

УДК 004.932.2

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Румянцев К.Е., Петров Д.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: rke2004@mail.ru

Проведён статистический анализ изображений природных ландшафтов. В качестве тестовых изображений использованы полутоновые изображения в 8-битовой кодировке с приведенным размером 682×512 пикселей. Информативность изображений оценивалась с точки зрения наличия контрастных объектов. На изображениях фиксировались объекты с высоким контрастом, но с низкой информативностью. В процессе анализа рассмотрены значения математических моментов полутоновых изображений. Моделирование показало, что незначительное изменение условий наблюдения приводит к снижению числа обнаруженных информативных особенностей на изображении. Из рассмотренных методов обнаружения худшими характеристиками с точки зрения повторяемости результата обладают методы, основанные на амплитудной селекции особенностей. Подтверждено, что для методов, использующих дифференциальную обработку, характерно меньшее влияние изменения условий наблюдения на число найденных особенностей изображения. При этом для устойчивого выделения точечных особенностей необходимо использование робастного обнаружителя, устойчивого к изменению математического ожидания и среднеквадратичного отклонения фоновой фоновой процесса.

Ключевые слова: точечные особенности, обработка изображений, детекторы точечных особенностей

INFORMATIVITY OF THE NATURAL LANDSCAPE GRAYSCALE IMAGES

Rumyantsev K.E., Petrov D.A.

Southern Federal University, Taganrog, e-mail: rke2004@mail.ru

Authors conducted a statistical analysis of images of natural landscapes, halftone images with common size of 682×512 pixels were used as test images for evaluation, the analysis examined the values of mathematical moments of halftone images. Informativity of image was evaluated in terms of detectable contrast objects presence during observation time, in addition test images were processed to detect objects with high contrast, but with low repeatability and informativity. It is proved that a slight change in the observation conditions leads to a decrease in the number of matchable features detected in the image. Among the above methods of detection worst performance in terms of repeatability have shown methods that based on the features selection by amplitude of elements. Methods that use processing of differentials of amplitudes demonstrated a lower impact of changes in the conditions of observation to the number of detected matchable image features.

Keywords: point features, image processing, feature point detectors

Алгоритмы обработки в бинокулярных системах технического зрения используют принципы фотограмметрии для реконструкции трёхмерной сцены по изображениям от двух видеокамер [3]. Следовательно, для определения пространственного положения (трёхмерных координат) объекта (ориентира) в поле зрения бинокулярной системы необходимо выделить общие характерные признаки объекта на изображениях двух видеокамер [2]. На практике необходимо учитывать тот факт, что измерения производятся при изменении условий наблюдения, причём не только во времени, но и, что более существенно, в пределах изображений трёхмерной сцены [1].

Цель исследований состоит в исследовании информативности полутоновых изображений природных ландшафтов.

Распределения интенсивности излучения в изображениях природных ландшафтов

Принимая во внимание огромное разнообразие изображений различных сцен, которое может быть получено с помощью

телевизионных систем, для анализа выбраны три полутоновых изображения разнотипных природных ландшафтов (в 8-битовой кодировке градаций интенсивности с приведённой размерностью 682×512 пикселей): аэросъёмка (рис. 1), лесной пейзаж (рис. 2) и ледовый ландшафт (рис. 3). Причём тестовые изображения на рисунках представлены слева, а справа – распределения интенсивности излучения (в дальнейшем – интенсивности) в анализируемом изображении, полученные обработкой полутоновых изображений в пакете MATLAB.

Представленный на рисунках материал подтверждает измерения условий наблюдения в пределах изображений трёхмерной сцены. Действительно, математические ожидания интенсивностей излучения в пикселях тестовых изображений различаются примерно в 2 раза от 61,5 до 112,1 при 8-битовой кодировке. Аналогичные различия в 2 раза от 30,75 до 59,05 характерны и для среднеквадратичного отклонения (СКО) интенсивности излучения в элементах изображения.

