

УДК 681.5:621.38

**Герасимов Владимир Павлович, Даржания Александр Юрьевич,
Ковалёв Владимир Данилович**

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ КОРРЕЛЯТОРЕ БПЛА

В статье описывается построение и моделирование алгоритма, реализуемого бортовым контроллером видеовизира беспилотного летательного аппарата (БПЛА), позволяющего в автоматическом режиме обнаруживать и сопровождать очаг возгорания для получения параметров, описывающих динамику его распространения.

Ключевые слова: алгоритм, автоматический режим, БПЛА, бортовой контроллер, видеовизир, дифференциальный коррелятор, лесные пожары, чрезвычайные ситуации.

Gerasimov Vladimir P., Darzhaniya Alexander Y., Kovalyov Vladimir D.

SPECIFIC ISSUES OF VIDEO DATA PROCESSING IN DIFFERENTIAL CORRELATOR OF PILOTLESS VEHICLE

The article provides a description of building and modeling an algorithm employed by an onboard videovisir controller in a pilotless vehicle (PV), which allows automatic detection and control of the fire focus in order to get the parameters describing the expansion dynamics.

Keywords: algorithm; automatic mode; pilotless vehicle; onboard controller; videovisir; differential correlator; forest fires; emergencies.

С каждым годом не только в нашей стране, но и в Европе, Америке, Австралии расширяется период пожарной опасности в лесных угодьях. Так, уже в середине марта 2014 года губернатор Приморского края Владимир Миклушевский распорядился ввести на территории Приморья режим чрезвычайной ситуации (ЧС) в связи с пожароопасной обстановкой в лесах края.

Глава региона распорядился задействовать все силы и средства Приморской территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС.

Именно, человеческий фактор, включая умышленные поджоги, зачастую становится причиной возникновения лесных пожаров, сообщают приморские спасатели. Из-за сильного ветра небольшой огонь может быстро распространиться на масштабные территории.

При тушении уже разгоревшегося пожара высокую эффективность продемонстрировала авиация МЧС, но её применение связано со значительными финансовыми затратами, а сброс огнегасящей жидкости на эффективных малых высотах ограничен требованиями безопасности лётчиков, чтобы не повторилось 6 августа 1967 года, когда в катастрофе вертолёт Ми-6ПЖ при тушении с воздуха лесных пожаров во Франции погиб опытный лётчик-испытатель Юрий Александрович Гарнаев, освоивший 120 различных типов летательных аппаратов. Поэтому, как и в других опасных ситуациях, гораздо дешевле их предупредить, чем затем устранять. С этой целью (не только для тушения, но и разведки выполнения требований предупреждения и ликвидации ЧС) следует рассмотреть возможность применения во время пожароопасных периодов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для разведки возникающих пожаров и предупреждения распространения огня. Одним из средств эффективного использования БПЛА является разработка алгоритмов распознавания и автоматического сопровождения очагов и фронтов распространения огня.

При автоматическом сопровождении огненных очагов в динамическом видеопотоке важно обеспечить беспрерывность объектов слежения в допустимом диапазоне и в течение заданного времени. В статье приводится способ построения и моделирования алгоритма, реализуемого бортовым контроллером видеовизира.

Для динамического видеопотока характерны геометрические сдвиги одних и тех же объектов в различных фреймах (кадрах). Для моделирования алгоритма устойчивого сопровождения объекта слежения предлагается специально разработанная тестовая картина (мира), с помощью которой можно контролировать качество функционирования реального видеовизира (рис. 1 а).

Качество удержания (допустимый диапазон смещения текущего изображения относительно эталона, время бесрывного сопровождения) сопровождаемого объекта в динамическом видеопотоке, должно осуществляться в пределах допустимых значений контролируемых параметров.

В разработанной мире изображение подстилающей поверхности представляется в виде совокупности элементарных объектов (примитивов), представляющих собой окружности с окраской различной интенсивности, причем пересечения примитивов даёт суммарную окраску. Получившиеся изображения со статистической точностью должны имитировать реальные видеокadres в динамическом видеопотоке, выдаваемом видеовизиром БПЛА.

