



УДК: 004.932.72'1

Р.К. Мамедов, д-р техн. наук, **У.Г. Иманова**
Азербайджанская государственная нефтяная академия
(Азербайджан, AZ 1010, Баку, пр-т Азадлыг, 20,
тел. (+99412) 4986220, e-mail: rahim1951@mail.ru)

Повышение достоверности принятия решений при распознавании образов

Разработана методика принятия решений по распознаванию образов с учетом закона распределения погрешностей измерения признаков образов. Поскольку распознавание эталонного образа и распознаваемого означает совпадение их признаков, мера близости должна максимально отражать количественную оценку совпадающих и несовпадающих признаков.

Розроблено методику прийняття рішень по розпізнаванню образів на основі закону розподілення похибок вимірювання ознак образів. Оскільки розпізнавання еталонного образу та образу, що розпізнається, означає співпадіння їх ознак, міра близькості повинна максимально відображати кількісну оцінку співпадаючих та неспівпадаючих ознак.

Ключевые слова: распознавание, мера близости между объектами, погрешность оценки, эффективность.

Распознавание образов (РО) широко применяется в различных областях науки и техники для использования в интеллектуальных информационно-измерительных системах прикладного значения. Эффективность работы таких систем во многом зависит от достоверности РО, которая обеспечивает им гибкость и адаптивность [1].

Один из основных параметров достоверности РО — оценка меры близости между распознаваемым и эталонным объектами (МБМО), которая осуществляется с помощью формул Манхеттена, Евклида, Камберра и др. [1], и является определяющим фактором при достижении достаточно высокой достоверности распознавания образов. Эти формулы позволяют оценить близость распознаваемого объекта к эталонному по арифметической разности абсолютных значений измеряемых одноименных признаков. В результате суммирования погрешностей, допускаемых при измерении значений признаков образов, создается погрешность оценки МБМО, которая в системах РО соизмерима с действительным значением расстояния между признаками объектов. Поэтому погрешности, уменьшающие значе-

© Р.К. Мамедов, У.Г. Иманова, 2014

ния достоверности РО, являются серьезным препятствием для широкого внедрения РО в производство [1, 2].

Погрешности оценок МБМО подразделяются на систематические и случайные по значению и полярности. Методы минимизации систематических погрешностей оценок МБМО описаны в работах [2, 3]. Однако предлагаемые методы не позволяют существенно повысить точность оценки МБМО, так как случайные погрешности, связанные со скрытыми воздействиями и соизмеримые с действительным значением МБМО, достаточно большие и необходима их минимизация.

Случайные погрешности возникают в результате воздействия дестабилизирующих факторов, природа и функция которых несколько отличаются от нашего знания. Например, передаточная характеристика преобразователя вопреки нашему знанию может несколько отличаться от линейной и в различных областях эти нелинейности могут быть различными по значению и направлению.

В процессе поиска метода уменьшения случайных погрешностей оценки МБМО проанализированы различные дестабилизирующие факторы (температура, влажность, помехи, изменение напряжения питания и др.) в качестве источников создания систематических и случайных погрешностей. Под воздействием этих факторов создаются аддитивные, мультипликативные и более высокого порядка погрешности, которые могут быть либо не опознаны, либо они настолько малы, что их влияние трудно учесть. Однако, суммируясь, они создают случайные по значению и полярности погрешности.

В результате экспериментов установлено, что случайные погрешности измерения значений признаков распознаваемого σ_x и эталонного σ_y образцов распределены по нормальному закону. С учетом этих погрешностей и коэффициента корреляции между ними ρ можно найти случайные погрешности оценки МБМО, так как они являются композицией законов распределения случайных погрешностей измерения значений признаков распознаваемого и эталонного образцов и также должны быть распределены по нормальному закону.

Поскольку в системе технического зрения (СТЗ) все признаки измеряются одним измерительным устройством и в одинаковых условиях, при оценке МБМО вычитание случайных погрешностей измерения значений отдельных признаков должно было существенно уменьшить суммарную погрешность оценки МБМО [3, 4]. Однако наличие знака модуля в формулах для оценки МБМО отрицательно влияет на образование случайных погрешностей оценки МБМО. При этом погрешности с отрицательным знаком становятся положительными, поэтому распределение погрешностей

оценки МБМО становится усеченным и оцениваемое значение смещается в положительную сторону.

Этот недостаток появляется в случае, когда распознаваемые и эталонные образы настолько близки, что их МБМО соизмерима с погрешностью оценки ее значения. Поскольку таких случаев в практике применения СТЗ очень много, появившаяся дополнительная ошибка, соизмеримая со значением среднеквадратичного отклонения оценки МБМО, вносит существенный негативный вклад в РО. Поэтому при оценке МБМО ее значение смещается в правую сторону на неопределенную величину, что делает результат неправильным, и возникает ошибка, связанная с применением знака модуля в формулах для оценки МБМО.