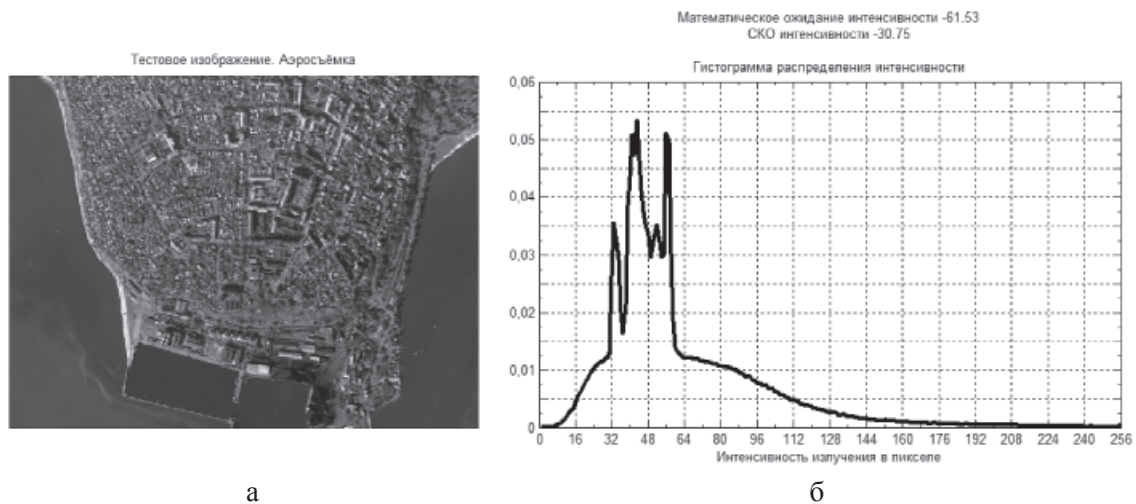


Рис. 1. Тестовая аэросъёмка (а)
и распределение интенсивности излучения (б)

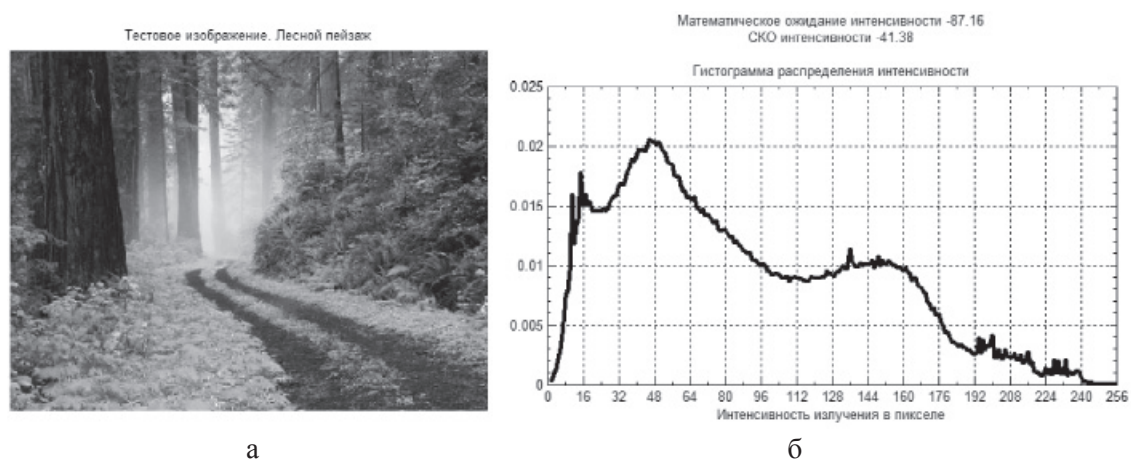


Рис. 2. Тестовое изображение лесного пейзажа (а)
и распределение интенсивности излучения (б)

