

ПРЕДДЕТЕКТОРНАЯ ОБРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ ПРИ РАЗЛИЧИИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВХОДНЫХ И ОПОРНЫХ СИГНАЛОВ

Л.Ф. КУПЧЕНКО, А.С. РЫБЬЯК, О.А. ГУРИН

Изложен метод повышения качественных показателей обработки оптических сигналов в оптико-электронных системах с динамической спектральной фильтрацией при различии корреляционных характеристик входных и опорных сигналов. Метод состоит в том, что в качестве опорных используются сигналы с единичной корреляционной матрицей. Для проверки эффективности метода использовался критерий согласованности оптимальной обработки сигналов, состоящий в равенстве единице отношения дивергенции Кульбака-Лейблера на выходе фильтра к значению дивергенции на его входе. Показано, что если в многомерном спектральном пространстве направление собственных векторов корреляционных матриц входных и опорных сигналов не совпадают, то использование некоррелированных опорных сигналов для объекта и фона, обладающих пространственной симметрией, позволяет уменьшить величину рассогласования.

Ключевые слова: дивергенция Кульбака-Лейблера, динамическая спектральная фильтрация, оптимальная обработка оптических сигналов.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация процессов обнаружения и распознавания объектов с помощью пассивных оптико-электронных систем в настоящее время является актуальной задачей. Использование спектральных признаков объектов наблюдения, т.е. информации о спектральном составе их излучения, позволяет решить данную задачу [1]. Характерной особенностью таких систем является чрезвычайно большой объем информации, подлежащий дальнейшей обработке.

Использование преддетекторной обработки оптического излучения в оптико-электронных системах позволяет существенно сократить количество информации, подлежащей последетекторной обработке. В таких оптико-электронных системах происходит разложение в спектр оптического излучения с переменными коэффициентами пропускания. Данная обработка получила название динамическая спектральная фильтрация [2, 3]. В основу динамической спектральной фильтрации положены свойства акустооптических фильтров оптического излучения, которые позволяют создать спектральную характеристику пропускания требуемой формы за счет подачи высокочастотного сигнала на возбудитель ультразвука с соответствующим амплитудно-частотным спектром [4, 5]. Возможность реализации данного метода обработки оптического излучения показана в работах [2, 3], где изложены результаты экспериментальных исследований основных положений динамической спектральной фильтрации.

В работе [6] синтезирован оптимальный обнаружитель оптических сигналов, который включает в свой состав динамический спектральный фильтр и пороговое устройство. Динамический спектральный фильтр обеспечивает оценку степени корреляции между входным оптическим излучением и опорными (ожидаемыми) сигналами

объекта и фона. Оптимальный обнаружитель синтезирован в предположении того, что имеются априорные сведения о статистических характеристиках сигналов объекта и фона, а корреляционные матрицы объекта и фона равны между собой.

Вероятность правильного обнаружения излучения объекта оптимальным обнаружителем зависят от того, насколько точно в принятом сигнале функциональные зависимости и вероятностные характеристики принятых сигналов соответствуют опорным сигналам объекта и фона содержащихся в базе данных. Существенно, что вероятность правильного обнаружения зависит не только от соответствия корреляционных характеристик сигналов принадлежащих объекту и фону, но также от степени и направления взаимных корреляционных связей, определяемых относительным пространственным положением плотностей распределения вероятностей, принадлежащих сигналам цели и фона. [7]

Однако на практике всегда существуют отклонения характеристик входных сигналов от ожидаемых, следовательно качество оптимальной обработки будет зависеть от величины таких отклонений.

Обычно для количественной оценки эффективности процесса обнаружения используется вероятность ошибки [8]. Однако при использовании этого критерия зачастую не удается получить явного математического выражения, что вызывает необходимость использовать альтернативные критерии, более удобные с вычислительной точки зрения.

