпознаване на елементи от дискретна система. Използва се метрика в евклидово пространство, която определя степента на принадлежност към определен клас елементи от генералната съвкупност. Формира се сумарна метрика чрез нормираните парциални метрики, образувани от параметрите на неидентифицирания елемент от генералната съвкупност и параметрите на класовете, установени чрез съответни статистически характеристики.*

Методът е надежден, не изисква специално математическо осигуряване и може да се използва в телекомуникациите, автоматичното регулиране, криминалистиката, радиолокацията, медицината и други области където се налага разпознаването на образи в условията на априорна неопределеност.

Разпознаването на образи моделира способността на човешкия интелект към обобщаване с цел синтез на различни системи за обработка на реч, звук, символи, обекти за управление от дискретен (цифров) или непрекъснат (аналогов) тип. Образ се нарича описанието на конкретен обект чрез набор от признаци, характеризиращи отделни негови свойства.

Разпознаването на обекти има широко приложение в извънредно много области: телекомуникациите, радиолокацията, медицината, криминалистиката и пр. В автоматиката се наблюдава и управлява функционирането на системи, чието качество се оценява чрез множество параметри. Надеждността на сложни технически системи се прогнозира по различни начини, сред които е и разпознаването на образи. То е особено важно за криминалистиката във връзка с разпознаването на лица, неясни следи, отпечатаци и др.

Разполагането с ограничени априорни сведения за разпознаваните обекти, често налага в практиката да се използва обучаваща процедура при класификацията. Първоначално се избира сравнително произволна функция и преминавайки през стъпките на повтарящ се или съдържащ повтарящо се действие алгоритъм за обучение, се стига до привеждането на тази функция в по-приемлив (оптимален) вид. При това ако наборът от класове е известен преди процедурата за класификация, обучението е “с учител”, в противен случай обучението е “без учител”, т.е. самообучение. В този

случай системата сама открива класовете, на които се разделя обучаващата извадка и едновременно с това определя присъщите им признаци.

Един от недостатъците на съществуващите методи за разпознаване на образи е преди всичко сложността. Това ограничава тяхната достъпност, те изискват сложен инструментариум, най-вече подходящ програмен продукт и ползватели със сравнително висока квалификация (математическа и инженерна подготовка).

В резултат на това в статията се предлага сравнително опростен метод за разпознаване на събития и обекти (образи) чрез използване на метрика в евклидово пространство. Методът допуска обучение с извадки, чийто обем е малък, не изисква пълен програмен и апаратен ресурс и специална математическа подготовка от оператора. Тези предимства дават възможност за широкото му приложение в техническите и хуманитарни специалности.

Методът се основава на обучение, при което се формират образите на съответните класове от събитията и обектите. Към събитията могат да се отнесат, например, многомерните сигнали, а към обектите – техните параметри (характеристики). Нека обектът е с n параметри, които се представят съответно в многомерно евклидово пространство с векторите $x_1, x_2, \dots, x_n$. Метриката (разстоянието) между кои да е два вектора от тази съвкупност е:

$$d(x_i - x_j) = \|x_i - x_j\|, (i, j = 1, 2, \dots, n), \text{ при това } d(x_i - x_j) = 0 \text{ при } i = j.$$

За по-голяма конкретност и надеждност приемаме, че се отнася за обект, чиито параметри са функции на времето и други фактори (температура, влага, налягане и пр.), т.е. параметрите са реакции на тези фактори във времето.

Параметрите на обекта се подлагат на наблюдение, за да се получи необходимата информация и формирането на съответни образи по класове. Най-простият и най-разпространен случай в практиката е с два класа – благоприятен (желан) и неблагоприятен (нежелан) клас. По-сложният случай е с междинен (съмнителен) клас.

За *избора на критерий* при формиране на класовете може да се използват няколко възможности:

1. Избира се определящ параметър, в съответствие с предназначението на обекта: надеждност, достоверност на пренасяната информация, излъчвана мощност от радиопредавателя и пр. Определящият параметър обикновено е посочен в документацията за обслужване, в проектното задание или се установява чрез експертна оценка.

