

УДК 004.93'11

DOI: 10.18413/2518-1092-2025-10-1-0-2

Титов А.И.¹
Корсунов Н.И.²
Щербинина Н.В.^{2,3}**РАЗБИЕНИЕ КОНТУРА ИЗОБРАЖЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО
ОБЪЕКТА НА ФРАГМЕНТЫ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ**

- ¹) Акционерное общество «Единая Транспортная Компания»
тер. АТП, зд. 2, Белгородская область, Белгородский район, п.г.т. Северный, 308519, Россия
- ²) Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия
- ³) ООО «Научно-производственное объединение “Технологии надежности”»
ул. Королева, 2ак2, г. Белгород, 308033, Россия

e-mail: titov@programist.ru, korsunov@intbel.ru, shcherbinina@bsuedu.ru

Аннотация

В статье обоснован метод распознавания графических объектов на основе анализа контуров изображений, включающий выделение особых точек и использование скелетного представления контуров. Рассмотрены различные подходы к контурному анализу, такие как топологические и редакционные признаки, а также их преимущества и недостатки. Особое внимание уделено проблемам, связанным с не инвариантностью методов к аффинным преобразованиям и сложностью выделения ключевых точек. Изложена возможность сегментации контуров для улучшения точности распознавания и предлагаются математические методы, включая дифференциальные уравнения, для определения опорных точек на контуре. Предложенный метод позволяет более точно описывать и анализировать изображения, преодолевая ограничения существующих подходов. Подчеркивается важность дальнейших исследований в области распознавания образов для повышения точности и эффективности анализа графических объектов.

Ключевые слова: опорные точки; контур изображения; скелет изображения; ключевая точка

Для цитирования: Титов А.И., Корсунов Н.И., Щербинина Н.В. Разбиение контура изображения графического объекта на фрагменты в задачах классификации // Научный результат. Информационные технологии. – Т. 10, №1, 2025. – С. 16-23. DOI: 10.18413/2518-1092-2025-10-1-0-2

Titov A.I.¹
Korsunov N.I.²
Shcherbinina N.V.^{2,3}**SPLITTING THE CONTOUR OF AN IMAGE OF A GRAPHIC
OBJECT INTO FRAGMENTS IN CLASSIFICATION TASKS**

- ¹) Joint Stock Company "United Transport Company"
bld. 2, ter. ATP, urban-type settlement Severny, Belgorod district, Belgorod region, 308519, Russia

²) Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

³) Scientific and Production Association "Reliability Technologies",
2ak2 Koroleva St., Belgorod, 308033, Russia

e-mail: titov@programist.ru, korsunov@intbel.ru, shcherbinina@bsuedu.ru

Abstract

The article substantiates a method for recognizing graphic objects based on the analysis of image contours, including the extraction of special points and the use of skeletal representation of contours. Various approaches to contour analysis, such as topological and editorial features, are discussed, along with their advantages and disadvantages. Particular attention is given to the problems associated with the non-invariance of methods to affine transformations and the complexity of identifying key points. The possibility of contour segmentation to improve

recognition accuracy is outlined, and mathematical methods, including differential equations, are proposed for determining reference points on the contour. The proposed method enables more accurate description and analysis of images, overcoming the limitations of existing approaches. The importance of further research in the field of pattern recognition to enhance the accuracy and efficiency of graphic object analysis is emphasized.

Keywords: anchor points; image contour; image skeleton; key point

For citation: Titov A.I., Korsunov N.I., Shcherbinina N.V. Splitting the contour of an image of a graphic object into fragments in classification tasks // Research result. Information technologies. – Т. 10, №1, 2025. – Р. 16-23. DOI: 10.18413/2518-1092-2025-10-1-0-2

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в распознавании образов возникает в различных областях, начиная от измерений, контроля, сортировки и сборки в производственных процессах и кончая анализом изображений, считываемых на расстоянии, диагностики по медицинским снимкам, качественной оценки экспериментальных данных идентификации человека, автоматическом проектировании, пониманием изображений как функции технического зрения.