Поэтому в работе [9] для оценки согласованности оптимальной обработки сигналов в оптико-электронных системах с динамической спектральной фильтрацией предложено использовать критерий, основанный на их информационных

характеристиках. Поскольку при обнаружении излучения объектов информация о их свойствах содержится в основном в спектральных распределениях оптических сигналов, то ее количество может быть определено через дивергенцию Кульбака-Лейблера, которая представляет собой взаимную информативную меру удаленности друг от друга двух вероятностных спектральных распределений сигналов объекта и фона [8]. Если сохраняется равенство информационных мер, определяющих удаленность вероятностных спектральных распределений сигнала объекта и фона на выходе и входе фильтра, то обеспечивается согласованность между спектральными характеристиками входных и опорных (ожидаемых) сигналов, участвующих в формировании управляющего сигнала динамического фильтра.

Таким образом, в качестве критерия согласованности оптимальной обработки сигналов будем использовать признак, состоящий в равенстве единице отношения дивергенции Кульбака-Лейблера на выходе фильтра к значению дивергенции на его входе.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Вероятности правильного обнаружения излучения объекта наблюдения зависят как от соответствия между корреляционными характеристиками сигналов, принадлежащих объекту и фону, так и от степени и направления взаимных корреляционных связей, определяемых относительным пространственным положением плотностей распределения вероятностей сигналов объекта и фона и, в частном случае, представляющих собой эллипсоиды рассеяния в многомерном спектральном пространстве [7].

В работе [9], где рассматривается двумерное спектральное пространство, показано, что вероятность правильного обнаружения зависит от пространственного положения эллипсов рассеяния сигналов объекта и фона относительно вектора, отображающего разность математических ожиданий объекта и фона. Максимальное значение вероятности правильного обнаружения реализуется в том случае, если направление вектора разности математических ожиданий совпадает с малой осью эллипсов рассеяния сигналов объекта и фона, а минимальное значение, — когда вектор разности совпадает с большой осью эллипсоида рассеяния.

Поскольку свойства оптимальной обработки сигналов зависят от взаимного пространственного положения эллипсоидов рассеяния опорных и входных сигналов объекта и фона, то с целью повышения качественных показателей обработки при неизвестных корреляционных характеристиках входных сигналов предложено в качестве опорных сигналов использовать некогерентные опорные сигналы с коэффициентом корреляции равным нулю, и обладающих пространственной симметрией.

Следовательно, целью настоящей статьи является разработка метода преддетекторной обработки оптических сигналов при использовании, которого отношение дивергенции Кульбака-Лейблера на выходе фильтра к значению дивергенции, выступающего в роли критерия согласованности оптимальной обработки, в меньшей степени зависело бы от различия корреляционных характеристик входных и опорных сигналов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Произведем анализ свойств устройства обработки оптических сигналов, когда на его вход поступает сигнал с корреляционными характеристиками, отличающимися от ожидаемых. Предположим, что различия состоят в том, что главные оси эллипсоидов рассеяния (собственные векторы корреляционных матриц) входных и опорных сигналов не совпадают. При этом считаем, что устройство оптимизировано для характеристик опорного сигнала.

Анализ свойств устройства обработки произведем с использованием критерия согласованности оптимальной обработки оптических сигналов. Метод оценивания согласованности оптимальной обработки сигналов в оптико-электронных системах состоит в использовании их информационных характеристик. Информация о разделимости природных объектов содержится в основном в спектральных распределениях оптических сигналов, и, следовательно, ее количество может быть определено через дивергенцию Кульбака-Лейблера, которая представляет собой взаимную информативную меру удаленности друг от друга двух вероятностных спектральных распределений сигналов объекта и фона.

Таким образом, если сохраняется равенство информационных мер, определяющих удаленность вероятностных спектральных распределений сигнала объекта и фона на выходе и входе фильтра, то обеспечивается согласованность между спектральными характеристиками входных и опорных сигналов, участвующих в формировании управляющих сигналов динамического фильтра.