2. Формира се обобщен критерий с присвояване на тегловни коефициенти към всеки параметър. Използват се обикновено двете познати форми: произведение или сума.

3. Чрез предишното задание или документацията за обслужването, се фиксира работна област със съответни едностранни или двустранни ограничения на параметрите.

4. Във връзка с обучението се осигурява подходяща, достатъчно представителна (репрезентативна) извадка на генералната съвкупност. Тя може да се съобрази с доверителната вероятност или с желания интервал на определящия параметър. Тези съображения са изложени във всеки достъпен учебник по математическа статистика.

Разпознаването на екземпляр от генералната съвкупност се извършва чрез определяне на близостта до съответните класове. За целта се използва метриката („разстоянието“) между параметрите на неидентифицирания екземпляр (обект) и параметрите на класовете, установени със съответни статистически характеристики: средна стойност, дисперсия, средно квадратично отклонение, доверителна вероятност.

Метриката („разстоянието“) между стойностите на параметъра x_i на неидентифицирания обект и съответния параметър от желания клас x_{id} (при скалярни

стойности) е:

$$(1) \quad d_i' = |x_i - x_{id}|.$$

Чрез абсолютна стойност се елиминира отрицателният знак.

Тъй като параметрите са с различни измерения (дименсии), се извършва нормиране с желаната стойност x_{id} .

Сумарната метрика се образува от квадратите на нормираните парциални метрики чрез сумиране, т.е.

$$(2) \quad y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - x_{id}}{x_{id}} \right)^2}.$$

При вземането на решение може да се използват отношенията на обобщените (сумарните) метрики. Например, при два класа образи, то се състои от частното на голямата и малката стойност. Това отношение характеризира контраста. То трябва да бъде възможно по-голямо. До няколко единици на практика гарантират надеждността на разпознаването.

Използването на метода може да се покаже със следния числен пример.

От тракт на система за пренасяне на данни са изследвани 10 екземпляра за формиране на „образи“ на надеждно и ненадеждно изделие. Малкият обем на извадката е обусловен от методични и практически съображения. За водещ параметър е приет

коэффициентът на грешката $k_{cp} = \frac{n_{cp}}{n_{общ}}$ (n_{cp} – грешно приети символи; $n_{общ}$ – общ брой

на предадените символи). Останалите параметри са: t_r – време за установяване на импулса, Δ – спад на плоската му част, A – усилване. Данните са подредени по низходящ ред (намаляване) на грешката в таблица 1. Да се определи класът на система с параметри: $t_{cp} = 66\mu s$; $\Delta_{cp} = 15\%$; $A_{cp} = 58$.

Таблица 1.

Параметри	Присвоен номер на системата									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_r, \mu s$	80	70	70	60	50	40	40	30	30	20
$\Delta, \%$	20	20	15	10	10	5	4	4	3	2
A	40	50	60	60	80	100	110	120	120	130
k_{cp}	$8 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	10^{-6}	$7 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-7}$

Ако се приеме за удобство, че трябва $k_{cp} \leq 5 \cdot 10^{-6}$, първите пет системи ще образуват клас на ненадеждните системи, а останалите с номера 6 ÷ 10 – на надеждните.

Параметрите на първия клас са:

$$t_{cp} = 66\mu s; \Delta_{cp} = 15\%; A_{cp} = 58.$$

За съответните средни квадратични отклонения се получават

$$\delta_t \approx 11,4\mu s, \delta_\Delta \approx 5\%; \delta_A \approx 15.$$

Аналитичните величини за втория клас са следните:

$$t_{cp} = 32\mu s; \Delta_{cp} = 3,6\%; A_{cp} = 116.$$

Техните средни квадратични отклонения са:

$$\delta_t \approx 8,2\mu s, \delta_\Delta \approx 1,2\%; \delta_A \approx 12.$$

Чрез проверка с t – критерия е установено, че стойностите в табл. 1 попадат в

интервал, гарантиран с вероятност по-голяма от 0,9.