Смещение продолжается до тех пор, пока действительное значение МБМО не становится равным или большим минимальной разности между значениями отдельных признаков распознаваемого и эталонного объектов. Следовательно, реальное распределение случайных погрешностей оценки МБМО полностью находится в положительной плоскости Евклидовой метрики. Поэтому использование различных методов и приемов для уменьшения влияния дестабилизирующих факторов существенного эффекта не дает. Следовательно, необходимо непосредственное уменьшение случайных погрешностей оценки МБМО.

Кроме того, упомянутые выше формулы имеют следующие недостатки [5, 6]:

оцениваемое значение МБМО непосредственно зависит от значений погрешностей, поэтому при повторных процессах и изменении погрешностей измерения аппаратуры происходит изменение результатов;

определить четкую границу между объектами невозможно, так как результаты оценки МБМО не являются постоянными;

результат напрямую зависит от масштаба распознаваемого объекта и полученного электрического сигнала, так как мультипликативная погрешность зависит от сигнала;

значения меры близости между двумя одинаковыми объектами для одного и того же оборудования будут различными при повторных экспериментах.

Применение традиционных методов статистической обработки результатов измерений с использованием многократного измерения значений признаков образов увеличивает продолжительность РО, что нежелательно. Поэтому актуальной является разработка алгоритмов, позволяющих при некотором количестве повторных измерений значений признаков, не уменьшающих возможностей СТЗ по времени РО, существенно снизить уровень случайных погрешностей оценки МБМО.

Предлагается алгоритм принятия решений по распознаванию образов, основанный на теории измерений, погрешностей и математической статистики.

Будем рассматривать распознаваемый и эталонный образы в виде массивов $\{x_i | i=1, n\}$ и $\{y_i | i=1, n\}$. Элементы массива определены посредством измерения. В качестве формулы оценки МБМО использовано расстояние Манхеттена. Погрешности измерения значений признаков распознаваемого и эталонного объектов распределены по нормальному закону. Измерение признаков выполняется один раз и одним и тем же оборудованием с одинаковой точностью. Составлена программа оценки МБМО этих объектов.

Обозначим измеренное значение i -го признака эталонного образа y_i , а среднеквадратическое отклонение измерения признаков — σ_y . Тогда поддиапазоны измерения признаков имеют вид

$$\begin{aligned} &[-\infty, y_i - 3\sigma_y], [y_i - 3\sigma_y, y_i - 2\sigma_y], \\ &[y_i - 2\sigma_y, y_i - \sigma_y], [y_i - \sigma_y, y_i], \\ &[y_i, y_i + \sigma_y], [y_i + \sigma_y, y_i + 2\sigma_y], \\ &[y_i + 2\sigma_y, y_i + 3\sigma_y], [y_i + 3\sigma_y, \infty]. \end{aligned}$$

Согласно теории погрешностей измерения значения погрешностей, превышающие 3σ , встречаются очень редко. При значениях, превышающих 2σ , двухмодальное распределение становится одномодальным. Основная погрешность распределена между 0 и $\pm \sigma$.

Таким образом, можно сформулировать следующие результаты.

1. Если большинство признаков распознаваемого образа попадает в поддиапазон $[-\infty, y_i - 3\sigma_y]$ или $[y_i + 3\sigma_y, \infty]$, то распознаваемый образ точно не соответствует эталонному.

2. Если большинство признаков распознаваемого образа попадает в поддиапазон $[y_i - 3\sigma_y, y_i - 2\sigma_y]$ или $[y_i + 2\sigma_y, y_i + 3\sigma_y]$, то распознаваемый образ с большой вероятностью не соответствует эталонному.

3. Если большинство признаков распознаваемого образа попадает в поддиапазон $[y_i - 2\sigma_y, y_i - \sigma_y]$ или $[y_i + \sigma_y, y_i + 2\sigma_y]$, то распознаваемый образ может соответствовать эталонному.

4. Если большинство признаков распознаваемого образа попадает в поддиапазон $[y_i - \sigma_y, y_i]$ или $[y_i, y_i + \sigma_y]$, то распознаваемый образ соответствует эталонному.

Анализ результатов РО с точки зрения теорий погрешностей и вероятностей свидетельствует о том, что случаи 1 и 4 точно соответствуют действительности и не подлежат проверке. Случаи 2 и 3 можно дополнительно уточнить, проанализировав другие поддиапазоны измерения признаков.

Достоверность РО можно увеличить посредством уточнения признаков эталонного образа, измеряемых в режиме обучения, не влияя на быстрейшее действие системы распознавания, с помощью статистической обработки результатов измерений. Тогда выбранные поддиапазоны будут более точными, а результаты распознавания образов достоверными.

