

Экспериментальные исследования модифицированного алгоритма выделения объектов при движущемся датчике изображений

Е.С. Кожина
Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина
Рязань, Россия
kozhiba.e.s@rsreu.ru

П.В. Бабаян
Рязанский государственный радиотехнический
университет имени В.Ф. Уткина
Рязань, Россия
pvbradio@yandex.ru

Аннотация — Данная работа посвящена проведению и анализу экспериментальных исследований предложенного в работах [1, 2] алгоритма автоматического выделения объектов. Особенность данного алгоритма заключается в устойчивости к изменениям масштаба, которые присутствуют в видеопоследовательностях. Цель исследований заключается в сравнении качества выделения объектов модифицированным алгоритмом, согласно которому учитывается оценка изменения масштаба, и базовым алгоритмом без учета этих оценок. Экспериментальные исследования показывают, что качество выделения объектов у разработанного алгоритма выше, чем у предыдущего подхода. За счет учета оценки масштаба удалось сократить количество ложных выделений [3].

Ключевые слова — автоматическое выделение объектов, частота правильного выделения, частота ложного выделения, масштабные искажения, дисперсия оценки масштаба

1. ВВЕДЕНИЕ

Алгоритмы выделения движущихся объектов широко применяются в системах технического зрения беспилотных летательных аппаратов и роботов, при анализе транспортных потоков, разработке систем безопасности, при управлении различными техническими объектами. Выделение движущихся объектов, как правило, является начальным этапом алгоритмов анализа изображений [4]. От того, насколько точно выделен объект, зависит качество обнаружения, оценки параметров объекта и других этапов анализа изображений.

Задача выделения объектов заключается в принятии решения о наличии или отсутствии объекта в каждой точке изображения [3]. Для случая применения неподвижного датчика изображений разработано достаточно большое количество алгоритмов, которые выдают хорошие результаты. Однако, как только на изображении появляются искажения [4], вызванные действием геометрических преобразований, применение данных алгоритмов становится неэффективным. В таком случае необходимо применять алгоритмы, устойчивые как к яркостным искажениям, так и движению датчика изображений в пространстве. В работах [1, 2] авторы предлагают алгоритм, который учитывает изменение масштаба на изображении, и обеспечивает приемлемое качество выделения объектов. Целью работы является

проведение расширенного исследования предложенного ранее подхода.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе предполагается, что каким-либо известным образом получена оценка масштабных преобразований. В качестве метода оценки масштаба был выбран алгоритм на основе выбора опорных участков на изображении [5], который обладает высокой точностью оценивания и достаточно низкой вычислительной сложностью. Для подхода на основе вычитания фона [6] был разработан алгоритм выделения объектов, устойчивый к изменениям масштаба [1, 2]. Итоговое правило, по которому вычисляется бинарное изображение $r(\hat{x}, \hat{y})$, являющееся результатом выделения объектов, представлено ниже:

$$r(\hat{x}, \hat{y}) = \begin{cases} 1, & \text{если } |g(\hat{x}, \hat{y}) - l(\hat{x}, \hat{y})| > d(p_-)\sqrt{D}; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (1)$$

где $g(\hat{x}, \hat{y})$ – оценка фонового изображения, $l(\hat{x}, \hat{y})$ – оценка наблюдаемого изображения, $d(p_-)$ – полуширина доверительного интервала для нормированной гауссовой случайной величины. Дисперсия D в (1) определяется следующим образом:

$$D = \left[\nabla g(\hat{x}, \hat{y}) \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \right]^2 \sigma_\lambda^2 + \sigma_\xi^2, \quad (2)$$

где $\nabla g(\hat{x}, \hat{y})$ – градиент яркости изображения, x' и y' представляют собой вектор расстояния между точкой (\hat{x}, \hat{y}) и центром вращения фонового изображения, σ_λ^2 – дисперсия оценки масштаба, σ_ξ^2 – дисперсии аддитивного шума. Введение σ_λ^2 обусловлено случайным характером ошибки оценивания масштаба, распределенной по нормальному закону с нулевым средним. Величина ошибки зависит от выбранного алгоритма оценки масштаба и контраста наблюдаемой сцены.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМА

Экспериментальные исследования проводились на расширенной выборке видеосюжетов, отличающейся от

набора сюжетов, используемого в работах [1, 2] количеством сюжетов и размером. Все сюжеты были получены камерой видимого диапазона. На ряде сюжетов одновременно присутствовало несколько различных объектов. Масштабные искажения на видеосюжетах смоделированы программно и применяются ко всему изображению. Необходимо отметить, что для тестируемых сюжетов значения масштабного коэффициента отличались.

В ходе выполнения экспериментальных исследований было проведено сравнение результатов выделения объектов алгоритмом с учетом среднеквадратичного отклонения оценки изменения масштаба σ_λ^2 и без учета этого параметра ($\sigma_\lambda^2 = 0$). Кроме того, были проведены исследования для трех разных значений $\sigma_\lambda^2 \neq 0$ с целью выявить различия для исследуемых сюжетов.

