

Вычислительный метод сегментации изображений ярких объектов на цифровых изображениях

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В статье предложен метод сегментации изображений ярких объектов на цифровых изображениях. Метод учитывает основные особенности подобных изображений как объектов сегментации: наличие избыточных сегментов, выделенных со стартовыми пикселями в аномальных пиках; пересечение с изображениями близких объектов. Области, в которых производится сегментирование, выделяются вычислительным методом сегментации изображений одиночных объектов на цифровых изображениях. Рассматривается возможность наличия в исследуемом сегменте статистически зависимого изображения компактной группы объектов с использованием метода сегментации изображений компактной группы объектов. Производится расформирование избыточных сегментов, выделенных со стартовым пикселем в аномальных, ложных пиках, входящих в изображение яркой звезды.

Ключевые слова: сегментация, цифровое изображение, фоновая подложка, небесный объект, астрономические наблюдения, аномальные пиксели.

Введение

Астрономические наблюдения проводятся с использованием различных видов телескопов – рефракторов, рефлекторов, катадиоптрических телескопов [1]. Большинство указанных устройств оснащена CCD-камерой [2], регистрирующим элементом в которой является матрица с зарядовой связью (Charge Coupled Devices – CCD)[3].

Одной из характеристик CCD-матрицы является её динамический диапазон [3, 4]. Динамический диапазон определяет количество заряда, который может накопить каждый элемент матрицы. Иногда при попадании в поле зрения телескопа ярких объектов, происходит переизбыток накопления заряда, что приводит к превышению динамического диапазона. Избыточный заряд перетекает на соседние ячейки и может вызывать эффект «растекания» у изображений ярких звезд [4].

Задача сегментации подобных изображений на цифровом кадре является нетривиальной. В связи с этим, в практике обработки астрономических изображений, изображения ярких звезд, зачастую, исключаются из рассмотрения [5]. Однако, при наличии на кадре малого количества звезд, данный подход в ряде случаев делает цифровой кадр непригодным для дальнейшего применения в задачах астрометрии [5] и фотометрии [6]. Данная проблема делает задачу сегментации изображений ярких звезд особенно актуальной.

1. Анализ литературных данных

Сегментация цифровых астрономических изображений, прежде всего, предусматривает выделение изображений объектов (звезд, астероидов), представляющих интерес для дальнейшей обработки и исследования.

В простейшем случае, для сегментации используются пороговые методы [7], а так же их модификации [8÷10]. Однако, применение данных методов обоснованно критикуется в работах [10, 11]. Как показано в работе [11], существенным недостатком использования пороговых методов является сложность выбора оп-

тимальной величины критического значения сегментации. Зависимость получаемых результатов от распределения яркости изображения [8, 9] приводит к невозможности использования пороговых методов для проведения сегментации на астрономических изображениях, имеющих неравномерную фоновую подложку.

Более устойчивые результаты сегментации могут быть получены при использовании методов сегментации областей, рассмотренных в работах [12÷14]. К такому классу методов прежде всего относится метод выращивания областей [15, 17]. Его суть заключается в последовательном наращивании области путем присоединения соседних пикселей, которые по своим свойствам (яркость, контрастность)[18] близки к стартовой точке наращивания области [12, 13]. Одной из ключевых проблем данных методов [13, 14] является отбор стартовых пикселей, то есть стартовых точек для наращивания областей, а так же выбор оптимального порога значимости водоразделов.

Указанные недостатки проанализированы и учтены в методе сегментации изображений одиночных объектов на цифровых астрономических изображениях [19]. В качестве стартовых точек в данном методе используются пики предварительно обнаруженных изображений объектов. Для повышения показателей качества сегментации производится предварительная обработка исходного изображения, включающая в себя яркостное выравнивание, масштабирование, бинаризацию. Однако выделяемые сегменты не анализируются на возможность наличия в них изображения более одного объекта, что делает область применения данного метода весьма ограниченной.

Сегментация изображений объектов с учетом возможного наличия на цифровом кадре компактных групп статистически зависимых изображений близких объектов рассмотрена в работе [20]. Для разделения изображения компактной группы на совокупность изображений входящих в нее объектов проводится анализ изменения яркости пикселей в заданной области. С целью сокращения вычислительных затрат, анализируются только изображения, выделенные в результате работы метода сегментации изображений одиночных объектов [19]. В тоже время, при наличии стартовых пикселей, выделенных в аномальных, ложных пиках, входящих в изображение яркой звезды, в результате работы метода будет получено множество ложных сегментов, состоящих из пикселей, относящихся к изображению яркой звезды.