Пусть принимаемые k -мерные реализации при условиях наличия сигналов объекта и фона подчинены нормальному закону с соответствующими плотностями:

$$p_{\text{обх}}(\vec{X}) = N(\vec{\mu}_{\text{обх}}, \Gamma_{\text{обх}});$$

$$p_{\text{фвх}}(\vec{X}) = N(\vec{\mu}_{\text{фвх}}, \Gamma_{\text{фвх}}),$$

где $\vec{\mu}_{\text{обх}}$ и $\vec{\mu}_{\text{фвх}}$ — математические ожидания сигналов объекта и фона; $\Gamma_{\text{обх}}$ и $\Gamma_{\text{фвх}}$ — корреляционные матрицы сигналов объекта и фона.

Тогда взаимная информационная мера — дивергенция Кульбака-Лейблера для сигналов на входе устройства обработки $D_{\text{вх}}$ записывается в следующем виде [4]:

$$D_{\text{вх}} = \frac{1}{2} \left[\vec{\xi}_{\text{вх}}^T (\Gamma_o^{-1} + \Gamma_{\phi}^{-1}) \vec{\xi}_{\text{вх}} + \text{tr}(\Gamma_o^{-1} \Gamma_{\phi} + \Gamma_{\phi}^{-1} \Gamma_o - 2I) \right], \quad (1)$$

где $\vec{\xi}_{\text{вх}} = \vec{\mu}_{\text{обвх}} - \vec{\mu}_{\text{фвх}}$ – разностный вектор математических ожиданий объекта и фона на входе устройства; I – единичная матрица; $\text{tr}(\cdot)$ – след матрицы.

Дивергенция Кульбака-Лейблера на выходе устройства обработки $D_{\text{вых}}$ определяется следующим образом

$$D_{\text{вых}} = \frac{1}{2\sigma_o^2\sigma_{\phi}^2} \left[(\sigma_o^2 + \sigma_{\phi}^2)\zeta^2 + (\sigma_o^2 - \sigma_{\phi}^2)^2 \right], \quad (2)$$

где $\zeta = \vec{F}_H^T \vec{\xi}_{\text{вх}}$ – разность математических ожиданий сигналов объекта и фона на выходе устройства; $\sigma_o^2 = \vec{F}_H^T \Gamma_o \vec{F}_H$ и $\sigma_{\phi}^2 = \vec{F}_H^T \Gamma_{\phi} \vec{F}_H$ – дисперсии объекта и фона на выходе устройства соответственно; $\vec{F}_H = \|f_i\|$ – нормированный вектор фильтра, обеспечивающего оптимальную обработку.

Рассмотрим случай, когда принимаемые k -мерные реализации при условиях наличия сигналов объекта и фона имеют одинаковые корреляционные характеристики $\Gamma_{\text{обвх}} = \Gamma_{\text{фвх}} = \Gamma_{\text{вх}}$. При этом вектор фильтра определялся тоже в предположении, что корреляционные характеристики опорных сигналов объекта фона равны $\Gamma_{\text{ооп}} = \Gamma_{\text{фоп}} = \Gamma_{\text{оп}}$.

Выражение для вектора фильтра \vec{F}_H , полученное в работе [2] из отношения правдоподобия, имеет следующий вид:

$$\vec{F}_H = r \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \vec{\xi}_{\text{оп}}, \quad (3)$$

где $\vec{\xi}_{\text{оп}} = \vec{\mu}_{\text{ооп}} - \vec{\mu}_{\text{фоп}}$ – разностный вектор математических ожиданий опорных сигналов объекта и фона; r – нормирующий множитель.

Тогда отношение взаимной информационной меры на выходе устройства обработки $D_{\text{вых}}$ к ее величине на входе $D_{\text{вх}}$ может быть представлено в таком виде:

$$R = \frac{D_{\text{вых}}}{D_{\text{вх}}} = \frac{(\vec{\xi}_{\text{оп}}^T \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \vec{\xi}_{\text{вх}})^2}{\vec{\xi}_{\text{оп}}^T \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \Gamma_{\text{вх}} \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \vec{\xi}_{\text{оп}} \vec{\xi}_{\text{вх}}^T \Gamma_{\text{вх}}^{-1} \vec{\xi}_{\text{вх}}} \cdot 1 \quad (4)$$

Построим зависимость критерия согласованности оптимальной обработки $R(\alpha)$ от угла поворота α входной корреляционной матрицы относительно опорной. Для этого представим зависимость между корреляционными матрицами входных и опорных сигналов в следующем виде:

$$\Gamma_{\text{вх}}(\alpha) = E(\alpha) \Gamma_{\text{оп}} E(\alpha)^T, \quad (5)$$

где $E(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$ – матрица поворота.