Реальная мира (рис. 1 а) в видеовизире преобразуется в миру цифровую (рис. 1 б), с помощью которой можно создавать (имитировать) реальный динамический видеопоток.

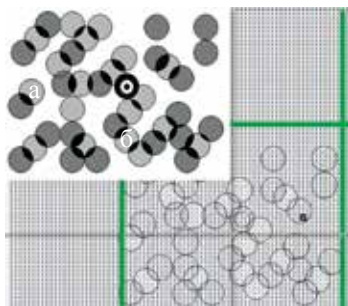


Рис. 1. Мира реальная (а), мира цифровая (б)

Для контроля работоспособности видеовизира предлагается накладывать центральное перекрестие видеовизира на имитацию костра – черный круг в центре тестового белого кольца. В динамическом видеопотоке текущее изображение мира должно случайным образом смещаться относительно эталонного. При этом, перекрестие в течение заданного времени бесрывного сопровождения не должно «уходить» за пределы белого кольца (допустимого диапазона смещения текущего изображения относительно эталона).

Для имитации динамического видеопотока массивы данных, получаемых из «оцифрованной» мира, программным способом смещались по обеим ортогональным осям на величины, задаваемые с помощью генератора случайных чисел. Наборы создаваемых таким образом фреймов (кадров) (рис. 2) имитировали динамический видеопоток.

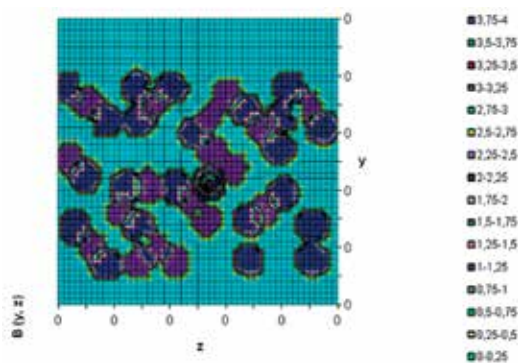


Рис. 2. Восстановленная мира из цифрового фрейма

В контроллере видеовизира происходит вычисление корреляционной зависимости (функции) между соседними фреймами.

Для построения пеленгационных характеристик, описывающих функционирование видеовизира БПЛА, анализировались различные представления корреляционных функций: 3D изображение (рис. 3), сечения – горизонтальные (рис. 4) и вертикальные (рис. 5).