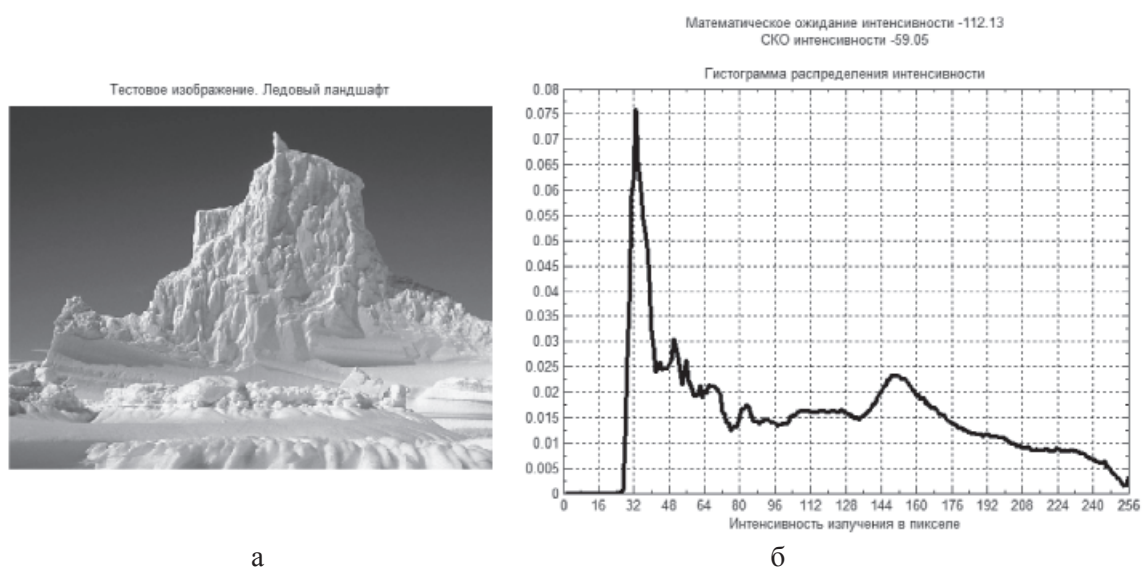


Рис. 3. Тестовое изображение ледового ландшафта с айсбергом (а)
и распределение интенсивности излучения (б)

Кроме того, следует заметить, что форма гистограмм распределения интенсивности излучения различна для разных тестовых изображений. В ледовом ландшафте практически отсутствуют элементы изображения с интенсивностью менее 30. Однако пиковое значение гистограммы соответствует 32. В диапазоне интенсивностей от 40 до 150 плотность распределения изменяется незначительно. При дальнейшем увеличении интенсивности наблюдается медленное монотонное уменьшение значений распределения (доля пикселей).

В целом из рис. 3, а, следует, что в изображении ледового ландшафта велика доля пикселей с высоким уровнем интенсивности излучения (светлых тонов).

Совсем другая картина наблюдается при анализе аэросъемки на рис. 1, а. Практически отсутствуют элементы разложения, интенсивности в которых превышают 150. Наибольшее количество пикселей имеют интенсивности в диапазоне от 32 до 64.

Для описанных изображений на рис. 4 представлены функции распределения интенсивности в пикселях. Функции подтверждают существенные изменения условий наблюдения при выделении точечных особенностей на трёхмерной сцене.

Проведённый анализ тестовых изображений подтверждает актуальность исследований, направленных на обеспечение устойчивого выделения точечных особен-

ностей на трёхмерной сцене при изменяющихся условиях наблюдения.

Распределение интенсивностей в полутоновых изображениях природных ландшафтов

Для снижения объёма вычислений при реконструкции трёхмерной сцены по стереопаре изображений от двух видеокамер используют не все элементы изображения, а лишь заранее определённый набор точечных особенностей ориентиров, например углы в детекторе Харриса или края в детекторе Кэнни [4–6].

Основным недостатком детекторов точечных особенностей является то, что они при идентичных параметрах (например, при одинаковом значении порогового уровня или числе обнаруживаемых точек в детекторе Харриса) или изменении внешних условий наблюдения (например, освещённости сцены) могут давать разные результаты. Это может приводить к тому, что точечной особенности на одном изображении не будет найдено соответствие (сопряжение) на другом изображении стереопары. Помимо этого использование детектора Харриса может приводить к выбору в качестве точечной особенности малоинформативных участков изображения с высоким контрастом (например, мест перехода на изображении между морем и сушей, небом и землёй или растительностью).