Таким образом, рассмотренные методы не позволяют решить задачу сегментации изображений ярких объектов (например, звезд) с приемлемыми показателями качества. В тоже время, устойчивость работы метода сегментации изображений одиночных объектов на цифровых астрономических изображениях [19], анализ выделенных областей и возможность разделения изображения компактной группы на совокупность изображений входящих в нее объектов в методе сегментации изображений компактных групп объектов на цифровых астрономических изображениях [20] позволяют использовать данные методы в при разработке метода сегментации изображений ярких звезд.

2. Объект, цель и задачи исследования

Статья посвящена сегментации изображений ярких объектов на цифровых изображениях.

Объектом исследования являются методы сегментации изображений объектов.

Цель исследования – разработка вычислительного метода сегментации

изображений ярких объектов на цифровых изображениях, принадлежащего классу методов сегментации областей [15, 17].

На исследуемом типе цифровых кадров проводится предварительное обнаружение изображений объектов с использованием известных методов обнаружения данных изображений [21]. Обнаруженным изображениям поставлены в соответствие координаты их пиков (пикселей с максимальной яркостью), используемые как стартовые пиксели сегментации. Данные пики в работе называются выделенными.

Большая часть изображений объектов на кадре являются одиночными [19] и имеет только один выделенный пик, размер данных изображений не превышает заранее заданного размера области сегментирования, а их яркость не выходит за динамический диапазон используемой CCD-матрицы [3, 4].

Однако, на цифровом кадре могут присутствовать изображения объектов, размеры которых в несколько раз превосходят размеры изображений других звезд на кадре. Яркость данных объектов, в ряде случаев, выходит за динамический диапазон яркости используемой CCD-матрицы (рис. 1).

В работе, яркими называются изображения объектов, с отношением сигнал/шум $q_{(j)}$ [22] более наперед заданной константы μ_{pl} ($q_{(j)} > \mu_{pl}$).

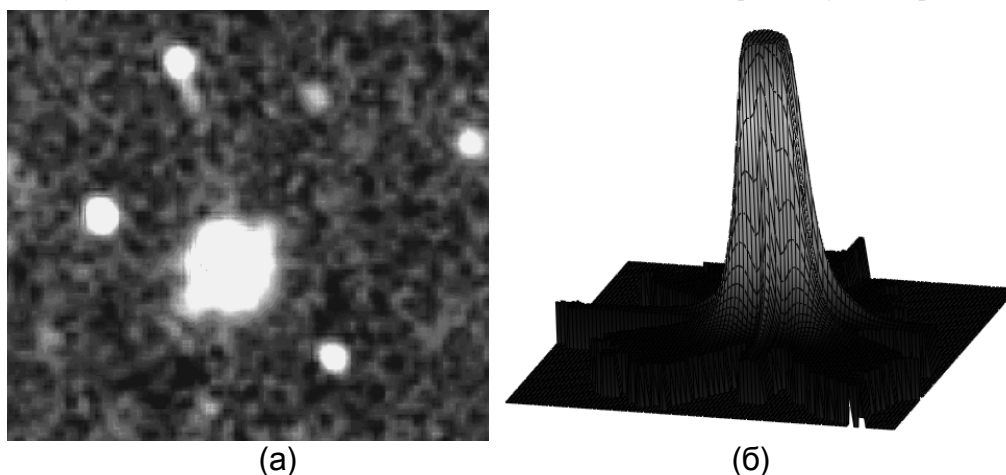


Рис. 1. Изображение яркой звезды а) на цифровом кадре б) 3D представление

Зачастую, изображения ярких звезд содержат различного рода артефакты, например, “дифракционные лучи” [2, 4] (рис. 2), которые могут присутствовать и на изображении выделенного сегмента.