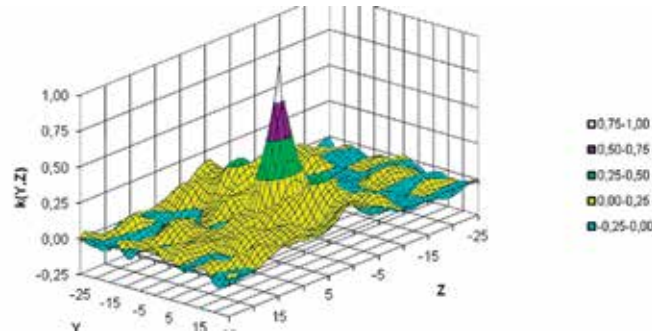


Рис. 3. 3D-изображение корреляционной функции $k(Y, Z)$ соседних фреймов

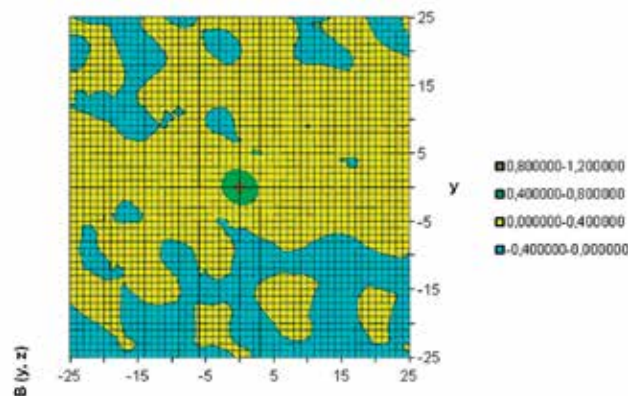


Рис. 4. Горизонтальные сечения корреляционной функции $B(y, z)$ соседних фреймов

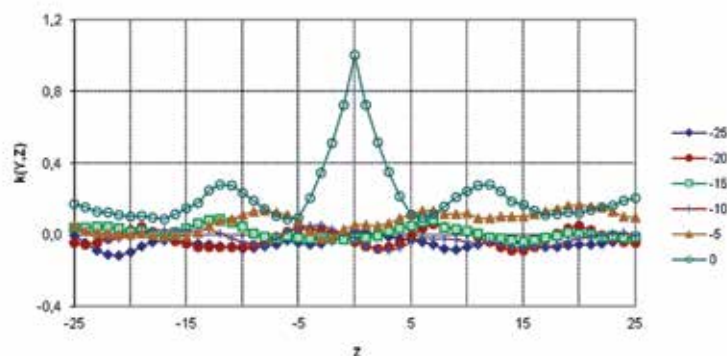


Рис. 5. Вертикальные сечения корреляционной функции $k(Y, Z)$ соседних фреймов

Анализ 3D-корреляционной функции показал, что при построении пеленгационных характеристик необходимо учитывать, наряду с глобальным максимумом, наличие многочисленных локальных максимумов. Уменьшить амплитуду локальных всплесков можно, применяя фильтрацию входного сигнала. При этом сглаженный сигнал не должен приводить к потере информации, превышающей

допустимый радиус корреляции. Реализация в бортовом компьютере фильтрации и поискового метода определения максимума корреляционной функции для вычисления рассогласования предъявляет повышенные требования к ресурсам контроллера. Минимизировать эти требования можно, применяя быстродействующие методы обработки видеoinформации в телевизионных (видео-) системах слежения, к которым, например, относится корреляционный дифференциальный метод, являющийся беспойсковым и требующий для определения рассогласования вычисления только двух значений корреляционной функции [6].

Основной вариант дифференциальной схемы определения экстремума взаимной корреляционной функции $K(\tau)$ текущего сигнала $F(t-\tau)$, и эталонного $F(t)$ (относительно которого текущий смещен на величину τ) показан на рис. 6:

$$K(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t-\tau)F(t) dt \quad (1)$$

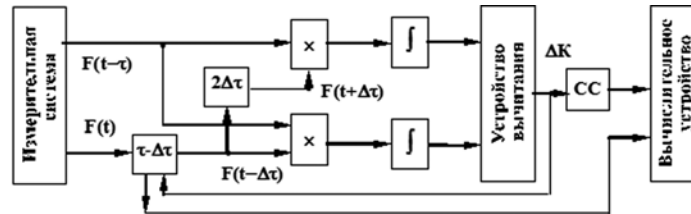


Рис. 6. Функциональная схема дифференциального метода определения экстремума

Коррелятор в этой схеме вычисляет два значения взаимной корреляционной функции $K(\tau)$ на интервале $(0 \dots T)$ текущего и эталонного сигналов с аргументами, соответствующими разности временного сдвига τ и фиксированной задержки $\Delta\tau$:

$$K(\tau - \Delta\tau) = \int_0^T F(t-\tau)F(t-\Delta\tau) dt \quad (2)$$

сумме временного сдвига τ и фиксированной задержки $\Delta\tau$:

$$K(\tau + \Delta\tau) = \int_0^T F(t-\tau)F(t+\Delta\tau) dt \quad (3)$$

Разность этих значений $\Delta K(\tau)$, являющаяся пеленгационной характеристикой данного дискриминатора $D(\tau)$:

$$\Delta K(\tau) = K(\tau - \Delta\tau) - K(\tau + \Delta\tau),$$

$$D(\tau) = \Delta K(\tau) \quad (4)$$

определяется устройством вычитания и ее знак используется для определения направления изменения задержки τ в соответствующем блоке коррелометра. Момент, при котором $\Delta K(\tau) = 0$ фиксируется схемой сравнения (СС), разрешающей выдачу значения транспортного запаздывания τ на вычислительное устройство (ВУ).