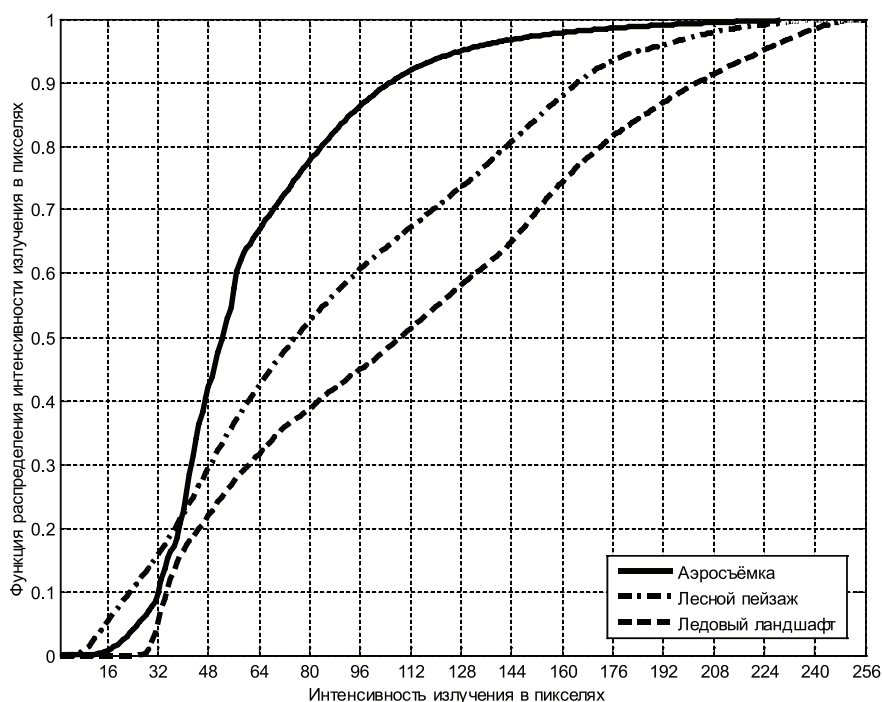


Рис. 4. Функции распределения интенсивности для трёх тестовых изображений

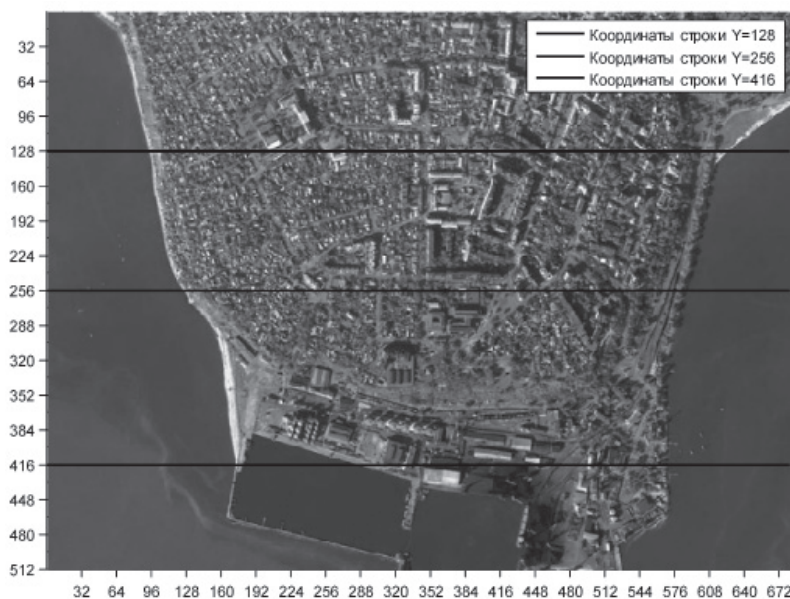


Рис. 5. Тестовая аэросъёмка с тремя строками, в пределах которых производится анализ изменений уровня интенсивности

Действительно, обратимся к аэросъёмке на рис. 5. Здесь выделены три строки, в пределах которых производится анализ изменений уровня интенсивности. Цифрами слева и внизу отображены номера пикселей соответственно по строкам и столбцам дискретного изображения.

Во всех трёх строках участки справа и слева изображений принадлежат водной

поверхности. В средней части строк имеются фрагменты строений. В нижней строке слева от центра имеется участок акватории порта.

