

УДК 621.396

А.М.Ящук, С.В.Яцугин
**СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ИК-ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИМЕЮЩИХ
ИСКАЖЕНИЯ И ШУМЫ**

*Воронежский институт высоких технологий
Российский новый университет*

В данной работе проводится анализ алгоритмов, связанных с автоматическим распознаванием на основе оптико-электронных систем. В качестве обобщенного критерия эффективности при наблюдении в информационных системах используются такие параметры, как время и надежность прогнозов по развитию наблюдаемых ситуаций или процессов. Отмечается, что необходимо освободить операторов от выполнения рутинных операций и довести до них необходимое и достаточное множество данных и прогнозов, исходя из которого, они при большом значении достоверности, будут принимать решения для широкого диапазона меняющихся условий наблюдения. На основе количественных данных есть возможности краткосрочного прогнозирования маневров объектов, учета окружающей обстановки для разных диапазонов длин волн, для нивелирования шума используют два источника сигнала, для коррекции: излучатель, имеющий известную температуру и сигнал сцены.

Ключевые слова: ИК-изображение, искажение, шум, обработка сигналов.

Задачи, связанные с разработкой цифровых алгоритмов, направленных на автоматическое распознавание, являются весьма актуальными, поскольку существует практическая необходимость в разработке способов формирования методик, касающихся обработки и предъявления операторам информации, когда меняются условия наблюдения [1-3].

Проведение разработки цифровых алгоритмов, которые связаны с автоматическим распознаванием на основе оптико-электронных систем (ОЭС), применительно к процессам дистанционного зондирования объектов, имеющих сложную форму, при воздействии различных помех связано с экспериментальными поисками. Важной задачей в современном оптико-электронном приборостроении является распознавание информации, которая передается от определенного числа каналов ОЭС, при этом происходит автоматическая адаптация по критериям выбора и степени приоритета тех признаков объектов и помех, которые могут считаться отличительными для каждого из спектральных каналов, когда меняются условия наблюдения.

Процедура, связанная с обработкой изображения – это обязательная компонента в общей процедуре, направленная на обработку сигнала при преобразовании информации, когда она идет от фотоприемного устройства к оператору [4, 5].

Проведение выбора алгоритма обработки изображений определяется тем, насколько они полезны и пригодны. Если говорить о технических средствах, касающихся получения информации, то задачи

ОЭС заключаются в том, чтобы получить такую информацию, которая дала бы возможности для операторов делать надежные прогнозы по развитию наблюдаемых ситуаций, причем, чем для большего промежутка времени, дается надежный прогноз, то тем лучшим образом работает система в целом.

В качестве количественного критерия эффективности в информационной системе мы можем считать время таких прогнозов, а надежность традиционным образом оцениваем на основе вероятностных характеристик. Время прогноза того, как будет развиваться ситуация должно превосходить время, требующееся для того, чтобы принять решение и выполнить со стороны оператора ответные упреждающие действия.

Указанный подход является пригодным в медицинских оптико-электронных приборах, в экологических дистанционных обследованиях и в военной сфере. Кроме этого, его можно применять в большинстве других технических средств, то есть эффективность разных, с точки зрения физических принципов, приборов можно сравнивать, например это – радиолокационные, гидроакустические, ультразвуковые и тепловизионные приборы в медицинской диагностике и др.

В качестве обобщенного критерия эффективности в информационных системах, а также ОЭС мы можем использовать такие параметры, как время и надежность прогнозов по развитию наблюдаемых ситуаций или процессов.

Величина надежности прогноза связана, в первую очередь, с тем, какова достоверность той информации, которую мы получаем. Мы говорим не о количественном (Шенноновском) анализе информационных источников, а о том, какова содержательная структура информации, которую воспринимает оператор, она является понятной без проведения дополнительных расшифровок, достоверной и ее нет необходимости перепроверять или уточнять.

Если говорить о понятии достоверности интерпретации информации, то ее довольно легко представлять на основе количественного подхода в проблемах, касающихся обнаружения, распознавания и классификации объектов. Мы имеем ввиду объекты, для которых мы можем рассчитать или измерить соответствующую вероятность по правильному решению задачи для соответствующего иерархического уровня принятия решений, временной интервал распространения сигнала или дистанцию до объекта.

