

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ В ВИДЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО КОРРЕЛИРОВАННОГО ВО ВРЕМЕНИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

Цуприк С.В.¹, Солонар А.С.²,

¹старший инженер лаборатории,

*²профессор кафедры автоматизи, радиолокации и приемо-передающих устройств
УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь*

Разнообразие реальных изображений привело к большому количеству математических моделей, часть из которых представлена в [1–5]. Существующие математические модели обеспечивают возможность анализа и синтеза алгоритмов обнаружения и сопровождения объектов для конкретных, как правило, простых условий наблюдения. Такие условия характеризуются однородным фоном и стационарностью параметров наблюдаемого объекта, что, чаще всего, не соответствует реальным условиям наблюдения. Более того, объект на изображении может не наблюдаться за счёт затенения другими объектами или выхода из поля зрения видеодатчика. Такие условия требуют предъявления высоких требований к разрабатываемым алгоритмам обнаружения и сопровождения объектов.

Для условий наблюдения, при которых характеристики изображений объекта и фона могут изменяться с течением времени, наиболее подходящей является модель, описанная в работе [1]. В ней изображение кадра, формируемого видеодатчиком, представляет собой аддитивную смесь изображений объекта, фона и шума, а так же учитывает возможное пропадание объекта из поля зрения видеодатчика. Изображения объекта и фона при этом представлены в виде некоррелированного во времени марковского случайного процесса, а модель шума как гауссовский случайный процесс с нулевым средним и известной заданной дисперсией. Однако, проведённые исследования в работе [6] показали, что изображения объекта и фона обладают межкадровой корреляцией и представляют собой нестационарный случайный процесс.

Таким образом, в докладе будет рассмотрена математическая модель изображения кадра, формируемого видеодатчиком, как аддитивная смесь изображений объекта, фона и шума, в которой изображения объекта и фона представляют собой нестационарный коррелированный во времени случайный процесс.

Материал и методы. В известных работах [1-5], в основу алгоритмов обнаружения объектов на изображениях ОЛС и измерения их координат и параметров, положен принцип априорного формирования в пространственной области характеристик и математического описания наблюдаемого изображения в виде эталонного (опорного) сигнала и аддитивного наложения на него фоновых помех и внутреннего шума [6]. Стоит отметить, что в реальных условиях наблюдения, эталонная информация об объектах интереса, обычно, отсутствует, что делает рассмотренные математические модели не эффективными.

Результаты и их анализ. На основании рассмотренных математически моделей изображений и результатов экспериментальных исследований реальных видеозаписей, предложена математическая модель изображения:

$$l(i, j, k) = r(i, j, k)h(i, j, k) + (1 - r(i, j, k))g(i, j, k) + \xi(i, j, k)$$

где $l(i, j, k)$ – значение яркости (i, j) -го пикселя на k -ом кадре; $h(i, j, k)$ – значение яркости (i, j) -го пикселя объекта на k -ом кадре; $g(i, j, k)$ – значение яркости (i, j) -го пикселя фона на k -ом кадре; $\xi(i, j, k)$ – белый гауссовский шум;

$$r(i, j, k) = \begin{cases} 1, & \text{если точка } (i, j) \text{ принадлежит объекту} \\ 0, & \text{если точка } (i, j) \text{ принадлежит фону} \end{cases}$$

На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемой математической модели одного пикселя изображения объекта. Модель представляет собой аддитивную смесь значений яркости изображения объекта, фона и белого гауссовского шума.

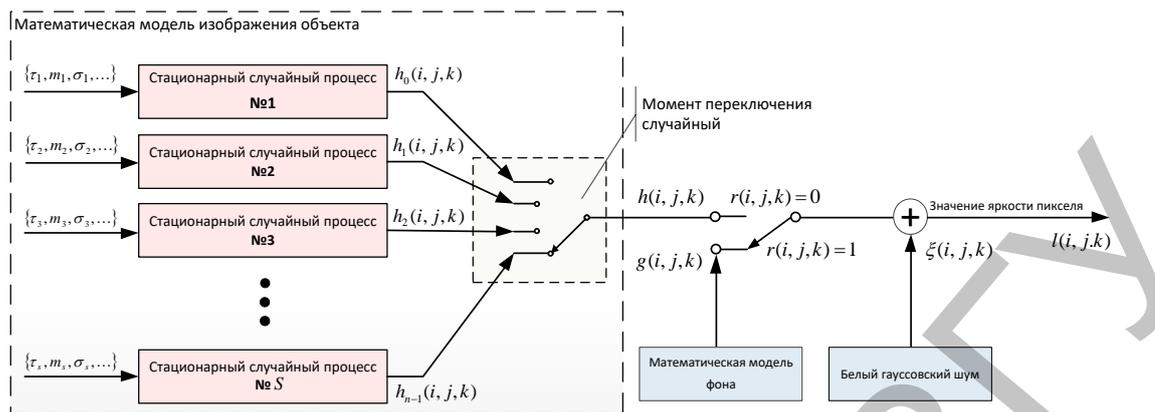


Рисунок 1 – Предполагаемая структурная схема математической модели одного пикселя изображения

Поскольку процесс изменения яркости изображения объекта нестационарный, то его можно представить в виде набора стационарных случайных процессов с заданными параметрами, такими как время корреляции τ , математическое ожидание m , СКО σ и другие. Более того, момент времени, в который наблюдается один из таких процессов – величина случайная. Процесс изменения яркости фона так же представлен набором стационарных случайных процессов во времени с заданными параметрами. При этом закономерности изменения фона такие же, как и объекта, так как в некоторых случаях то, что считалось фоном, станет объектом и наоборот. В этом заключается одна из основных сложностей и проблем обработки распределенных на изображении объектов.

Модель учитывает возможные пропадания изображения объекта. Для этого, в случае отсутствия объекта на изображении, значение яркости объекта $h(i, j, k)$ умножается на $r(i, j, k) = 0$, а значение яркости фона на $(1 - r(i, j, k))$, при $r(i, j, k) = 0$. В случае наличия на изображении кадра изображения объекта $h(i, j, k)$ умножается на $r(i, j, k) = 1$, а фона на $(1 - r(i, j, k))$, при $r(i, j, k) = 1$.

Таким образом, при наличии изображения объекта в кадре, фоновая составляющая математической модели равна нулю, в противном случае, нулю равна составляющая изображения объекта. Аддитивно в модель добавляется белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией. Является шумом наблюдения.

Заключение. Рассмотрена математическая модель изображения, представляющая собой аддитивную смесь изображений объекта, фона и шума как в модели [1], но учитывающая нестационарный характер изменения и наличие межкадровой корреляции изображений объекта и фона в процессе наблюдения. Это позволяет повысить степень соответствия математической модели реальным условиям наблюдения.

1. Алпатов, Б.А. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. – М: Радиотехника, 2008. – 176 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. под ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Крашениников, В.Р. Статистические методы обработки изображений: учебное пособие / В.Р. Крашениников. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 167 с.
4. Прэт, Э. Цифровая обработка изображений / Э. Прэт; перевод с английского под ред. Д.С. Лебедева. – М.: Мир; 1992 – 312 с.
5. Сойфер, В.А. Методы компьютерной обработки изображений / В.А. Сойфер и др. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
6. Ягольников, С.В. Автоматическое обнаружение и сопровождение динамических объектов на изображениях, формируемых оптико-электронными приборами в условиях априорной неопределённости. Методы и алгоритмы / О.Б. Гузенко, А.Н. Катулев, А.А. Храмичёв, С.В. Ягольников. – М.: Радиотехника, 2015. – 280 с.