Проблема распознавания образов приобрела большое значение в интеллектуальных системах, в которых широкое применение находят логическая обработка фильтрации контуров-морфология, контурный анализ, особые точки и т.д. [1]

Одной из задач анализа данных является распознавание объектов, представленных графическими средствами информации по форме контуров их изображений. Под контуром понимается совокупность пикселей, составляющих границы объекта и представляющих видимое очертание объекта при изображении на плоскости. Они являются важным источником информации о форме, структуре и границах объектов. Распознавание контуров включает в себя несколько этапов:

Предварительная обработка изображения (например, фильтрация для уменьшения шума).

Выделение градиентов яркости, которые указывают на наличие контуров.

Постобработка для уточнения и соединения контуров.

Математически контуры могут быть описаны как области с резким изменением интенсивности пикселей. Градиент функции яркости $I(x,y)$ в точке (x,y) определяется как вектор:

$$\nabla I(x, y) = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right).$$

Направление градиента указывает на направление наибольшего изменения интенсивности, а его величина характеризует скорость этого изменения.

Методы для выделения контуров можно разделить на несколько категорий [2].

Первая категория – градиентные методы. Градиентные методы основаны на вычислении градиента яркости изображения. Наиболее известным алгоритмом в этой категории является оператор Собеля, который использует свертку изображения с двумя ядрами:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Градиент в каждой точке вычисляется как:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

Другие градиентные методы включают операторы Превитта и Робертса.

Вторая категория – методы на основе лапласиана. Лапласиан – это второй производный оператор, который используется для обнаружения областей с резким изменением интенсивности.

Лапласиан изображения $I(x,y)$ определяется как:

$$\nabla^2 I = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}.$$

Метод Лапласа Гаусса (LoG) объединяет сглаживание изображения с помощью гауссова фильтра и вычисление лапласиана.

Вторая категория – методы на основе поиска нулей. Алгоритм Канни является одним из наиболее популярных методов выделения контуров. Он включает следующие шаги:

Сглаживание изображения гауссовым фильтром.

Вычисление градиента яркости.

Подавление не-максимумов для утончения контуров.

Использование гистерезиса для соединения контуров.

Современные подходы к распознаванию контуров

С развитием глубокого обучения традиционные методы выделения контуров были дополнены нейронными сетями. Сверточные нейронные сети (CNN) позволяют автоматически извлекать признаки, включая контуры, из изображений. Примером является архитектура HED (Holistically-Nested Edge Detection), которая использует глубокие сети для точного выделения контуров [3].

Основные характеристики HED:

Глубокое обучение: HED использует нейронные сети, чтобы обучаться на больших объемах данных и автоматически извлекать признаки, которые важны для обнаружения границ.

Многоуровневая обработка: Архитектура HED включает несколько уровней, что позволяет извлекать информацию о границах на разных масштабах и уровнях абстракции.

Слияние признаков: HED объединяет признаки из различных слоев сети, что помогает улучшить точность и устойчивость к шуму.

Применение: Метод может быть использован в различных задачах компьютерного зрения, таких как сегментация изображений, распознавание объектов и другие.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Существует множество методов и алгоритмов распознавания графических объектов по контурам изображений. Все они имеют как определенные достоинства, так и недостатки. Распознавание графических изображений объектов базируется на методах контурного анализа, позволяющих при сравнении знаний о контурах изображений вычислить для каждой точки значение определенной функции, характеризующих точку. Внесение вклада каждой точки в характеристику контура различного, а потому на контуре выделяют особые точки, вносящие наиболее существенный вклад в характеристику. Также особые точки используют для задания модели контура при решении задачи распознавания.

Модель контура представляется в виде массива особых точек с их окрестностью, характеризуемой отличием окрестности от окрестностей любых других точек. Такие точки называют ключевыми, и при этом каждая точка в массиве изображения объекта будет с большей вероятностью найдена в другом изображении этого объекта. При анализе объектов выполняется поиск ключевых точек и для каждой точки генерируется вектор признаков, представляющие числа, соответствующие каждому направлению [4]. Это позволяет сравнивать эти точки между собой для разных изображений, пользуясь решающим правилом по количеству баллов, определяющих совпадение ключевых точек во фрагментах. Недостатком метода ключевых точек являются: формирование фрагментов с нераспознаваемыми границами, значительная длина векторов-признаков, бальная оценка совпадений изображений, высокая степень перекрытия распознаваемых изображений, соседних эталонных, сравнение объектов априори заданной формы.