Эффективность алгоритма проверена экспериментально посредством компьютерного моделирования. Эталонный и распознаваемый сигналы в виде 18 признаков были кодированы и определены среднеквадратические отклонения и закон распределения случайной погрешности, тождественный нормальному. Поддиапазоны измерения признаков выбраны следующие:

- 1 — $[-\infty, y_i - 3\sigma_y]$ и $[y_i + 3\sigma_y, \infty]$;
- 2 — $[y_i - 3\sigma_y, y_i - 2\sigma_y]$ и $[y_i + 2\sigma_y, y_i + 3\sigma_y]$;
- 3 — $[y_i - 2\sigma_y, y_i - \sigma_y]$ и $[y_i + \sigma_y, y_i + 2\sigma_y]$;
- 4 — $[y_i - \sigma_y, y_i]$ и $[y_i, y_i + \sigma_y]$.

Соответственно число попаданий и суммарные разности между распознаваемыми и эталонными признаками в этих поддиапазонах следующие: $k_1, k_2, k_3, k_4, z_1, z_2, z_3, z_4$. В результате моделирования получено:

$$k_1 = 6, k_2 = 3, k_3 = 1, k_4 = 0, z_1 = 16, z_2 = 22, z_3 = 12, z_4 = 0.$$

Сумма вкладов равна 50. Как видим, из десяти признаков шесть полностью совпадают с эталонными признаками в пределах погрешности измерения. Три признака попадают в поддиапазон с максимальной погрешностью, один признак — в поддиапазон с максимальной неопределенностью. По числу попаданий в поддиапазоны распознаваемый объект можно с большой вероятностью отнести к тому или иному эталонному классу.

Выводы

Существующие формулы для оценки МБМО не позволяют в достаточной мере учитывать факты совпадения отдельных признаков, что зависит в основном от расстояний между несовпадающими признаками объектов. Поэтому методику принятия решений по распознаванию образов необходимо строить с учетом закона распределения погрешностей измерения

признаков образов. Поскольку распознавание распознаваемого и эталонного образов означает совпадение их признаков, мера близости должна максимально отражать количественную оценку совпадающих и несовпадающих признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Путятин Е.П., Аверин С.И.* Обработка изображений в робототехнике. — М.: Машиностроение, 1990. — 320 с.
2. *Фор А.* Восприятие и распознавание образов. — М.: Машиностроение, 1989. — 272 с.
3. *Новицкий П.В., Зограф И.А.* Оценка погрешностей результатов измерений. — Ленинград: Энергоатомиздат, 1985. — 248 с.
4. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2006. — 1072 с.
5. *Шилин А.Н.* Анализ методов измерения кривизны крупногабаритных оболочек вращения в процессе их формообразования // Контроль. Диагностика. — 2002. — **9**, № 9. — С. 44—52.
6. *Мамедов Р.К.* Моделирование погрешностей оценки меры близости между объектами // Электрон. моделирование. — 1999. — **21**, № 1. — Р. 39—46.

R.K. Mamedov, U.G. Imanova

INCREASING THE RELIABILITY OF DECISION-MAKING IN PATTERN RECOGNITION

The paper describes the importance of improving the recognition reliability by reducing the measurement errors of the parameters. The errors, which can be minimized by statistical processing of the measurement results, are the most dangerous. However, this reduces the system speed of response. The article considers the existing formulas for estimating a measure of proximity between objects, which do not allow for the facts of coincidence of individual traits and depend mainly on the distance between the non-matching attributes of objects. Since the recognition of different images is the coincidence of their signs, the measure of closeness as possible should reflect the quantitative assessment of matching and non-matching features. The decision-making method is based on pattern recognition, taking into account the distribution of errors in the measurement attributes of images.

Keywords: recognition patterns, reliability, measure of proximity between objects, errors, efficiency.

REFERENCES

1. *Putyatin E.P., Averin S.I.* Images Processing in Robotics. — Moscow: Mashinostroenie, 1990. — 320 p. (in Russian).
2. *For A.* Perception and Pattern Recognition. — Moscow: Mashinostroenie, 1989. — 272 p. (in Russian).
3. *Novitskiy P.V., Zograf I.A.* Estimation of measurement results errors. — Leningrad: Energoatomizdat, 1985. — 248 p. (in Russian).
4. *Gonzales R., Woods R.* Digital signal processing. — Moscow: Technosfera, 2006. — 1072 p. (in Russian).

5. *Shilin A.N.* Analysis of methods for measuring the curvature of large shells of revolution in the process of shaping // *Control. Diagnostika*. — 2002. — Vol. 9, № 9. — P. 44—52 (in Russian).
6. *Mamedov R.K.* Modeling errors estimates for the measure of affinity between objects // *Electronic Modeling*. — 1999. — Vol. 1, № 2. — P. 39—46 (in Russian).

Поступила 30.01.14

МАМЕДОВ Рагим Курбан оглы, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационно-измерительной и компьютерной техники Азербайджанской государственной нефтяной академии. В 1973 г. окончил Азербайджанский ин-т нефти и химии. Область научных исследований — распознавание образов.

ИМАНОВА Улькяр Галиб кызы, ассистент кафедры информационно-измерительной и компьютерной техники Азербайджанской государственной нефтяной академии, которую окончила в 1992 г. Область научных исследований — распознавание объектов по их изображениям.