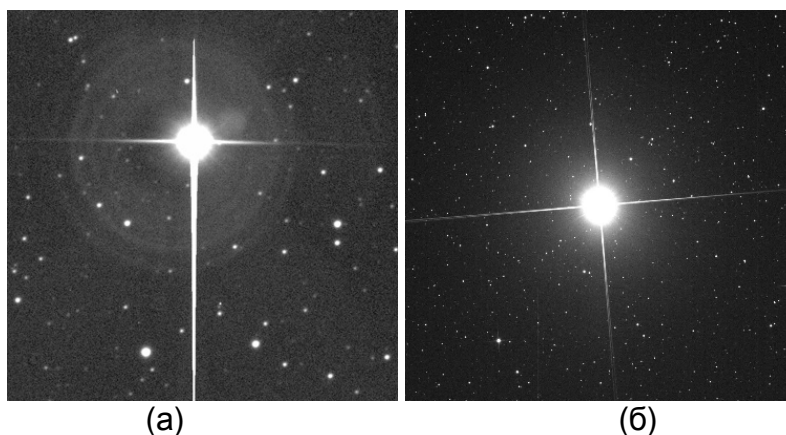


Рис. 2. Артефакты изображения яркой звезды

Значительный размер изображений ярких звезд и наличие указанных артефактов, может приводить к их пересечению с изображениями соседних объектов на цифровом кадре (рис. 3). При пересечении изображений ярких объектов с изображениями соседних объектов в область сегментирования яркой звезды входит более одного пика (на рис. 4 пики отмечены треугольниками).

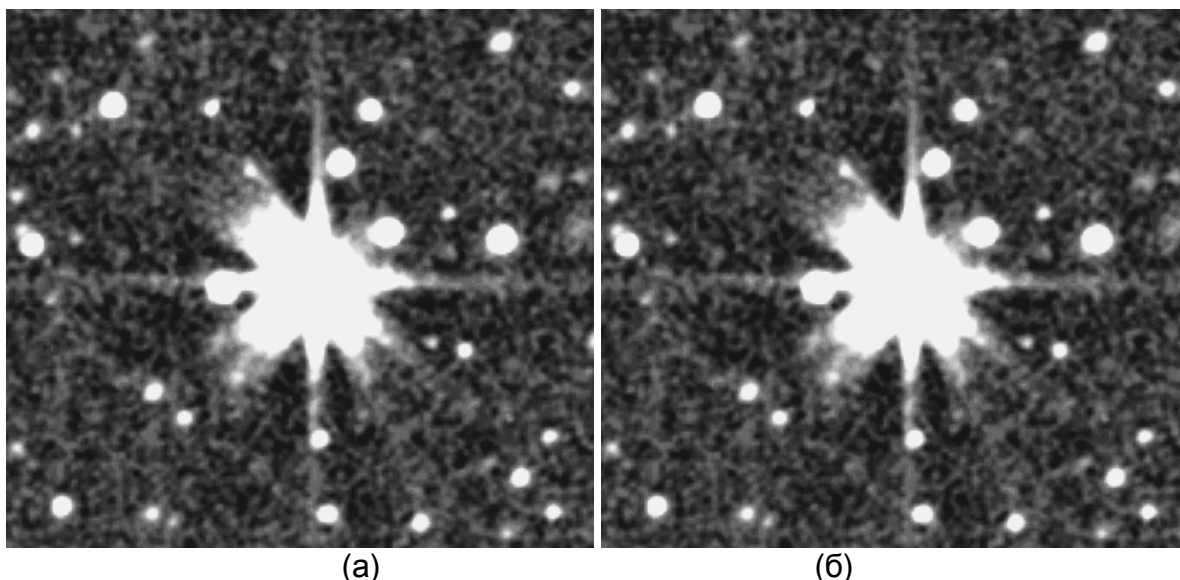


Рис. 3. Пересечение с изображением соседних объектов дифракционными лучами

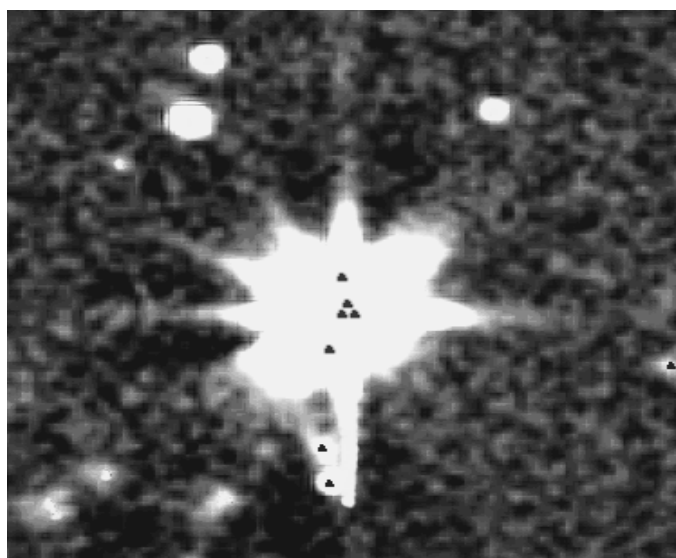


Рис. 4. Изображение яркой звезды, пересекающее изображения соседних звезд

Вследствие превышения динамического диапазона используемой CCD-матрицы, на изображении яркой звезды формируется «плато» множество пикселей со значением яркости, близкой к предельно допустимым значениям [2, 4]. В ряде случаев, это приводит к выделению нескольких ложных пиков на изображении яркой звезды (на рис. 4 отмечены кругами).