На рис. 1 в двумерном спектральном пространстве (λ_1, λ_2) изображены эллипсы рассеяния сигналов входных (пунктирная линия) и опорных (сплошная линия) сигналов объекта и фона. Здесь α – угол между собственными векторами входной $\vec{\phi}_{1\text{вх}}$ и опорной $\vec{\phi}_{1\text{оп}}$ корреляци-

онных матриц; β – угол между собственным вектором $\vec{\phi}_{1\text{оп}}$ опорной корреляционной матрицы и вектором $\vec{\xi}$ разности математических ожиданий сигналов объекта и фона.

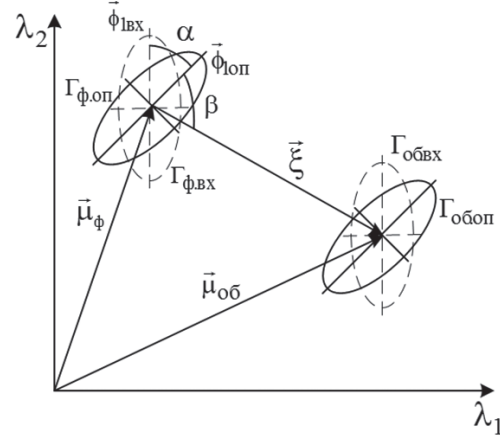


Рис. 1. Эллипсы рассеяния входных и коррелированных сигналов объекта и фона в двумерном спектральном пространстве (λ_1, λ_2)

Подставляя (5) в (4) и полагая, что выполняется равенство разностных векторов математических ожиданий входного и опорного сигналов $\vec{\xi}_{\text{вх}} = \vec{\xi}_{\text{оп}} = \vec{\xi}$, получим

$$R(\alpha) = \frac{(\vec{\xi}^T \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \vec{\xi})^2}{\vec{\xi}^T \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \Gamma_{\text{вх}}(\alpha) \Gamma_{\text{оп}}^{-1} \vec{\xi}} \frac{1}{\vec{\xi}^T \Gamma_{\text{вх}}(\alpha)^{-1} \vec{\xi}} \cdot 1 \quad (6)$$

С использованием выражения (6) построим зависимости $R(\alpha)$, когда угол между большой осью эллипсоида рассеяния опорного сигнала и вектором $\vec{\xi}_{\text{вх}} = \vec{\xi}_{\text{оп}} = \vec{\xi}$, принимает значения следующие значения: $\beta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$.

Как видно из полученных графиков (рис. 2, а) и рис. 2, б)) согласованность $R(\alpha)$ оптимального фильтра зависит от нескольких параметров, во-первых, от угла поворота α опорной и входной корреляционных матриц, во-вторых, от угла β – пространственного положения эллипсоидов рассеяния относительно вектора $\vec{\xi}$ разности математических ожиданий объекта и фона. Из анализа графиков следует, что наибольшее рассогласование проявляются при условии, когда $\beta = 45^\circ$, $\alpha \approx 60$ и $\rho \geq 0,5$.

Переходя к обсуждению предложений, направленных на повышение эффективности обработки оптических сигналов с неизвестными корреляционными характеристиками, отметим следующее. Пусть при равенстве корреляционных матриц входных сигналов объекта и фона $\Gamma_{\text{фвх}} = \Gamma_{\text{обвх}}$ на вход устройства обработки поступает сигнал с неизвестными корреляционными характеристиками, которые отличаются от характеристик опорного сигнала (пространственное положение эллипсоидов рассеяния входных и опорных сигналов не совпадают). При этом выполняется равенство разностных векторов математических ожиданий входного и опорного сигнала $\vec{\xi}_{\text{вх}} = \vec{\xi}_{\text{оп}} = \vec{\xi}$.