Более сложной трактовкой понятия интерпретации информации являются случаи, когда оператором исходя из того, какова содержательная структура в тепловизионном изображении, делается выбор одного варианта решения из нескольких, и ее можно считать характерной в

медицинских, промышленных и экологических областях использования ОЭС.

В существующих условиях увеличение достоверности информации, которая наблюдается на основе современных ОЭС, мы можем напрямую связать с ростом их чувствительности, а также разрешающей способности. Но в некоторых приложениях мы можем читать, что этого недостаточно. Например, в системах, которые имеют несколько каналов, достижение потенциальных преимуществ (для многоспектральной ОЭС), ведет к проблеме адаптации к существующим условиям по приоритетам отличительных признаков, которые регистрируются для различных каналов. Довольно часто выход находят в том, что используют дополнительную информацию, которая представлена как количественные (тепловизионные, радиометрические, фотометрические и др.) данные, их непосредственным образом включают в соответствующие алгоритмы, связанные с обработкой информации.

Для областей, касающихся специального использования ОЭС степень достоверности информации связана не столько с тем, какова их пороговая чувствительность, но тем, какова помехозащищенность, то есть, какая способность по выделению требуемых объектов, когда присутствуют сложные фоновые и организованные помехи [6]. В этой связи, прямое увеличение значений потенциальных пороговых чувствительностей и разрешающих способностей уже не приводит к пропорциональному приросту эффективности ОЭС, так как одновременным образом происходит увеличение вклада фоновых помех. Проведение обработки изображений в таких случаях чаще всего связано с дискриминацией отображения таких их деталей, которые априорным образом относятся к помехам.

В качестве критериев сравнения мы можем рассматривать или величину времени, которая требуется для оператора при принятии правильных решений относительно изображения без процессов обработки и после процессов обработки определенными способами, или множество вероятностей по правильным и ошибочным решениям до и после процессов обработки, когда при прочих равных условиях используются единые тестовые сюжеты. Изначальным образом процессы получения тепловизионных и термографических изображений ориентированы на то, что они воспринимаются операторами, в этой связи для того, чтобы получить количественную оценку эффективности различных алгоритмов, связанных с обработкой изображений, мы можем применять все методы, базирующиеся на экспертных оценках времени и вероятностях правильного обнаружения и процессов распознавания тестового объекта.

Особенности развития ОЭС новых поколений связаны с тем, что расширяются физические характеристики оптического поля, которые

регистрируются и привлекаются для анализа отличительных признаков в визуализируемых объектах. Проведение регистрации дополнительных устойчивых отличительных признаков может привести к качественному выигрышу в достоверности того, как интерпретируется получаемая информация. На основе таких идей можно сделать реализацию ОЭС следующих поколений.

Но прямое увеличение числа объединяемых каналов для многоспектральной ОЭС ведет к столь существенному увеличению нагрузки на операторов, что когда применяют традиционные способы обработки и доведения до них информации, нет реализации потенциальных возможностей ОЭС. Величина их эффективности имеет ограничения, связанные с тем, что операторы не могут в течение длительного времени достоверным образом делать выделение требуемых объектов, когда присутствуют сложные естественные и искусственные помехи, особенно когда происходит смена приоритета в отличительных признаках объектов и помех для изменяющихся условий наблюдения.

С тем, чтобы реализовать потенциальные возможности требуется освободить операторов от выполнения рутинных операций и довести до них необходимое и достаточное множество данных и прогнозов, исходя из которого они при большом значении достоверности, будут принимать решения для широкого диапазона меняющихся условий наблюдения.

Некоторыми авторами [6] дается описание практических приемов, направленных на то, чтобы решить такие задачи, основываясь на измерении скоростей движения объектов в плоскостях их визуализации. На основе количественных данных есть возможности прогнозирования (краткосрочного) маневров объектов и, исходя из того, совпадают или не совпадают результаты прогнозов с существующим положением объекта, выносят решения более высоких уровней - это может быть связано с предварительной классификацией и даже определением параметров вектора движения объектов.