Проверяват се сумарните метрики спрямо двата класа за неидентифицираната система с параметри $t_r = 30\mu s$; $\Delta = 5\%$; $A = 120$. Получават се съответно:

а) за надеждност:

$$y_{над} = \sqrt{\left(\frac{t_r - t_{rcp}}{t_{rcp}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta - \Delta_{cp}}{\Delta_{cp}}\right)^2 + \left(\frac{A - A_{cp}}{A_{cp}}\right)^2} =$$
$$= \sqrt{\left(\frac{30 - 32}{32}\right)^2 + \left(\frac{5 - 3,6}{3,6}\right)^2 + \left(\frac{120 - 116}{116}\right)^2} \approx 0,39;$$

б) за ненадеждност:

$$y_{ненад} = \sqrt{\left(\frac{30 - 66}{66}\right)^2 + \left(\frac{5 - 15}{15}\right)^2 + \left(\frac{120 - 58}{58}\right)^2} \approx 1,37;$$

Контрастът е:

$$\frac{y_{ненад}}{y_{над}} = \frac{1,37}{0,39} = 3,51!$$

Ориентировъчна оценка на разделителната способност на метода беше получена чрез контрастите при идентифицирането на системите №5 и №6, които са на границата на двата класа. Коефициентите на грешката се различават четири пъти.

Сумарните метрики спрямо класа на надеждните системи са:

$y_{над5} \approx 3,58$; $y_{над6} \approx 0,23$; контраст – 15.

Същият вид метрики спрямо класа на ненадеждните системи са съответно:

$y_{над5} \approx 0,31$; $y_{над6} \approx 1,14$; контраст – 3,7.

Последният тест е показателен относно приложимостта на метода, тъй като осигурява разпознаване със значителна точност. Той може да бъде сравнен с други методи за разпознаване на образи, ако се използват подходящи за целта примери.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Предложеният метод осигурява разпознаване на събития и обекти чрез сравнение на метриките в евклидово пространство. Използва се обучение чрез представителна извадка на генерираната съвкупност за създаване на-образи на два или повече класа по избрани параметри.

Методът е приложим за решаване на задачи в областта на телекомуникациите, автоматичното регулиране и сферата на хуманитарните науки. Неговите съществени предимства са сравнително простият алгоритъм при достатъчно висока надеждност на разпознаването. Това го прави удобен за използване от специалисти, които не притежават завишена подготовка по математика.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Александровская Л.Н., А.П. Афанасьев, А.А. Лисов. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем. М., Логос, 2003.
- [2] Гаспаров Д.В., Т.А. Голинкевич, А.В. Мозгалеvский. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М., Сов радио, 1974.
- [3] Ненов Г.Д. Надеждност на радиоелектронните изделия. С, Техника, 1983.
- [4] Хан Г., С. Шапиро. Статистические модели в инженерных задачах. М., Мир, 1963.
- [5] Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. М., Наука, 1995.

METHOD FOR EXPRESS RECOGNITION OF ELEMENTS FROM A DISCRETE STRUCTURE

Georgi D. Nenov, Filip G. Iliev
fgi@mail.bg

*Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia,
Faculty of Telecommunications and Electrical Equipment in Transport
BULGARIA*

Key words: *recognition, metric, Euclidean space, discrete elements, statistical characteristics.*

Abstract: *The present paper proposes a method for advance and instant recognition of elements of discrete system. Used metric of in Euclidean space, which determines the degree of belonging to a certain class elements from the general aggregation. Formed total metric by the normalized partial metrics generated by the parameters of unidentified element from the general aggregation and the class parameters established by relevant statistical features.*

The method is reliable, requires no special mathematical base and can be used in the telecommunications, automatic control, forensics, radiolocation, medicine and other areas where is appropriate to pattern recognition under conditions of a priori uncertainty.