На рис. 6–8 представлены распределения интенсивности (сплошные) и разности интенсивностей (штриховые линии) излучений в пикселях для трёх строк тестового изображения на рис. 5.

Математическое ожидание интенсивности в строке 66.3 СКО интенсивности в строке 32.6
Математическое ожидание разности интенсивностей в строке 0.1 СКО разности интенсивностей в строке 23.1

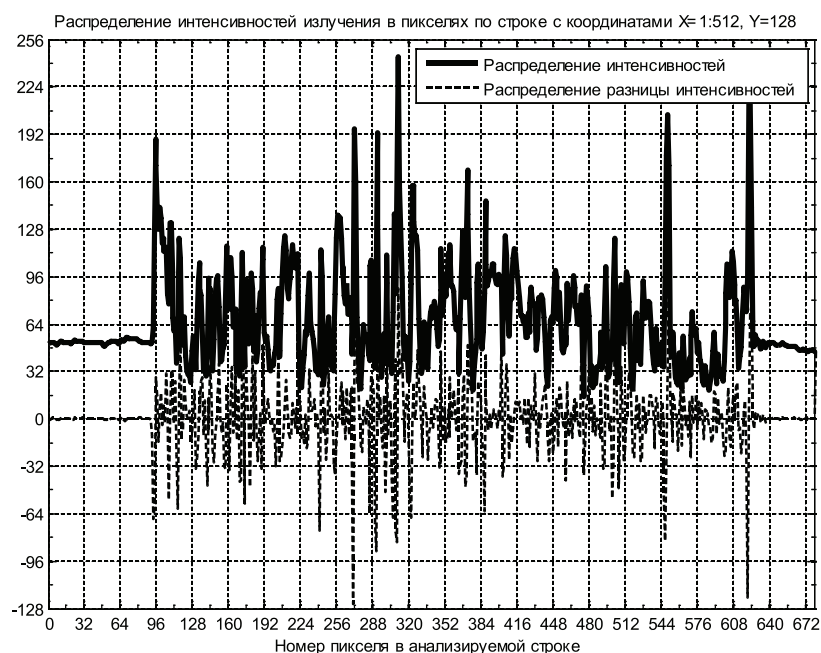


Рис. 6. Распределение интенсивностей (сплошная) и разности интенсивностей (штриховая линия) излучений для верхней строки на рис. 5

Математическое ожидание интенсивности в строке 58.4 СКО интенсивности в строке 29.6
Математическое ожидание разности интенсивностей в строке 0.1 СКО разности интенсивностей в строке 21.4

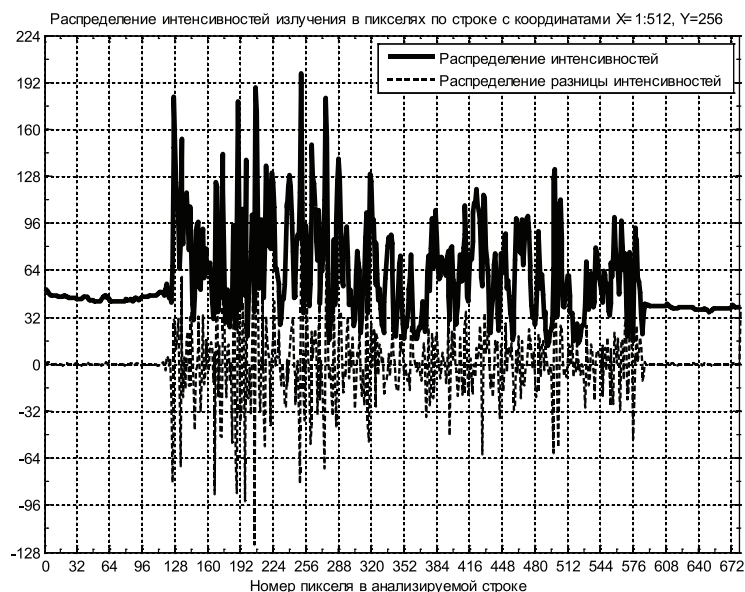


Рис. 7. Распределение интенсивности (сплошная) и разности интенсивностей (штриховая линия) излучений для средней строки на рис. 5