В существующих условиях технические возможности, связанные с созданием систем, которые получают информацию по особенностям окружающей обстановки для различных диапазонов длин волн электромагнитных излучений, являются опережающими по сравнению с теоретической базой, которая обосновывает наиболее эффективное применение такой информации. В современных системах осуществляют лишь выбор тех приоритетных спектральных каналов, в которых в данные моменты времени мы обеспечиваем наибольшее отношение полезных сигналов к множеству внешних и внутренних помех. Но достоинства в совместном автоматическом анализе спектральных характеристик оптических полей с точки зрения потенциальных возможностей, значительно больше: этот анализ дает повышение помехоустойчивости

многоспектральных ОЭС, дает возможности для операторов надежным образом делать прогнозы их развития [7].

Проведение разработок по цифровым алгоритмам автоматического распознавания на основе многоспектральных ОЭС, проводящих дистанционное зондирование динамических объектов, имеющих сложную форму для фона естественных и организованных помех можно охарактеризовать как совокупность большого числа экспериментальных поисков [8-11].

Следующий важный фактор, который определяет развитие ОЭС, связан с применением матричных фотоприемников (МФП), которые заменяют отдельные детекторы ИК-излучения и линейки фотоэлементов. Но для получаемого на основе МФП изображения возникает неравномерность в изображении, которая видна как светлые или темные полосы - "геометрический шум". Это связано с особенностями технологии формирования приемников ИК-излучения и тем, какова зависимость откликов отдельных элементов в МФП от внешних излучений.

Для того, чтобы нивелировать шум применяют два источника сигнала, чтобы проводить коррекцию: излучатель, имеющий известную температуру и сигнал сцены (говорят о расфокусированном изображении или наблюдаемом оператором).

Параметрами коррекции в сигнале считают источник сигнала с целью осуществления коррекции неравномерности; модель, описывающую отклик элемента МФП [12, 13]; режимы калибровок; величину инерционности коррекции; число кадров, требуемых для процессов компенсации; процесс движения МФП; фильтрацию сигналов сцены.

Для того, чтобы проводить коррекцию применяют разные модели (линейная, полиномиальная, экспоненциальная, нелинейная (в том числе нейросеть)) откликов элементов МФП. В определенных случаях предполагают применение двух режимов работы МФП: калибровка (проведение вычислений по параметрам модели или сигналов компенсации) и рабочий режим (проведение компенсации неравномерности). Для комбинированных методов можно сделать совмещение обоих режимов.

Инерционность коррекции подразумевает то, что возможно появление следов за изображением от перемещающихся объектов визуализации.

Перемещение МФП может достигаться как на основе поворота всей камеры, так и при смещении МФП по одному элементу. Проведение фильтрации сигнала основывается на применении для процессов обработки временного, частотного и пространственного фильтров, это могут быть временные ВЧ-фильтры, фильтры вида МФП "grid noise",

гомоморфные фильтры и др. Фильтрацию можно осуществлять перед тем, как компенсируется неравномерность.

Методы, применяющие тест-объект, базируются на том, что для плоскости МФП формируют излучение, имеющее известный закон изменения интенсивности сигналов в пространстве (в качестве примера, можно создать постоянную интенсивность излучения для всей площади МФП). Тогда величина откликов от любых элементов должна быть одинаковой.

Тест-источниками, имеющими равномерное излучение могут быть эталонные ИК-излучатели, имеющие известную температуру или расфокусированное изображение по наблюдаемой сцене.

Метод, связанный с проведением предварительной калибровки МФП, основывается на таком алгоритме:

- для этапа формирования устройства с МФП осуществляется оценка неравномерности чувствительности элементов для эталонных объектов;
- проводится формирование параметрической модели, описывающей неравномерность в темновых токах и чувствительность по временному дрейфу в отклике элементов МФП;
- осуществляют оценку неравномерности при функционировании, на величину которой проводится коррекция наблюдения сцены по текущему кадру.