На рис. 7 показаны графики функций $K(\tau)$; $K(\tau-\Delta\tau)$; $K(\tau+\Delta\tau)$; $\Delta K(\tau)$. Жирной линией выделена рабочая область пеленгационной характеристики $D(\tau)$.

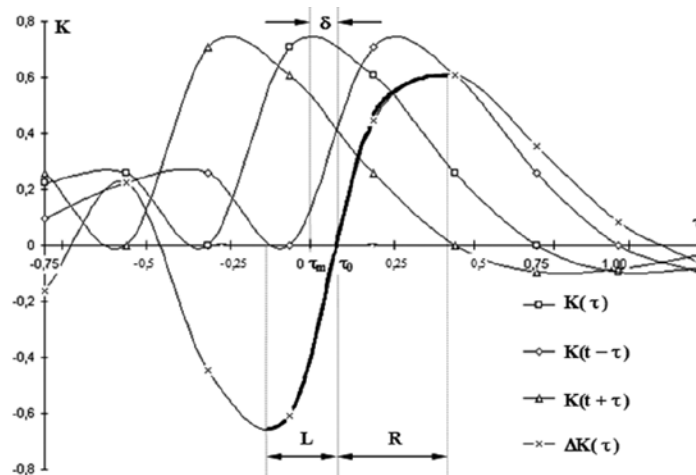


Рис. 7. Формирование разностного сигнала $\Delta K(\tau)$ дифференциальной схемы

В общем случае анализируемая функция нелинейна, а при несимметричном характере исходной функции, но значительном превышении глобального максимума над локальными одна ветвь пеленгационной характеристики (левая – L) не подобна другой (правой – R) и значение аргумента τ_0 , при котором разностная функция $\Delta K(\tau)$ равна нулю, не равно τ_m , соответствующему максимальному значению функции $K(\tau)$. Данное несоответствие является причиной погрешности δ вычисления значения аргумента, соответствующего экстремальному значению взаимной корреляционной функции:

$$\delta = |\tau_m - \tau_0|. \quad (5)$$

Верхняя часть плеча R характеристики имеет значительный горизонтальный участок (зону нечувствительности), а все плечо отличается неравномерной первой производной функции $K(\tau)$, следовательно данный дискриминатор обладает переменной чувствительностью, изменяющейся в широких пределах. Плечо L отличается меньшим разбросом чувствительности, но и меньшим размером апертуры.

Вычисление «транспортного запаздывания» – рассогласования между истинным и требуемым положениями линии визирования, определяемого по максимуму взаимной корреляционной функции, является наиболее очевидным и универсальным методом для стационарных случайных процессов при любом законе распределения. Оценка нормированной взаимной корреляционной функции на интервале выборки T производится по формуле:

$$k(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} [x(t-\tau) - m_x] [y(t) - m_y] dt, \quad (7)$$

Итак:

- дифференциальный принцип определения экстремума корреляционных функций позволяет по результатам всего двух вычислений значений функции $K(\tau)$ для аргументов $(\tau - \Delta\tau)$ и $(\tau + \Delta\tau)$ определить:
 - знак разностной функции $\Delta K(\tau) = K(\tau - \Delta\tau) - K(\tau + \Delta\tau)$, необходимый для определения направления рассогласования между эталонным и текущим сигналами;
 - модуль $|\Delta K(\tau)|$, по которому оценивается величина рассогласования;
- погрешности вычисления δ – зависит от симметричности (четности) функции $K(\tau)$;
- свойство автокорреляционных функций – четность: $K(\tau) = K(-\tau)$;
- если реальную корреляционную функцию проаппроксимировать стандартными функциями, то можно аналитически формализовать пеленгационную (дискриминационную) характеристику $D(\tau)$ для последующего получения значения аргумента (получения рассогласования) вычислением обратной функции: $\tau = D^{-1}(\tau)$.