Математическое ожидание интенсивности в строке 49.2 СКО интенсивности в строке 24.9
Математическое ожидание разности интенсивностей в строке 0.1 СКО разности интенсивностей в строке 12.9

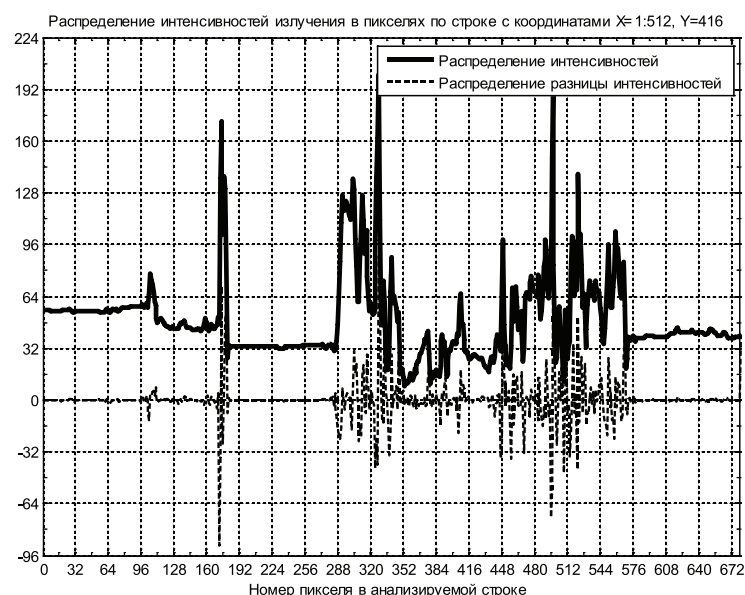


Рис. 8. Распределение интенсивности (сплошная линия) и разности интенсивностей (штриховая) излучений для нижней строки на рис. 5

Сравнение левой и правой частей распределения интенсивности излучений (сплошные линии) показывает, что интенсивности от водной поверхности находятся в пределах от 30 до 60 при 8-битовой кодировке. Причём если для верхней строки среза на рис. 6 интенсивность от водной поверхности практически постоянна, то для рис. 7 она изменяется более чем на 10%. Ещё более существенны изменения интенсивности

от водной поверхности для рис. 8. Если слева средняя интенсивность составляет 60, то справа — 40, а в акватории порта — 30.

В то же время распределение разности интенсивностей между соседними пикселями на рисунках 6–8 от водной поверхности практически близко к нулю. Заметим, что в этих распределениях положительные выбросы соответствуют резким переходам от светлого участка к тёмному, а отрицательные —

от тёмного к светлому. Следовательно, знак разности интенсивностей между соседними пикселями позволяет классифицировать особенность как переход от светлого участка к тёмному или наоборот. Кроме того, заметим уменьшение СКО интенсивностей при переходе от интенсивностей к разности интенсивностей. Действительно, как следует из рис. 5, СКО различаются почти в 1,5 раза.

Обратимся к рис. 8. Если за пороговый уровень выбрать $U_{\text{пор}} = 64$ (приблизительно на 10% превышающий максимальное значение интенсивности от водной поверхности), то при условии выделения выбросов ΔU , удовлетворяющих условию $|\Delta U| > U_{\text{пор}}$, в распределении разности интенсивности будет выделено всего 5 характерных точек, причём первая и вторая точки будут соответствовать молу. Наконец три следующие точки соответствуют стенам зданий. Следовательно, все 5 точек являются информативными.

Если для выделения точечных особенностей использовать амплитудную селекцию по распределению интенсивности, при пороговом уровне $U_{\text{пор}} = 128$ будет выделено около 12 точек.

Обратим внимание на существенные изменения математического ожидания интенсивности в трёх выделенных на рис. 5 строках, которые составляют соответственно 66,3; 58,4 и 49,2 (рис. 6–8). Столь же значительны и изменения СКО интенсивности: 32,6; 29,6 и 24,9. Это указывает на необходимость при построении алгоритма выделения точечных особенностей ориентироваться не на интенсивность, а на разность интенсивностей (контраст) в анализируемых изображениях сцены.