Метод рассмотрения сигналов от наблюдаемых сцен для ОЭС со сканирующим типом базируется на том, что проводится двухточечная коррекция и предварительная калибровка МФП. В результате, для систем, относящихся к "смотрящему" типу, где нельзя допустить прерывание функционирования для того, чтобы выполнить калибровку, целесообразным является применение алгебраических алгоритмов, использующих сигналы сцены и непрерывным образом калибруемых элементов МФП.

В результате, методы, применяющие сигналы от наблюдаемых сцен, определяют необходимость в дополнительных средствах или времени для того, чтобы компенсировать неравномерность, так как применяется процедура дополнительной компенсации по самому сигналу в наблюдаемой сцене на базе статистических подходов, методов фильтрации или с использованием передвижения МФП (проведение микросканирования или перемещения МФП для шага, который равен одному элементу [80]; перемещение камеры с МФП).

ЛИТЕРАТУРА

1. Преображенский А.П. Построение радиолокационных изображений объектов / А.П.Преображенский, Ю.П.Хухрянский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2005. Т. 1. № 8. С. 20-23.
2. Преображенский А.П. Алгоритмы прогнозирования радиолокационных характеристик объектов при восстановлении радиолокационных изображений / А.П.Преображенский, О.Н.Чопоров // Системы управления и информационные технологии. 2004. Т. 17. № 5. С. 85-87.
3. Преображенский Ю.П. Оценка эффективности применения системы интеллектуальной поддержки принятия решений / Ю.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 5. С. 116-119.
4. Чутченко Ю.Е. Исследование возможности улучшения качества изображения / Ю.Е.Чутченко, А.П.Преображенский / Территория науки. 2007. № 3. С. 364-369.
5. Пекшев Г.А. Гало-система с интерактивным управлением / Г.А.Пекшев // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1 (16). С. 67-71.
6. Можейко В. И. Телевизионные методы сопровождения объектов в сложных условиях наблюдения / В. И.Можейко, Н. А.Обухова, Б. С.Тимофеев, В. Т.Фисенко, Т. Ю.Фисенко // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 8. С. 20-29; 30-37.
7. Белоусов Ю. И. Учет характеристик флуктуаций фонового излучения пригоризонтной области моря в алгоритмах обработки сигналов инфракрасных приборов / Ю. И.Белоусов, Д. В.Иванов // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 8. С. 43-49.
8. Коденцев Е.И. Некоторые характеристики радиочастотной идентификации / Е.И.Коденцев, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 22-23.
9. Головинов С.О. Цифровая обработка сигналов / С.О.Головинов, С.Г.Миронченко, Е.В.Щепилов, А.П.Преображенский // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2009. № 4. С. 064-065.
10. Завьялов Д.В. О применении информационных технологий / Д.В.Завьялов // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-1. С. 71-72.
11. Ерасов С.В. Оптимизационные процессы в электродинамических задачах / С.В. Ерасов // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2013. № 10. С. 20-26.

12. Болучевская О.А. Свойства методов оценки характеристик рассеяния электромагнитных волн / О.А.Болучевская, О.Н.Горбенко // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2013. № 3. С. 4.
13. Максимова А.А. Методы исследования характеристик рассеяния электромагнитных волн объектами / А.А.Максимова, А.Г.Юрочкин // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1 (16). С. 53-56.
14. Шмидт В. К. Моделирование и визуализация локальных областей на поверхности Земли при наблюдении со спутника / В. К.Шмидт, Г. Б.Галикеев, Ф. Ф.Горбацевич, А. С.Кудрявцев // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52, № 8. С. 53-57.

A.M.Yaschuk, S.V.Yacutin

**THE METHODS OF PROCESSING OF IR-IMAGES
WITH DISTORTION AND NOISE**

*Voronezh Institute of High Technologies
Russian new university*

In this paper the analysis of algorithms related to automatic recognition on the basis of opto-electronic systems is carried out. As a generalized criterion of efficiency in the monitoring of information systems use parameters such as time and reliability of forecasts for the development of observed situations or processes is shown. It is noted that it is necessary to release operators from routine operations and to bring to them the necessary and sufficient variety of data and forecasts on the basis of which they the importance of reliability to make decisions for a wide range of changing conditions of observation. Based on quantitative data there are opportunities for short-term forecasting of the maneuvers of the objects of accounting of the environment for different wavelength ranges, to compensate for noise using two sources of signal for the correction: transducer, having a known temperature and a signal of the scene.