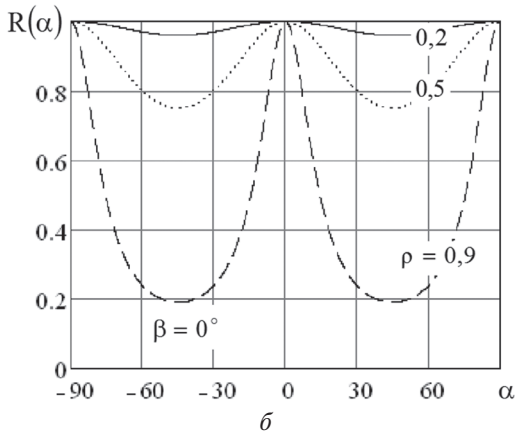
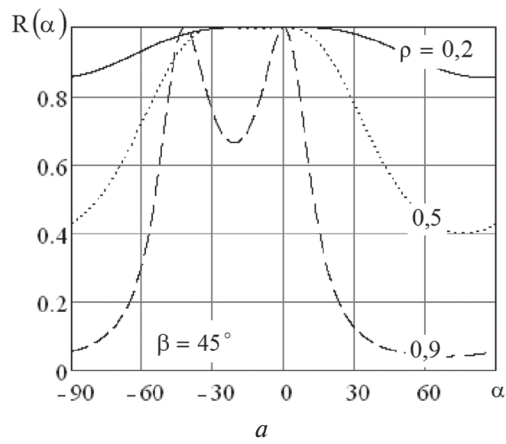


Рис. 2. Зависимости нормированной дивергенции Кульбака-Лейблера $R(\alpha)$ от угла α при $\beta = 0^\circ, 90^\circ$ (а) и $\beta = 45^\circ$ (б) для различных значений ρ

В рассматриваемом случае целесообразно в качестве опорных сигналов использовать некоррелированные опорные сигналы объекта и фона, которые обладают пространственной симметрией, и описываются единичной корреляционной матрицей (см. рис. 3). Это означает, что устройство обработки должно быть оптимизировано для сигналов с корреляционной матрицей

$$\Gamma_{оп} = I.$$

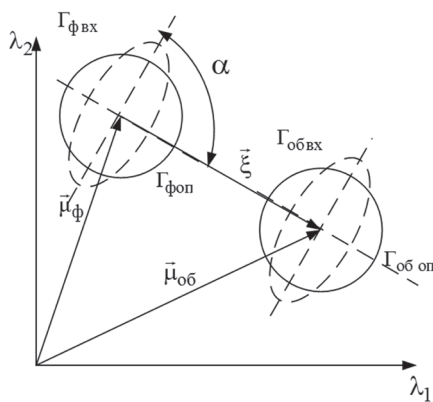


Рис. 3. Эллипсы рассеяния входных (пунктирная линия) и некоррелированных (сплошная линия) сигналов объекта и фона в двумерном спектральном пространстве (λ_1, λ_2)

Тогда параметр согласованности будет определяться как

$$R(\alpha) = \frac{(\vec{\xi}^T \vec{\xi})^2}{\vec{\xi}^T \Gamma_{вх}(\alpha) \vec{\xi} \vec{\xi}^T \Gamma_{вх}^{-1}(\alpha) \vec{\xi}}, \quad (7)$$

где $\Gamma_{вх}(\alpha) = E \Gamma E^T$ – входная матрица, совершающая поворот в спектральном пространстве на угол α .

С использованием выражения (7) построены зависимости нормированной дивергенции Кульбака-Лейблера $R(\alpha)$ от угла поворота входной корреляционной матрицы относительно вектора $\vec{\xi}$ (считаем, что $\beta = 0^\circ$) для следующих значений коэффициента корреляции входного сигнала: $\rho = 0,2$; $\rho = 0,5$; $\rho = 0,9$. Полученные графики представлены на рис. 4.