Другой подход к использованию особых точек в представлении контуров изображений связан с использованием скелетов в качестве моделей контуров изображения. [5]. Скелет – множество точек фигуры, для которых существует не менее двух равноудаленных ближайших точек границы области. Это позволяет обозначить скелет кусочно-линейной функции, а так как контур замкнутая фигура, то она представляется многогранником максимального периметра, не смотря на математическую корректность отношения, существенным недостатком является высокая чувствительность к границам области, так как с каждой точкой локальные максимумы кривизны связаны отдельными вершинами скелета.

Этот недостаток отношения приводит к заданию контура плоским графом, очерчивающим особенность формы объекта на изображении, определение особыми точками, задающими вектор признаков. Используются как топологические, так и редакционные признаки в построении графа [6].

При использовании топологических признаков контур описывается набором особых точек и целевым кодом, определяющими точки привязки и множество направлений из определенной точки к следующей, к топологическим признакам относят: нормированные координаты особой точки (вершины графа), длину ребра до следующей вершины графа, нормированное направление из заданной точки в соседнюю, кривизну (левую, правую) дуги, соединяющей две соседние точки. При этом дугу, связывающую вершины, аппроксимирует кусочно-линейной функцией, что приводит к увеличению вершин графа. Определение особых точек осуществляется вписыванием в контур концентрических окружностей, что ведет к сложности определения координат особых точек и существенным изменениям графа при отклонении центров окружностей другого изображения одного и того же объекта.

Использование редакционных признаков также связана с моделью контура в виде графа, вершины которого представляет множество особых точек, дополненное отношением смежных между вершинами с ребрами, соединяющими вершины [5, 6]. Метрика задается расстоянием между графами и определяется минимальным количеством операций вставки, удаления одной вершины, замены одной вершины другой, вставки, удаления одного ребра, замены одного ребра другим, необходимых для превращения одного графа в другой.

Сложность в использовании редакционных признаков приводит к предпочтению топологических признаков. Однако, использование топологических признаков характеризуется рядом недостатков, среди которых выделяется сложность поиска особых точек и их нестабильность для разных контуров одного и того же изображения объекта, неопределенность выбора начальной вершины графа одной и той же для разных контуров изображения объектов, большое количество вершин, не вариативность к аффинным преобразованиям, сложности сравнения графов, описывающих несколько контуров изображений.

Несмотря на недостатки, фрагментация контура изображения объекта позволяет выполнить аппроксимацию контура в отдельных сегментах, задаваемых интервалами, определяемых точками начала и конца сегмента на контуре. Однако, сегментация в этом случае, не позволяет обеспечить инвариантность к аффинным преобразованиям и описание контуров априори не заданной формы, так как последовательности концентрических окружностей не имеет упорядоченной последовательности по значениям радиусов для контуров резкой формы.

Метод описания границы контуров изображений объектов с использованием фрагментации, основан на выделении особых точек, соответствующим разрывом первой производной функции, задающей границу контура. При графическом изображении контура такие точки характеризуются углом 90° и их выделяет детектором Canny на множестве ключевых точек. Фрагмент между этими точками описывается соответствующим контуром, а замкнутая последовательность представляет границу контура [7]. Такое описание границ контуров обеспечивает инвариантность к аффинным преобразованиям, выбор общей начальной точки последовательности для контуров изображений объектов априори не заданной формы, а при сравнении используется решающее правило на связанные с использованием топологических или редакционных признаков в сравнении графов. Недостатком такого описания границ контуров является поиск угловых точек 90° градусов, которые существуют не для всех контуров. Это ограничивает применение такой фрагментации объектами конкретной области.

Известен способ представления контуров изображений, в котором существуют вложенные контуры, с контура описываемой с использованием фрагментации границ в форме многогранного контура. [8, 9]. Способ характеризуется инвариантностью к поворотам и масштабированию включает предварительную обработку для формирования эталонных контуров, фрагментов путём перевода координат растрового пространства в комплексное значение пространство вектор контуров и применение фильтрации для задания фрагментов в виде многоугольников [10]. Недостаток данного способа представляется контура является перевод в комплексное пространство

в виде $a + ib$, с заданным фильтром отношением b/a , что скрывается на точном описании контура последовательности вектор-признаков, соответствующих конкретным эталоном. Следствием того является описание контуров только из заданного множества эталонов, кроме того, последовательность фрагментов определенной последовательностью векторов признаков требует единой точки начала первого фрагмента, а так как способ не предусматривает определения особой точки в начале первого фрагмента, то даже для одного и того же контура не будут совпадать вектора признаков в последовательности.

Отмеченные недостатки известных методов фрагментации контуров изображений обусловлены отсутствием универсального метода: определения контура, определения особых точек задания границ фрагментов контуров, уникальных только для данного контура изображения объекта, и описания контуров, связывающих последовательности опорных точек с использованием как контурных, так и численных признаков.

Для решения задачи определения таких особых точек на контуре будем считать кривую

$$z = \psi(x, y), \quad (1)$$

траекторией движения точки в нелинейной динамической системе заданным законом управления дифференцированным уравнением

$$\frac{dx}{dt} = F_1(x, y), \quad (2)$$

$$\frac{dy}{dt} = F_2(x, y). \quad (3)$$

Как и при построении плоского графа в сегментарном представлении контура, особые точки определены локальными экстремумами (2), (3) на траектории (1) для чего определим вторую производную (1) с углом (2), (3) в виде

$$\frac{d^2\psi(x,y)}{dt^2} = \left(\frac{d\psi(x,y)}{dy} * \frac{dy}{dx} * \frac{dx}{dt}\right) \left(\frac{d\psi(x,y)}{dx} * \frac{dx}{dy} * \frac{dy}{dt}\right) \quad (4)$$

Выражение в первой скобке связывает точки экстремумов (2) с изменениями кривизны (1), а выражение во второй скобке – точки экстремумов (3) с изменениями кривизны (1). При этом только одно из выражений в скобках принимает значения нуля, это соответствует равенство нулю (2) или (3), так как точки экстремумов, характеризуемый равенством нулю $\frac{dx}{dy}, \frac{dy}{dx}$, не являются уникальными точками для траектории. Для отличия точек экстремумов функции от экстремумов координат, точки в которых (1) или (2) равны нулю назовем опорными точками. А так как (2) соответствует движению горизонтальной, а (3) – в вертикальной плоскостях, то в опорных точках переходы движения из одной плоскости в другую. Экстремумы с (2) и (3) определяет переходы из прямого времени в обратное и из обратного в прямое. А так как время изменяется только в одном направлении, то в опорных точках осуществляется переход из правой в левую и из левой в правую системы координат.

Движение точки в нелинейной динамической системе в соответствии перемещений маркера вдоль траектории (1) из точки $P_k(x_k, y_k)$ в точку $P_{k+1}(x_{k+1}, y_{k+1})$ (x_{k+1}, y_{k+1} – координаты точки в прямоугольной декартовой системе координат). Перемещение маркера из P_k в P_{k+1} задается вектором $W = e^{-iaa}$ с постоянным модулем. Если контур изображения разместить в первом квадрате декартовой системе координат, то каждая точка представляется вектором $V_k = A_k * e^{iaa}$, исходящим из начала координат. Тогда экстремум (2) определяется точкой координат x_i , которая удалена на расстоянии $\Delta X \rightarrow 0$ от точек с координатой x_{k-1} и x_{k+1} , так что $x_{k-1} - x_i = -\Delta$ и $x_{k+1} - x_i = \Delta$. (ΔX – радиус окрестности точки).

При дискретном перемещении маркера вдоль траектории (1) определяется окрестность дельта $x = H$, в зависимости от правой или левой системы координат движения маркера, в пределах которой (2) равно нулю, следующими неравенствами

$$x_{k-1} < x_i > x_{k+1}, \text{ для правой системы координат} \quad (5)$$

$$x_{k-1} > x_i < x_{k+1}, \text{ для левой системы координат} \quad (6)$$

неравенства перемещений маркера, заданной окрестности в пределах которой (3) равно нулю аналогичны

$$y_{k-1} < y_i > y_{k+1}, \text{ для правой системы координат} \quad (7)$$

$$y_{k-1} > y_i < y_{k+1}, \text{ для левой системы координат} \quad (8)$$

Поиск опорных точек на траектории контура осуществляется алгоритмом заданного сечения при уменьшении модуля вектора W до значения радиуса окрестности точки Δ .

Определив все опорные точки на траектории (1), задается опорный контур в виде многогранника, связывающего соседние опорные точки. Грани многогранника с отрезками кривых (1) между соответствующими соседними окрестностями точками образует контуры, объединение которых с опорным контуром, формирует фрагменты контура изображения объекта: введение опорного фрагмента в виде многогранника однозначно определяет другие фрагменты контура изображения объекта независимо от знания его форма. Такое разбиение контура на фрагменты является условным для изображения и не существует в изображениях других объектов.

Выделение среди фрагментов опорного позволяет вводить как контурные, так и топологические признаки отдельных фрагментов. При этом количество фрагментов задается опорным фрагментом и включает опорный фрагмент и фрагменты, задаваемые гранями многогранника. Следствием этого является иерархическая система классификации, на верхнем условии которой стоит опорный фрагмент, который характеризуется следующими признаками: количеством вершин определяется число опорных точек; длиной граней и углами, образуемыми соседними гранями в вершинах. Эти численные признаки вычисляются по значениям координат опорных точек. Последовательность граней и как следствие признаков этих граней упорядочивается по длине наибольшего признака соответствующей индексации. Первым элементом последовательности признаков является элемент с наибольшей длиной грани в любом из многогранников для контуров разных объектов. Это позволяет нормировать последовательности признаков и использовать единую точку в соответствующих атрибутах, задающих опорный фрагмент. Длина каждой максимальной грани соответствующего многогранника используется для задания размеров контуров различных изображений и может быть использована при необходимости графического представления изображения объекта.

В задачах классификации не требуется использование топологических признаков отрезка кривой траектории (1) в пределах фрагмента, а достаточно знать характер кривой. Поэтому в качестве признаков достаточно использовать количество экстремумов кривой в пределах фрагмента, границы которого определены многогранником (опорным контуром).

Это позволяет представить контур в виде

$$K = \Phi_{on}^i \bigcup_{k=1}^{n_i} \Phi_k^i$$

где Φ_{on}^i – опорный контур i -го изображения, Φ_k^i – фрагменты, задаваемые гранью K опорного контура i -го изображения; n_i – число граней многогранника i -го изображения.

При этом многогранник (опорный контур) и фрагменты, образованной его гранями, представляется атрибутами: опорными точками и количеством фрагментов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный подход использования опорных точек и многогранников для описания контуров представляет собой новое решение, которое создает условия для более точного описания и анализа изображений. Приведенные недостатки существующих методов, такие как высокая чувствительность к изменениям границ, сложность в поиске особых точек и ошибки, возникающие при сравнении графов, подчеркивают необходимость поиска более устойчивых и универсальных методов определения уникальных характеристик контуров.

Предложенный метод решения задач распознавания образов изображений и проведение анализа показывают важность дальнейших исследований и разработок методов, которые смогут преодолеть существующие ограничения и улучшить точность и эффективность распознавания графических объектов.