Keywords: IR-image, distortion, noise, signal processing.

REFERENCES

1. Preobrazhenskiy A.P. Postroenie radiolokatsionnykh izobrazheniy ob"ektov / A.P.Preobrazhenskiy, Yu.P.Khukhryanskiy // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2005. Vol. 1. No. 8. pp. 20-23.
2. Preobrazhenskiy A.P. Algoritmy prognozirovaniya radiolokatsionnykh kharakteristik ob"ektov pri vosstanovlenii radiolokatsionnykh izobrazheniy / A.P.Preobrazhenskiy, O.N.Choporov // Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii. 2004. Vol. 17. No. 5. pp. 85-87.

3. Preobrazhenskiy Yu.P. Otsenka effektivnosti primeneniya sistemy intellektual'noy podderzhki prinyatiya resheniy / Yu.P.Preobrazhenskiy // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2009. No. 5. pp. 116-119.
4. Chutchenko Yu.E. Issledovanie vozmozhnosti uluchsheniya kachestva izobrazheniya / Yu.E.Chutchenko, A.P.Preobrazhenskiy / Territoriya nauki. 2007. No. 3. pp. 364-369.
5. Pekshev G.A. Galo-sistema s interaktivnym upravleniem / G.A.Pekshev // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2016. No. 1 (16). pp. 67-71.
6. Mozheyko V. I. Televizionnye metody soprovozhdeniya ob"ektov v slozhnykh usloviyakh nablyudeniya / V. I.Mozheyko, N. A.Obukhova, B. S.Timofeev, V. T.Fisenko, T. Yu.Fisenko // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2009. Vol. 52, No. 8. pp. 20-29; 30-37.
7. Belousov Yu. I. Uchet kharakteristik fluktuatsiy fonovogo izlucheniya prigorizontnoy oblasti morya v algoritmakh obrabotki signalov infrakrasnykh priborov / Yu. I.Belousov, D. V.Ivanov // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2009. Vol. 52, No. 8. pp. 43-49.
8. Kodentsev E.I. Nekotorye kharakteristiki radiochastotnoy identifikatsii / E.I.Kodentsev, A.P.Preobrazhenskiy // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2014. No. 12. pp. 22-23.
9. Golovinov S.O. Tsifrovaya obrabotka signalov / S.O.Golovinov, S.G.Mironchenko, E.V.Shchepilov, A.P.Preobrazhenskiy // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2009. No. 4. pp. 064-065.
10. Zav'yalov D.V. O primenении informatsionnykh tekhnologiy / D.V.Zav'yalov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2013. No. 8-1. pp. 71-72.
11. Erasov S.V. Optimizatsionnye protsessy v elektrodinamicheskikh zadachakh / S.V. Erasov // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2013. No. 10. pp. 20-26.
12. Boluchevskaya O.A. Svoystva metodov otsenki kharakteristik rasseyaniya elektromagnitnykh voln / O.A.Boluchevskaya, O.N.Gorbenko // Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii. 2013. No. 3. pp. 4.
13. Maksimova A.A. Metody issledovaniya kharakteristik rasseyaniya elektromagnitnykh voln ob"ektami / A.A.Maksimova, A.G.Yurochkin // Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy. 2016. No. 1 (16). pp. 53-56.
14. Shmidt V. K. Modelirovanie i vizualizatsiya lokal'nykh oblastey na poverkhnosti Zemli pri nablyudenii so sputnika / V. K.Shmidt, G. B.Galikeev, F. F.Gorbatsevich, A. S.Kudryavtsev // Izv. vuzov. Priborostroenie. 2009. Vol. 52, No. 8. pp. 53-57.