Литература

1. Герасимов В. П., Герасимова Л. В., Журавлёв А. Б. Программное обеспечение для ТВ-визиров зерно- и кормоуборочной техники // Сб. научн. статей по материалам V Международной конференции «Модели управления производством и совершенствование информационных технологий». Ставрополь: СтГАУ, 2010.
2. Герасимов В. П., Журавлёв А. Б. Компьютерное моделирование для ТВ-визира кормоуборочного комбайна // Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции «Модели управления производством и совершенствование информационных технологий». Ставрополь, СтГАУ, 2010. С. 121–125.
3. Герасимова Л. В., Журавлев А. Б., Герасимов В. П. Разработка программного обеспечения видеодатчика подвижного средства для неконтактного определения дальности // Сборник материалов III Международной научной студенческой конференции «Научный потенциал студенчества в XXI веке», том 1 «Естественные и точные науки. Естественные и прикладные науки». Ставрополь, СевКавГТУ, 2009.
4. Герасимов В. П., Ковалёв В. Д., Закревский А. Б. Беспилотные летательные аппараты в борьбе с пожарами / Материалы Международной НПК «Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях». Ставрополь: СК ГТУ, 2012. С. 95–98
5. Герасимов В. П., Ковалёв В. Д., Закревский А. Б. Информационные технологии в борьбе с пожарами с помощью беспилотных летательных аппаратов / Информационные системы и технологии как фактор развития экономики региона: Сб. материалов II Международной НПК. Ставрополь: СК ГТУ, 2013. С. 21–25
6. Мелик-Шехназаров А. М., Маркатун М. Г. Цифровые измерительные системы корреляционного типа. М.: Энергоиздат, 1985. 128 с.

УДК 535.373

Жданова Наталья Владимировна, Гаджиалиева Ирина Вячеславовна

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА СПЕКТРЫ И КИНЕТИКУ ФОСФОРЕСЦЕНЦИИ АЦЕНАФТЕНА В СТЕКЛООБРАЗНОМ ТОЛУОЛЕ ПРИ 77 К

В статье исследованы спектры и кинетика фосфоресценции аценафтена в стеклообразном толуоле при 77 К для концентраций раствора от 10^{-3} до 0.2 М. Для концентраций больших 5×10^{-2} М обнаружен длинноволновый сдвиг спектра, который не удается объяснить направленной миграцией триплетных возбуждений. Обсуждаются возможные причины наблюдаемого эффекта.

Ключевые слова: фосфоресценция, аценафтен, 0 – 0 полоса, концентрация.

Zhdanova Natal'ya V, Gadzhialieva Irina V.

CONCENTRATION IMPACT ON SPECTERS AND KINETICS OF ACENAPHTHENE PHOSPHORESCENCE IN GLASS-LIKE TOLUENE UNDER 77 K

There is a view on the specters and kinetics of acenaphthene phosphorescence in glass-like toluene under 77 K for solution concentrations ranging from 10^{-3} to 0.2 M. As for the concentrations above 5×10^{-2} M there has been detected a long wave shift in the specter, which can not be explained through directed migration of triplet excitation. Certain reasons for the effect have been discussed.

Keywords: phosphorescence; acenaphthene; 0 – 0 stripe; concentration.

Стеклообразные матрицы, наряду с полимерами и зольгелевыми матрицами, широко используются при изучении механизмов и закономерностей различных фотопроцессов, происходящих с участием триплетных состояний органических молекул [1]. Выводы о закономерностях и механизмах фотопроцессов часто делаются на основании результатов исследования влияния концентрации и