Список литературы

1. Черногорова Ю.В. Методы распознавания образов / Ю.В. Черногорова // Молодой ученый. – 2016. – № 28(132). – С. 40-43.
2. Marr D. Theory of Edge Detection / D. Marr, E. Hildreth // Proceedings of the Royal Society of London, 1980. – No. 207(1167). – P. 187-217. DOI: 10.1098/rspb.1980.0020
3. Xie S. Holistically-Nested Edge Detection / S. Xie, Zh. Tu // International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2015. – P. 1395–1403. DOI: 10.1109/ICCV.2015.164
4. Бакулина М.П. Вычеты и их применения к вычислению интегралов / М.П. Бакулина. – Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2006. – 36 с.
5. Гудков В.Ю. Скелетизация бинарных изображений и выделение особых точек для распознавания отпечатков пальцев / В.Ю. Гудков, Д.А. Ключев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 11–17.
6. Алексеев В.Е. Теория графов / В.Е. Алексеев, Д.В. Захарова. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 119 с.
7. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Vol. PAMI-8. – № 6. – 1986. – P. 679-698. DOI:10.1109/TPAMI.1986.4767851
8. Залесский Б.А. Комбинаторный алгоритм выделения контуров объектов на цифровых изображениях / Б.А. Залесский // Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск. ИНФОРМАТИКА. – 2013. – №3. – С. 13-20.
9. Титов А.И. Метод распознавания объектов в системах технического зрения роботов / А.И. Титов, Н.И. Корсунов // Экономика. Информатика. – 2022. – Т. 49. – № 4. – С: 782-787. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-4-782-787.
10. Мингалев А.В., Агафонова Р.Р., Габдуллин И.М., Николаев А.В., Сарыков Ф.А., Шушарин С.Н. 2018. Российская Федерация, от имени которой выступает федеральное государственное казенное учреждение "Войсковая часть 68240". Способ распознавания графических образов объектов. Патент № 2672622 С1 РФ, МПК G06K 9/48. № 2017132646; Заявл.18.09.2017; Оpubл. 16.11.2018, Бюл. №32.

References

1. Chernogorova Yu.V. Pattern Recognition Methods / Yu.V. Chernogorova // Young Scientist. – 2016. – No. 28 (132). – P. 40-43.
2. Marr D. Theory of Edge Detection / D. Marr, E. Hildreth // Proceedings of the Royal Society of London, 1980. – No. 207(1167). – P. 187-217. DOI: 10.1098/rspb.1980.0020
3. Xie S. Holistically-Nested Edge Detection / S. Xie, Zh. Tu // International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2015. – P. 1395–1403. DOI: 10.1109/ICCV.2015.164
4. Bakulina M.P. Residues and their applications to calculating integrals / M.P. Bakulina. – Novosibirsk state University. Novosibirsk, 2006. – 36 p.
5. Gudkov V.Yu. Skeletonization of binary images and allocation of special points for fingerprint recognition / V.Yu. Gudkov, D.A. Klyuev // Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics. 2015. – Vol. 15. – No. 3. – P. 11-17.
6. Alekseev V.E. Graph theory / V.E. Alekseev, D.V. Zakharova. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2017. – 119 p.
7. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Vol. PAMI-8. – № 6. – 1986. – P. 679-698. DOI:10.1109/TPAMI.1986.4767851
8. Zalessky B.A. Combinatorial algorithm for detecting object contours in digital images / B.A. Zalessky // United Institute of Informatics Problems of the NAS of Belarus, Minsk. INFORMATICS. – 2013. – №3. – P. 13-20.
9. Titov A.I. Object Identification Method in Robot Vision Systems / A.I. Titov, N.I. Korsunov // Economics. Information technologies. – 2022. – Vol. 49. – № 4. – P: 782-787. DOI: 10.52575/2687-0932-2022-49-4-782-787.
10. Mingalev A.V., Agafonova R.R., Gabdullin I.M., Nikolaev A.V., Sarykov F.A., Shusharin S.N. 2018. The Russian Federation, on behalf of which the Federal State Budgetary Institution "Military Unit 68240" acts. Method for Recognizing Graphic Images of Objects. Patent No. 2672622 C1 RF, IPC G06K 9/48. No. 2017132646; Claimed 18.09.2017; Published 16.11.2018, Bulletin No. 32.

Титов Алексей Иванович, кандидат технических наук, начальник отдела информационных технологий и защиты информации, Акционерное общество «Единая транспортная компания», Белгородская область, Белгородский район, п.г.т. Северный, Россия

Корсунов Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Щербинина Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и робототехнических систем, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, системный аналитик ООО «Научно-производственное объединение “Технологии надежности”», г. Белгород, Россия

Titov Alexey Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Information Technology and Information Security, Joint Stock Company "United Transport Company", urban-type settlement Severny, Belgorod district, Belgorod region, Russia

Korsunov Nikolay Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of Mathematical and Software Support of Information Systems, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Shcherbinina Natalya Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Information and Robotic Systems, Belgorod State National Research University, systems analyst, Scientific and Production Association “Reliability Technologies”, Belgorod, Russia