Выводы

Проведённый анализ тестовых полутоновых изображений разноплановых природных ландшафтов (в 8-битовой кодировке градаций интенсивности с приведённой размерностью 682×512 пикселей) показывает, что фиксация порогового уровня интенсивности при изменении условий наблюдения сцены или статистических энергетических характеристик сцены исключает возможность эффективного нахождения информативных точечных особенностей. Более значимые результаты могут быть получены при переходе от анализа интенсивностей к анализу разности интенсивностей между соседними пикселями. Нахождение точек с большим положительным и/или отрицательным контрастом позволяет эффективно выделять набор информативных точечных особенностей.

При фиксированном значении порогового уровня или количестве точечных особенностей, а также при изменении внешних условий наблюдения (например, освещённости сцены) известные детекторы могут приводить к выбору в качестве точечной особенности мало-

информативных участков изображения с большой величиной контраста (например, мест перехода на изображении между морем и сушей, небом и землёй или растительностью).

Анализ полутоновых изображений разноплановых природных ландшафтов показывает, что хотя в пределах изображения сцены математическое ожидание изменений интенсивности велико, но между соседними пикселями (элементами разрешения) оно незначительно.

Список литературы

1. Балабаев С.Л., Петров Д.А., Румянцев К.Е. Оценка изменения координат и пространственной ориентации планетохода в условиях лунного ландшафта на основе реконструкции трёхмерных сцен // сборник научных трудов SWORLD. – Одесса: Черноморье, 2009. – С. 57–60.
2. Петров Д.А. Система навигации по оптическим изображениям // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2008. – № 3(80). – С. 219–222.
3. Румянцев К.Е., Кравцов С.В. Анализ измерительного пространства цифровой телевизионной стереоскопической системы. Точечное и интервальное оценивание координат точек трёхмерной сцены // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2011. – Т. 7, № 3. – С. 38–48.
4. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
5. Harris C.G., Pike J.M. 3D Positional Integration from Image Sequences, Proceedings third Alvey Vision Conference (AVC87). – 1987. – P. 233–236.
6. Horn B. Understanding image intensities, Artificial intelligence. – 1977. – Vol. 8, № 2. – P. 201–231.

References

1. Balabaev S.L., Petrov D.A., Rumjancev K.E. Ocenka izmenenija koordinat i prostranstvennoj orientacii planetohoda v uslovijah lunnogo landshafta na osnove rekonstrukcii trjohmernyh scen. *Sbornik nauchnyh trudov SWORLD*. [Estimation of lunar rover position and orientation by means of 3D scene reconstruction. Proceedings of SWORLD conference] Odessa: Chernomor'e, 2009, pp. 57–60.
2. Petrov D.A. Sistema navigacii po opticheskim izobrazhenijam. *Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta. Tehniceskie nauki* [Image based navigation system. Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2008, Vol 80, no. 3, pp. 219–222.
3. Rumjancev K.E., Kravcov S.V. Analiz izmeritel'nogo prostranstva cifrovoy televizionnoj stereoskopicheskoj sistemy. Tochechnoe i interval'noe ocenivanie koordinat tocek trehmernoj sceny *Jelektrotehniceskie i informacionnye komplekсы i sistemy* [Analysis of measuring space digital television stereoscopic systems. Point and interval estimation of point coordinates three-dimensional scenes. Electrical Engineering and Information Complexes and Systems.] 2011, Vol. 7, no 3. pp. 38–48.
4. Forsajt D.A., Pons Zh. Komp'yuternoe zrenie. *Sovremennij podhod*. Per. s angl. [Computer Vision. Modern approach]: Moscow: Williams, 2004, 928 p.
5. Harris C.G., Pike J.M. 3D Positional Integration from Image Sequences, Proceedings third Alvey Vision Conference (AVC87). 1987, pp. 233–236.
6. Horn B. Understanding image intensities, *Artificial intelligence*. 1977, Vol 8, no. 2, pp. 201–231.

Рецензенты:

Обуховец В.А., д.т.н., профессор, Институт радиотехнических систем и управления, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог;

Рогозов Ю.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой системного анализа и телекоммуникаций, Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог.