

# ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ ГТО ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ

**М. В. Дубровкина**

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией  
 Научно-исследовательская лаборатория  
 специализированных систем  
 Научно-исследовательский и проектно-конструкторский  
 институт «Искра»  
 ул. Звейнека, 145 с, г. Луганск, Украина, 91033  
 Контактный тел.: (0642) 71-75-92, 068-689-01-60  
 E-mail: margarita\_dubrov@mail.ru

*Проведено дослідження впливу кількості елементів групового точкового об'єкту (ГТО), які беруть участь у визначенні додаткового центру тяжіння, на достовірність модифікованого векторно-нормалізованого методу розпізнавання. Отримано залежності коефіцієнту кореляції від кількості елементів ГТО*

*Ключові слова: груповий точковий об'єкт, розпізнавання, центр тяжіння*

*Исследовано влияние количества элементов группового точечного объекта (ГТО), которые участвуют в определении дополнительного центра тяжести, на достоверность модифицированного векторно-нормализованного метода распознавания. Получены зависимости коэффициента корреляции от количества элементов ГТО*

*Ключевые слова: групповой точечный объект, распознавание, центр тяжести*

*The article describes the researches of the influence of the number of elements of a group point object, which take part in the determination of an additional center of gravity, on the reliability of the modified vector-normalized recognition method. The dependencies of a coefficient of correlation on the number of the elements of a group point object were obtained*

*Key words: group point object, recognition, center of gravity*

## 1. Введение

Задачи обработки изображения и распознавания образов характерны для многих областей деятельности человека, начиная с дефектоскопии и идентификации различных объектов и заканчивая астроориентированием и управлением воздушными судами [1-4].

Распознаваемые объекты, обладающие общими признаками, можно объединить в группу или в так называемый групповой точечный объект (ГТО) [4-6]. В результате влияния различных факторов ГТО подвергается сложным произвольным искажениям [7]. Для достоверного распознавания таких ГТО большую роль играют так называемые базовые элементы, геометрические характеристики которых должны оставаться неизменными при любых искажениях ГТО [4, 6]. Однако в большинстве случаев это условие не выполнимо.

## 2 Актуальность исследований

В [8] был разработан модифицированный векторно - нормализованный метод распознавания, который основан на определении значений и направлений

радиус-векторов от центра тяжести ГТО до центра тяжести каждого его элемента с последующим ранжированием и нормализацией признаков ГТО, и обеспечивает достоверное распознавание ГТО произвольной формы, не имеющих базовых элементов. Особенность метода заключается в определении не только основного, но и дополнительного центра тяжести ГТО. В отличие от основного центра тяжести, в вычислении координат которого принимают участие координаты центров тяжести всех элементов ГТО, определение дополнительного центра выполняется только по координатам элементов, для которых расстояние от центра тяжести ГТО до центра тяжести каждого элемента попадает в  $N$  выбранных радиус-векторов. Последующее определение направления радиус-векторов от основного центра тяжести элементов ГТО до центра тяжести каждого из этих элементов выполняется с учетом угла между нулевым вектором (вектором между основным и дополнительным центрами) и радиус-векторами. Решение о распознавании ГТО принимается на основании сравнения матрицы радиус-векторов полученного ГТО с эталоном, для этого вычисляется коэффициент корреляции.

Следовательно, определение количества элементов, координаты которых принимают участие в обра-

зовании дополнительного центра тяжести ГТО, является актуальным.

**Целью работы** является исследование влияния количества элементов, координаты которых принимают участие в образовании дополнительного центра тяжести ГТО, на коэффициент корреляции, следовательно, на достоверность метода распознавания.

### 3. Полученные результаты

Для обеспечения достоверности метода распознавания исследования проводились для ГТО прямоугольной формы при количестве элементов не более 100 и шаге между элементами не менее 10 пикселей, ГТО овальной формы при количестве элементов не более 100 и шаге не менее 15 пикселей, ГТО произвольной формы при количестве элементов не более 50 и шаге не менее 15 пикселей и отношение габаритных размеров для любой формы не более 5. Эксперименты проводились на тестовой выборке объемом 50 образцов.

Экспериментальные исследования влияния количества элементов ГТО на коэффициент корреляции выполнялись при сравнении матрицы нормализованных значений радиус-векторов распознаваемого ГТО с матрицами нормализованных значений радиус-векторов эталонов различных классов, а также при сравнении эталона и распознаваемом ГТО одного класса при наличии в нём:

- линейных и нелинейных искажений;
- простых аффинных преобразований следующих типов: смещение, масштабирование, зеркальное отражение, поворот.

Предельные значения данных геометрических характеристик ГТО были получено в результате предыдущих исследований [4, 9]:

$$\begin{cases} D_{lin} \leq 100\%; \\ D_{n\ iz} \leq 0,5 \cdot Sh; \\ D_{n\ ks} \leq \frac{0,5 \cdot Sh}{L_{max}}; \\ K_{porog} = 0,45; \end{cases}$$

где  $D_{lin}$  – линейные искажения вдоль одной координатной оси (X или Y);  $D_{n\ iz}$  – нелинейные искажения в виде изгиба ГТО;  $Sh$  – шаг между элементами групповых точечных объектов;  $D_{n\ ks}$  – нелинейные искажения в виде косых сдвигов ГТО;  $L_{max}$  – максимальный габаритный размер ГТО;  $K_{porog}$  – пороговое значение коэффициента корреляции (при получении значения коэффициента корреляции ниже  $K_{porog}$  – ГТО не соответствует данному классу).

Так как значение коэффициента корреляции обратно пропорционально количеству отличий местоположений элементов распознаваемого и эталонного ГТО, расстоянию между местоположением элементов «отличия», а также расстоянию между местоположением элементов «отличия» и центрами ГТО, то при сравнении матриц радиус-векторов распознаваемого и эталонного ГТО различных классов эксперименты проводились для наиболее «критичных» случаев: при одном отличие в местоположении элементов, расстоянии между местоположением элементов «отличия», равным одному шагу между элементами при минимальном и макси-

мальном расстоянии между местоположением элементов «отличия» и центрами сравниваемых ГТО.

На рис. 1 в качестве примера представлены графики зависимости коэффициента корреляции от количества элементов ГТО для группового точечного объекта овальной формы с количеством элементов равным 100 и шагом, равным 15 пикселей.

По результатам экспериментальных исследований получены аппроксимирующие полиномы зависимости коэффициента корреляции от количества элементов ГТО, которые имеют следующий вид:

- при смещении или масштабировании ГТО  $K(N_{sm}) = 1, K(N_M) = 1$ ;
- при зеркальном отражении ГТО  $K(N_z) = 0,93$ ;
- при повороте  $K(N_p) = 0,87$ ;
- при линейных искажениях  $K(N_{lin}) = 1,253 - 0,27 \cdot N_{lin} + 0,025 \cdot N_{lin}^2$ ;
- при нелинейных искажениях: косой сдвиг и изгиб  $K(N_{n\ ks}) = 0,989 - 0,248 \cdot N_{n\ ks} + 0,053 \cdot N_{n\ ks}^2 - 0,004 \cdot N_{n\ ks}^3$ ;
- при сравнении ГТО с эталоном другого класса и расстоянии между местоположением элементов «отличия» и центрами ГТО 20 и 100 пикселей соответственно:

$$K(N_{Sh20}) = 0,659 - 0,331 \cdot N_{Sh20} + 0,068 \cdot N_{Sh20}^2 - 0,004 \cdot N_{Sh20}^3;$$

$$K(N_{Sh100}) = -0,111 + 0,167 \cdot N_{Sh100} - 0,039 \cdot N_{Sh100}^2 + 0,003 \cdot N_{Sh100}^3.$$

На основе данных полиномов были построены теоретические зависимости коэффициента корреляции от количества элементов при разных условиях (рис. 1).

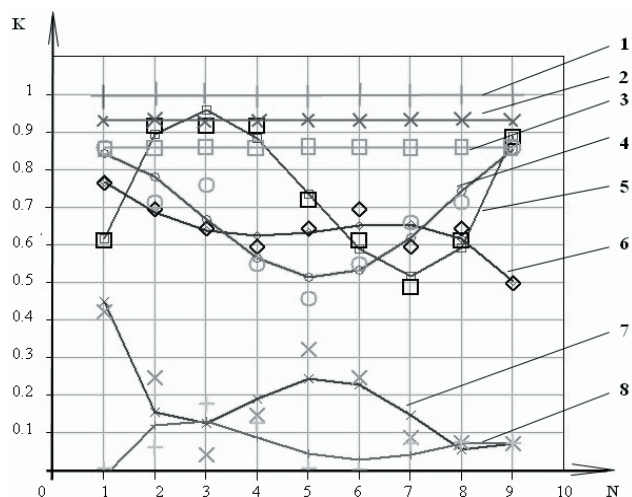


Рис. 1. Зависимость коэффициента корреляции от количества элементов ГТО, координаты которых учитываются при определении дополнительного центра тяжести: 1, 2, 3 – при сравнении ГТО, подвергнутого смещению или масштабированию, зеркальному отражению и повороту, с эталоном этого ГТО; 4, 5, 6 – при сравнении ГТО, подвергнутого линейным и нелинейным (изгиб и косой сдвиг) искажениям; 7, 8 – случай несоответствия ГТО классу эталона при одном отличие в местоположении элементов и расстоянии между местоположением элементов «отличия» и центрами ГТО – 20 и 100 пикселей (при шаге между элементами – 15 пикселей)

В результате проведенных исследований установлено:

– при наличии в распознаваемом ГТО простых аффинных преобразований (смещение, масштабирование, зеркальное отражение, поворот) изменение количества элементов, которые участвуют в определении дополнительного центра, не влияет на значение коэффициента корреляции;

– зависимость коэффициента корреляции от количества элементов при наличии линейных или нелинейных искажений ГТО – нелинейная, немонотонная, с перегибами. При этом коэффициент корреляции меняется в пределах от 0,47 до 1;

– при несоответствии распознаваемого ГТО данному классу зависимость коэффициента корреляции от количества элементов ГТО – нелинейная, немонотонная, с перегибами. При этом коэффициент корреляции меняется в пределах от 0,0012 до 0,42.

#### 4. Выводы

В результате проведенных исследований влияния количества элементов, координаты которых принимают участие в определении дополнительного центра тяжести ГТО, на достоверность метода распознавания установлено, что:

– при наличии в распознаваемом ГТО искажений следующих видов: перемещение, поворот, изменение масштаба, зеркальное отражение, – изменение количества элементов не влияет на достоверность метода распознавания, поскольку значение коэффициента корреляции в данном случае значительно больше порогового;

– при линейных искажениях вдоль одной координатной оси ( $X$  или  $Y$ ) не более чем в 2 раза, а также нелинейных искажениях ГТО в виде изгиба (значение которого не более половины шага между элементами) или в виде косоугольного сдвига (значение не более половины отношения шага к максимальному габаритному размеру ГТО) коэффициент корреляции изменяется от 0,47 до 1. Так как значение коэффициента корреляции больше  $k_{\text{порог}} = 0,45$ , то полученные результаты удовлетворяют условию достоверного распознавания ГТО.

– при сравнении распознаваемого ГТО с эталонами других классов коэффициент корреляции изменяется от 0,0012 до 0,42. Полученные значения меньше порогового.

Так как количество элементов, которые принимают участие в определении дополнительного центра тяжести ГТО, с одной стороны ограничено исключением достаточностью векторов для описания формы ГТО, а с другой стороны сложностью вычислений и минимальным пороговым расстоянием между основным и дополнительными центрами, то на основании полученных результатов количество элементов для определения дополнительного центра рекомендуется выбирать индивидуально для каждого вида ГТО. Это позволит значительно повысить вероятность достоверного распознавания, а также ускорит процедуру принятия решения об отнесении каждого ГТО к соответствующему классу.

#### Литература

1. Семенов С.М. Распознавание некоторых объектов на изображениях, получаемых со спутников / С.М. Семенов, А.В. Татарников // Солнечно-земная физика. – Иркутск: Институт солнечно-земной физики СО РАН, 2004. – Вып. 5. – С. 80–83.
2. Лабораторный стенд для отработки алгоритмов движения микроспутника по снимкам звездного неба (Laboratory Facility for Verification Attitude Determination Algorithms Using Starry Sky Pictures Preprint, Inst. Appl. Math., the Russian Academy of Science) [Электронный ресурс] / Овчинников М.Ю., Середницкий А.С., Овчинников А.М. / ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. – Режим доступа: [http://www.keldysh.ru/papers/2006/prep43/prep2006\\_43.html](http://www.keldysh.ru/papers/2006/prep43/prep2006_43.html).
3. Дубровкина М.В. Метод обнаружения потерпевших в авиакатастрофах при спасательных операциях / М.В. Дубровкина // Современные информационные технологии в управлении и профессиональной подготовке операторов сложных систем: Материалы Международной научно-практической конференции (30-31-октября 2009г., г.Кировоград) – Кировоград: ДЛАУ, 2009 – С. 199–200.
4. Дубровкина М.В. Повышение достоверности распознавания кода при идентификации кожи в процессе её обработки: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Дубровкина Маргарита Васильевна. – Луганск, 2009. – 229 с.
5. Роженцов А. А. Распознавание плоских изображений групповых точечных объектов при наличии ошибок обнаружения / А. А. Роженцов, А. О. Евдокимов, А. В. Григорьев // Приборостроение. – 2006. – Т. 49. – № 4. – С. 59-64.
6. Пат.46476 Україна, G06K9/00. Спосіб розпізнавання групових точкових об'єктів / Дубровкіна М.В., заявник та власник НДПКІ «Іскра». – №u2009 06503; заявл. 22.06.2009; опубл. 25.12.09, Бюл. № 24.
7. М. В. Дубровкіна. Признаковий метод розпізнавання, адаптований під афінні перетворення і нелінійні искаження перфорованого коду [Електронний ресурс] / М. В. Дубровкіна // Вестник Восточноукраїнського національного університету – Луганск, 2008 – № 2Е. – Режим доступа: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Vsunud/2008-2E/08dmvipr.htm>.
8. Дубровкіна М.В. Векторно-нормалізований метод розпізнавання групових точечних об'єктів произвольної форми // Вісник СумДУ, 2009 – №3. – С.32–38.
9. Дубровкіна М.В. Дослідження впливу кількості елементів ГТО на достовірність методу розпізнавання / Дубровкіна М.В. // Технологія-2010: Матеріали XIII Всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та молод. вчен. з міжнар. участю (22-23 квітня 2010 р., Северодонецьк). – Северодонецьк: Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2010. – Ч.1 – С. 80-83.