

# Влияние целевых функций качества на эффективность метода псевдоградиентной идентификации

Р.Г. Магдеев<sup>1</sup>, Г.Л. Сафина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ульяновский государственный технический университет, Северный Венец 32, Ульяновск, Россия, 432027

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Ярославское шоссе 26, Москва, Россия, 129337

## Аннотация

Проведен сравнительный анализ эффективности двух целевых функций качества при использовании псевдоградиентной идентификации объектов на полутоновых изображениях для ситуации, когда деформации изображения идентифицируемого объекта по отношению к эталонному можно свести к модели подобия.

## Ключевые слова

Изображение, объект, идентификация, псевдоградиент, целевая функция

## 1. Введение

Для широкого круга задач требуется идентификации на изображении объекта с оцениванием параметров его геометрических деформаций относительно шаблона (эталонного изображения объекта). В работе [1] показано, что идентификации объектов по шаблону может быть сведена к поиску пространственного преобразования, минимизирующего расстояние между ними в заданном метрическом пространстве, и предложен метод псевдоградиентной идентификации (МППИ), использование которого показало высокую эффективность. В работах [2, 3] дано сравнение эффективности использования для МППИ двух целевых функций качества идентификации для бинарных изображений: коэффициента межкадровой корреляции (КМК) и среднего квадрата межкадровой разности (СКМР) [4]. В данной работе проведен анализ тех же целевых функций для полутоновых изображений. При этом предполагалось, что возможные деформации идентифицируемого объекта по отношению к шаблону можно свести к модели подобия [5]. В качестве объектов исследования использована база полутоновых изображений COIL-20, включающая 1440 изображений [6].

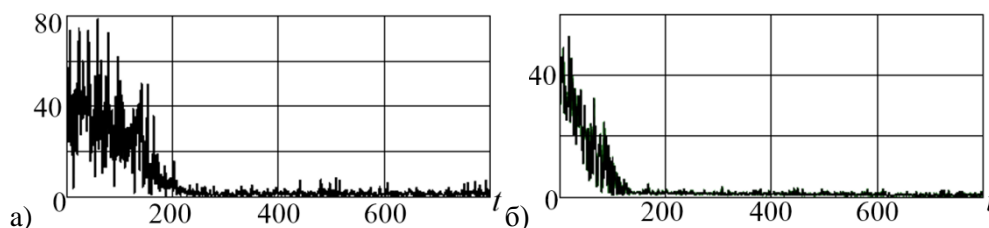
## 2. Описание метода и некоторые результаты

В МППИ параметры  $\hat{\alpha}_t$  идентификации ищутся рекуррентно [2]:  $\hat{\alpha}_t = \hat{\alpha}_{t-1} - \Lambda_t \vec{\beta}_t$ , где  $\Lambda_t$  - матрица усиления [7];  $\vec{\beta}_t$  - псевдоградиент целевой функции, который на  $t$ -й итерации находится с учетом оценок  $\hat{\alpha}_{t-1}$  по локальной выборке объема  $\mu$  отсчетов из изображений объекта и шаблона;  $t = \overline{0, T}$  - номер итерации. Сравнение целевых функций проводилось по скорости сходимости параметров идентификации, рабочему диапазону и быстродействию.

Вычислительная сложность псевдоградиентной процедуры исследована в работе [1] и при использовании в качестве возможных деформаций модели подобия составляет для СКМР от  $(22\mu + 25)T$  до  $(52\mu + 20)T$  элементарных операций, а при КМК - от  $(51\mu + 91)T$  до  $(69\mu + 48)T$  операций. Теоретические расчеты подтверждаются экспериментом.

Важным показателем является сходимость оценок параметров идентификации. Пример графиков сходимости среднеквадратического отклонения (СКО) рассогласования яркостей шаблона и объекта (оцененного по локальной выборке) при начальном рассогласовании параметров идентификации:  $\kappa=0,85$ ,  $\varphi=25^0$ ,  $\vec{h} = (h_x, h_y)=(5, -5)$  приведен на рисунке 1, где график (а) соответствует СКМР, (б) - КМК. Видно, что в данном примере оценки СКО при

СКМР сходятся приблизительно к 200 итерации, а при КМК - к 150. В целом при исследуемых целевых функциях в рамках эффективного рабочего диапазона (где достигается заданная достоверность идентификации) скорость сходимости оценок отличается незначительно.



**Рисунок 1:** Графики сходимости СКО рассогласования яркостей шаблона и объекта

Однако эффективный рабочий диапазон МПГИ ограничен и зависит от радиуса корреляции исследуемых изображений. Если он не покрывает заданную область определения параметров идентификации, требуется задание совокупности шаблонов с различными начальными приближениями параметров. Поэтому эта характеристика важна при сравнительном анализе целевых функций. Приведем характерный пример рабочего диапазона, полученного в одном из экспериментов: для СКМР:  $\kappa = 0,4 \dots 1,4$ ;  $\varphi = -40^\circ \dots +40^\circ$ ;  $h = -16 \dots +16$  пикселей, для КМК:  $\kappa = 0,6 \dots 1,3$ ;  $\varphi = -35^\circ \dots +35^\circ$ ;  $h = -11 \dots +11$  пикселей.

### 3. Заключение

Проведенный анализ показал, что применение в МПГИ в качестве целевой функции КМК обеспечивает большую скорость сходимости параметров идентификации, однако рабочий диапазон параметров и быстродействие больше при использовании СКМР. В то же время при значительном яркостном рассогласовании изображения объекта и шаблона предпочтительнее КМК.

### 4. Благодарности

Работа поддержана грантами РФФИ № 19-29-09048 и № 19-47-730004.

### 5. Литература

- [1] Magdeev, R.G. A comparative analysis of the efficiency of the stochastic gradient approach to the identification of objects in binary images / R.G. Magdeev, A.G. Tashlinskii // Pattern recognition and image analysis. – 2014. – Vol. 24(4). – P. 535-541.
- [2] Magdeev, R.G. Efficiency of object identification for binary images / R.G. Magdeev, A.G. Tashlinskii // Computer Optics. – 2019 – Vol. 43(2). – P. 277-281. DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-277-281.
- [3] Magdeev, R. Efficiency of Stochastic Gradient Identification of Similar Shape Objects in Binary and Grayscale Images / R. Magdeev, A. Tashlinskii, G. Safina // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2665. – P. 25-28.
- [4] Ташлинский, А.Г. Оценивание параметров пространственных деформаций последовательностей / А.Г. Ташлинский. – Ульяновск: Издательство УлГТУ, 2000.
- [5] Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.
- [6] Nene, S.A. Columbia Object Image Library (COIL-20) / S.A. Nene, S.K. Nayar, H. Murase [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cs.columbia.edu/CAVE/software/softlib/coil-20.php> [12.01.2021].
- [7] Цыпкин, Я.З. Информационная теория идентификации / Я.З. Цыпкин. – М.: Наука. Физматлит, 1995.