Наличие дефектов в используемой CCD-матрице может вызывать появление на цифровом кадре пикселей, имеющих аномальные всплески интенсивности. В работе такие пиксели называются аномальными [23, 24]. Часто аномальные пиксели становятся пиками и могут быть пиками обнаруженных изображений объ-

ектов [21], то есть стартовыми точками сегментации.

Таким образом. С использованием известных методов обнаружения изображений объектов на цифровых астрономических кадрах [21] сформировано множество предварительно обнаруженных изображений объектов $\Omega_{det\ img}$. Каждому j -му обнаруженному изображению поставлено в соответствие координаты его пика (x_{pj}, y_{pj}) в системе координат CCD-кадра. Данные пики планируется использовать в качестве стартовых пикселей сегментации изображения ярких звезд.

Для каждого j -го обнаруженного изображения объекта из множества $\Omega_{det\ img}$ методом сегментации изображений одиночных объектов [19] проведена сегментация изображений объектов.

В результате сформировано множество сегментов Ξ_{sobj} , каждый из которых характеризуется координатами (x_{pj}, y_{pj}) пика, как стартового пикселя сегмента, и содержит совокупность Ω_{sbobjj} пикселей, объединенных в процессе сегментации.

Существует множество выделенных пиков θ_{npeak} , входящих в изображение объекта Ω_{sbobjj} . Часть пиков из множества θ_{npeak} сформированы источниками излучения. Оставшиеся пики множества θ_{npeak} считаются ложными.

Для сегментации с приемлемыми показателями качества сегментации, изображений ярких звёзд необходимо расформирование избыточных сегментов, выделенных со стартовыми пикселями в аномальных, ложных пиках, принадлежащих изображению яркого объекта. Пиксели, отнесённые к указанным сегментам, должны быть распределены между другими сегментами, в том числе сегментом, соответствующим изображению яркой звезды.

Изображения объектов, сформированные источниками излучения (звёздами) и пересекающие артефакты (например, “дифракционные лучи”) должны быть выделены как изображения отдельных объектов.

Для описанных выше условий необходимо разработать метод сегментации астрономических цифровых изображений, который позволяет сегментировать изображения ярких звезд.

3. Разработка вычислительного метода сегментации изображений ярких объектов на цифровых изображениях

В выделенном сегменте яркой звезды Ω_{sbobjj} может быть сформировано несколько сегментов, со стартовыми пикселями в ложных пиках (рис. 5). Для уменьшения количества ложных пиков (рис. 6), перед началом сегментации изображений ярких звезд особенно актуально проведение предварительной обработки цифрового кадра с использованием сглаживающего цифрового фильтра низких частот [7]. В работе, в качестве сглаживающего фильтра, использовался низкочастотный фильтр Гаусса [7, 25, 26].

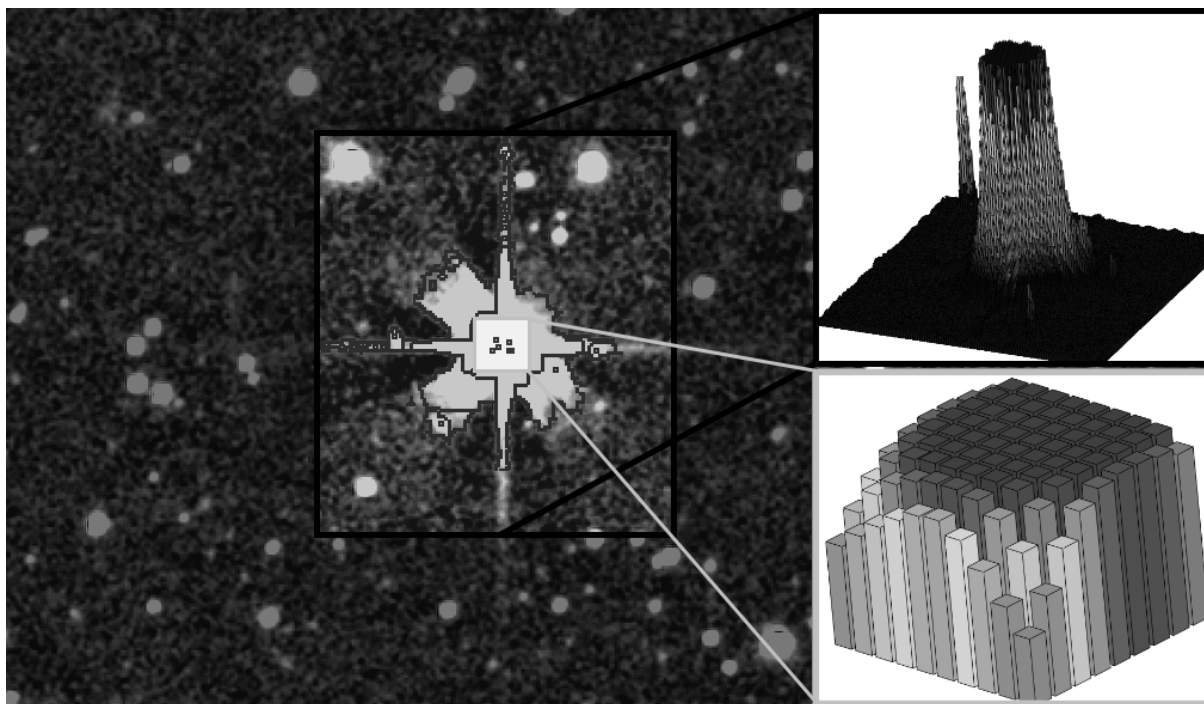


Рис. 5. Результат сегментации изображения яркой звезды с дифракционными лучами звезд

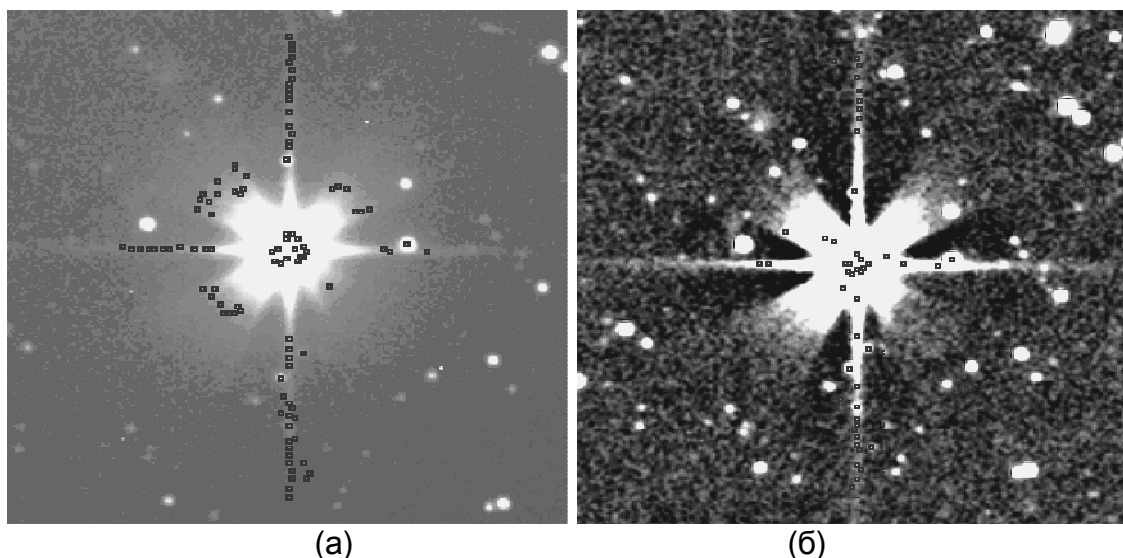


Рис. 6. Выделенные пики на изображении яркой звезды. а) на цифровом кадре без обработки б) на цифровом кадре, обработанном низкочастотным фильтром Гаусса

На цифровом кадре возможного пересечения артефактов изображения яркой звезды с изображениями нескольких близких объектов (рис. 7). По этой причине в изображении объекта Ω_{sbobjj} может присутствовать статистически зависимое изображение компактной группы объектов. В связи с этим, перед расформированием ложных сегментов яркой звезды, необходимо провести разделения изображения компактной группы объектов с использованием метода сегментации изображений компактной группы объектов [20]. При этом, стартовыми пикселями

используемого метода являются все пики множества θ_{npeak} , принадлежащие изображению объекта Ω_{sbobjj} .