При сравнении результатов применялись две методики: визуальное сравнение и количественная оценка (рис. 1). По результатам визуального сравнения был сделан вывод о повышении качества выделения объектов при ненулевом значении σ_λ^2 . Количество ложно выделенных точек заметно уменьшилось, однако несколько искажается форма объектов. Поэтому в ходе экспериментальных исследований подбиралось значение σ_λ^2 , при котором наблюдается компромисс между качеством выделения объекта и степенью подавления шума на исследуемом наборе сюжетов.

Количественная оценка выполнялась следующим образом: для каждого сюжета рассчитывались значения частот правильного и ложного выделения, а затем усреднялись по всей выборке. По численным значениям был построен график полученной зависимости частоты правильного выделения (TP) от частоты ложного (FP), часто называемая ROC-кривой. На графике (рис. 1) построены четыре кривые для различных значений дисперсии изменения масштаба ($\sigma_\lambda^2 = 0$, $\sigma_\lambda^2 = 0,0002$, $\sigma_\lambda^2 = 0,002$, $\sigma_\lambda^2 = 0,02$) и для различных значений параметра $d(p_)$. Более высокое качество, судя по графику, обеспечивается при значении параметра $\sigma_\lambda^2 = 0,002$. При увеличении этого параметра, например, при $\sigma_\lambda^2 = 0,02$ качество выделения начинает ухудшаться, что проявляется в сильном искажении формы объекта. Если значение σ_λ^2 сильно уменьшать, то качество выделения объектов ухудшается еще больше, чем при увеличении. Частота правильного выделения при значении $\sigma_\lambda^2 = 0$ не сильно отличается от $\sigma_\lambda^2 = 0,0002$.

При фиксированном значении частоты правильного выделения для всех кривых сравнивались значения частоты ложного выделения. Результаты приведены в таблице I. По результатам можно сделать вывод, что при $\sigma_\lambda^2 = 0,002$ качество выделения объектов выше.

Таблица I. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ АЛГОРИТМА

Значение σ_λ^2	Значение частот	
	TP, %	FP, %
0	92	5,93
0,0002	92	5,92
0,002	92	3,80

0,02	92	5,26
------	----	------

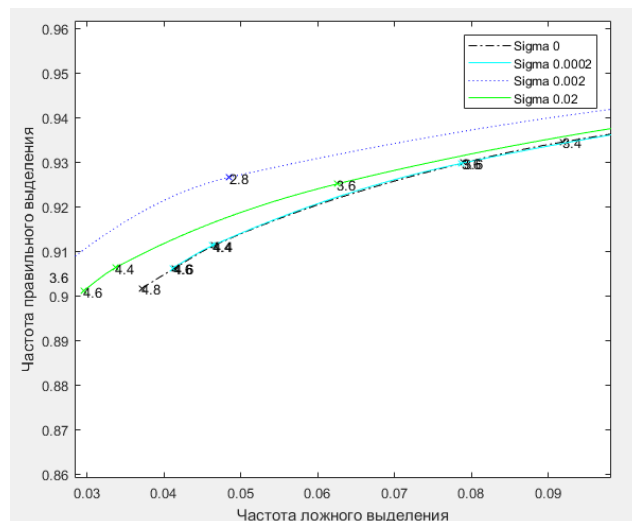


Рис. 1. График ROC-кривой

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были проведены расширенные экспериментальные исследования модифицированного алгоритма выделения объектов при движущемся датчике изображений. Модификация алгоритма заключается в учете параметра дисперсии оценки изменения масштаба σ_λ^2 . Экспериментальные исследования показали более высокую эффективность разработанного алгоритма на большой выборке различных сюжетов. Удалось сократить количество ложных выделений по сравнению с подходом, не учитывающим влияние изменения масштаба. Дальнейшая работа будет посвящена учету влияния более сложных геометрических искажений и проведению экспериментов на новой выборке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабаян, П.В. Автоматическое выделение объектов в видеoinформационной системе в условиях масштабных преобразований / П.В. Бабаян, Е.С. Кожина // Цифровая обработка сигналов и её применение. DSPA-2022: Доклады 24-ой Международной конференции. – 2022. – С. 257-260.
- [2] Бабаян, П.В. Выделение движущихся объектов при наличии масштабных преобразований в последовательности изображений / П.В. Бабаян, Е.С. Кожина // GraphiCon 2022: труды 32-й Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению. – 2022. – С. 620-627.
- [3] Zhang, Y.J. Handbook of Image Engineering / Y.J. Zhang – Singapore: Springer, 2021. – С. 1963.
- [4] Бабаян, П.В. Выделение объектов в условиях случайных геометрических преобразований изображения / П.В. Бабаян // Автометрия. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 41-47.
- [5] Корепанов, С.Е. Сравнение трех критериев работоспособности многоэталонного алгоритма оценки координат объектов / С.Е. Корепанов, С.А. Смирнов, В.В. Стротов // Цифровая обработка сигналов. – 2016. – Т. 3. – С. 15.
- [6] Берников, В. В. Анализ алгоритмов обнаружения движущихся объектов на видеонизображении / В. В. Берников, А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6, № 3. – С. 223-23.