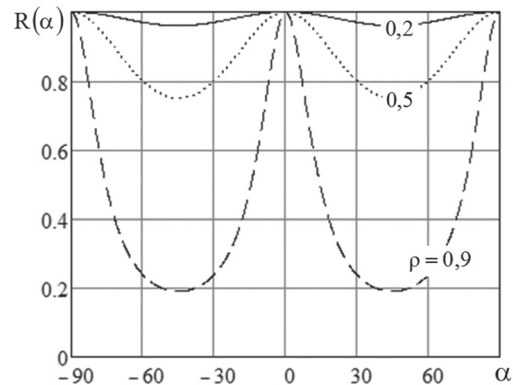


Рис. 4. Зависимости нормированной дивергенции Кульбака-Лейблера $R(\alpha)$ от угла α для различных значений ρ при использовании некоррелированных опорных сигналов

Анализ графиков, построенных для коррелированных опорных сигналов (рис. 2) и некоррелированных (рис. 4), позволяет сделать следующие выводы. При использовании некоррелированных опорных сигналов нормированная дивергенция не зависит от угла β , а ее зависимость от угла α полностью совпадает с $R(\alpha)$ (рис. 2, б)), которая полученная при использовании коррелированных опорных сигналов при $\beta = 0^\circ, 90^\circ$. При малых значениях коэффициента корреляции, например, $\rho = 0,2$ величина нормированной дивергенции Кульбака-Лейблера $R(\alpha)$ примерно одинакова. Однако при некоторых параметрах, например $\rho \geq 0,5$ $\alpha \approx 60^\circ$ и $\beta = 45^\circ$ при некоррелированных опорных сигналах, возможно получить выигрыш более чем в три раза.

ВЫВОДЫ

На практике в устройствах оптимальной обработки оптического излучения сложно обеспечить полное соответствие между характеристиками входных и опорных (ожидаемых) сигналов.

Рассмотрен случай, когда при равенстве корреляционных матриц входных сигналов объекта и фона $\Gamma_{фвх} = \Gamma_{обвх}$ и равенстве разностных векторов математических ожиданий входного и опорного сигналов $\vec{\xi}_{вх} = \vec{\xi}_{оп}$ пространственное положение эллипсоидов рассеяния входных и опорных сигналов не совпадают. Это означает, что на вход устройства обработки поступает сиг-

нал с неизвестными корреляционными характеристиками. Предложен метод, состоящий в том, что в качестве опорных сигналов используются некоррелированные сигналы, принадлежащие объекту и фону с коэффициентом корреляции равным нулю.

Проверка эффективности метода производилась с использованием критерия согласованности оптимальной обработки сигналов, который состоит в равенстве единице отношения дивергенции Кульбака-Лейблера на выходе фильтра к значению дивергенции на его входе. Показано, что при некоторых параметрах входных сигналов применение некоррелированных опорных сигналов позволяет получить выигрыш более чем в три раза.

Литература

- [1] *Manolakis D.* Hyperspectral image processing for automatic target detection applications / D. Manolakis, D. Marden, G.A. Shaw // *Lincoln Laboratory Journal*. – 2003. – V. 14, n. 1. – P. 79–113.
- [2] *Купченко Л. Ф.* Динамическая спектральная фильтрация оптического излучения в оптоэлектронных системах / Л. Ф. Купченко, А. С. Рыбьяк // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – Международный научно-технический журнал. – М.: Радиотехника, 2011. – Т. 16. Вып. 4. – С. 32–43.
- [3] *Купченко Л. Ф.* Динамическая спектральная фильтрация оптического излучения в оптоэлектронных системах обнаружения объектов / Л. Ф. Купченко, А. С. Рыбьяк // 5-й Международный радиоэлектронный форум “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития” МРФ-2014. Сборник научных трудов: материалы форума в 3-х томах. – Х.: АНПРЭ, ХНУРЕ, 2011. – Том. I. Ч. 2. – С. 151–153.
- [4] *Акустооптические эффекты при сильном взаимодействии: теория и эксперимент (Метод непрерывных дробей при решении акустооптических задач) / под ред. д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко: Монография. – Х.: ООО «ЭДЕНА», 2009. – 264 с.*
- [5] Пат. US006353673B1, Real-time opto-electronic image processor / P. I. Shnitser, et al. ; заявник Physical Optics Corporation. – 05.03.2002.
- [6] *Купченко Л. Ф.* Обнаружение объектов по спектральным признакам в оптоэлектронных системах с использованием принципов динамической фильтрации. / Л. Ф. Купченко, А. С. Рыбьяк, В.В. Проклов, С.Н. Антонов // *Прикладная радиоэлектроника*. – 2011. Т. 10, № 1. – С. 22–25.
- [7] *Васильева И.К., Понкратова И.А.* Влияние степени корреляции признаков на результаты распознавания объектов по данным моделирования двумерных нормальных совокупностей. – *Радиоэлектронные компьютерные системы*. 2009, № 1(35). – С. 73–76.
- [8] *Фукунага К.* Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага; пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 367 с.
- [9] *Купченко Л. Ф.* Критерий согласованности оптимальной обработки сигналов в оптоэлектронных системах с динамической спектральной фильтрацией / Л. Ф. Купченко, А. С. Рыбьяк // *Системы озброєння і військова техніка*. – 2015, №1(41). – С.120–123.

Поступила в редколлегию 2.06.2015

Купченко Леонид Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: акустооптика, акустоэлектроника, изображающая спектроскопия, оптико-электронные системы.



Рыбьяк Анатолий Степанович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: акустооптика, акустоэлектроника, изображающая спектроскопия, оптико-электронные системы.



Гурин Олег Александрович, адъюнкт Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: акустооптика, акустоэлектроника, изображающая спектроскопия, оптико-электронные системы.

УДК 681.78

Додетекторна обробка оптичного випромінювання в оптико-електронних системах при відмінності кореляційних характеристик вхідних та опорних сигналів / Л.Ф. Купченко, А.С. Риб'як, О.О. Гурін // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2015. – Том 14. – № 2. – С. 166–170.

Викладено метод підвищення якісних показників обробки оптичних сигналів в оптико-електронних системах з динамічною спектральною фільтрацією при відмінності кореляційних характеристик вхідних і опорних сигналів. Метод полягає в тому, що як опорні використовуються сигнали з одиначною кореляційною матрицею. Для перевірки ефективності методу використовувався критерій узгодженості оптимальної обробки сигналів, який полягає в рівності одиниці відношення дивергенції Кульбака-Лейблера на виході фільтра до значення дивергенції на його вході. Показано, що якщо в багатовимірному спектральному просторі напрямок власних векторів кореляційних матриць вхідних і опорних сигналів не співпадають, то використання некорельованих опорних сигналів для об'єкта і фону, що володіють просторовою симетрією, дозволяє зменшити величину неузгодженості.

Ключові слова: дивергенція Кульбака-Лейблера, динамічна спектральна фільтрація, оптимальна обробка оптичних сигналів.

Лл.: 4. Бібліогр.: 9 найм.

УДК 681.78

Optical radiation predetector processing in electro-optical systems with different characteristics of input and reference signals / L.F. Kupchenko, A.S. Rubiak, O.A. Goorin // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2015. – Vol. 14. – № 2. – P. 166–170.

The article presents the method of increasing qualitative indices of optical signal processing in electro-optical systems with dynamic spectral filtering viewing the different correlation characteristics of input and reference signals. The method is based on the fact that the signals with identity correlation matrix are used as reference ones. The criterion of matching optimal signal processing was used to test the effectiveness of the method. It consists in equal unity relations of Kullback-Leibler divergence of the output filter to the value of the divergence at its entrance. The article shows that if in a multi-dimensional spectral space direction of the eigenvectors of the correlation matrix of the input and reference signals do not match, then the use of non-correlated reference signals for object and background, having spatial symmetry, enables to reduce the magnitude of the mismatch.

Keywords: Kullback-Leibler divergence, dynamic spectral filtering, optimal processing of optical signal.

Fig.: 4. Ref.: 9 items.