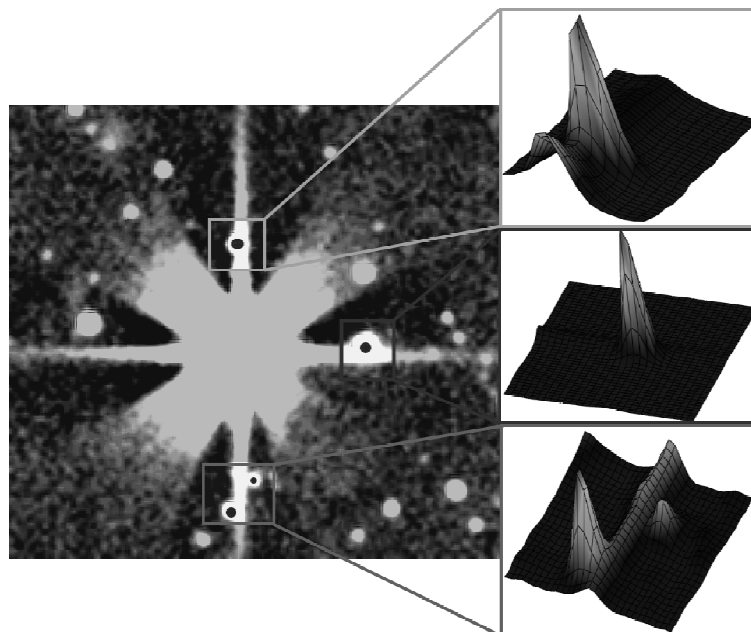


Рис. 7. Изображение яркой звезды, пересекающее изображения соседних звезд

В результате изображение объекта Ω_{sbobjj} разделяется на множество дочерних сегментов Ξ_{wpixj} . Изображение λ -го выделенного сегмента ω_{pixl} из множества Ξ_{wpixj} , может быть как сегментом изображения рассматриваемой яркой звезды, так и изображением близкого объекта (рис. 8).

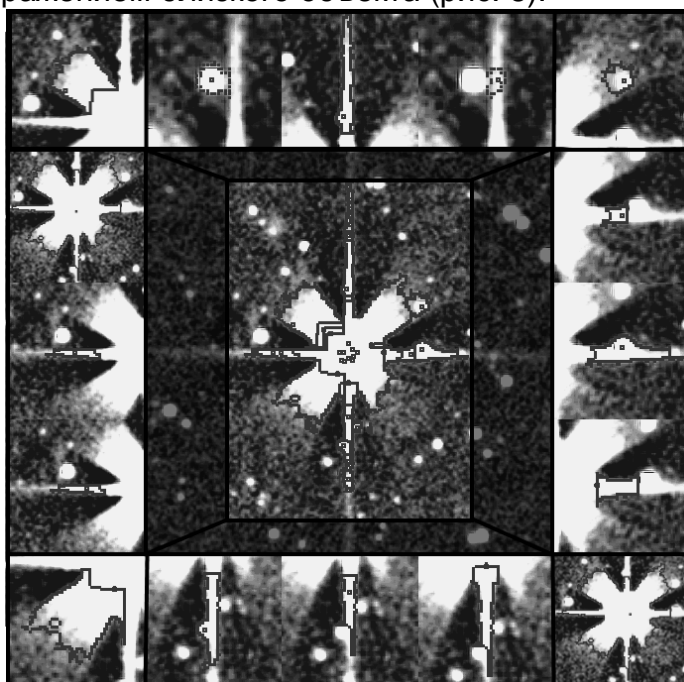


Рис. 8. Результат сегментации изображения яркой звезды с отображением выделенных сегментов

Большинство сегментов, выделенных со стартовым пикселем в ложном пи-ке из множества Θ_{npeak} , полностью входят в изображение яркой звезды. В связи с этим, изображение λ -го сегмента ω_{pixl} расформируется при полном вхождении его пикселей в изображение яркой звезды. Пиксели расформированного сегмента присоединяются к сегменту яркой звезды.

В ряде случаев, пики, сформированные на артефактах яркой звезды, могут принадлежать изображению сторонних близкорасположенных объектов или быть аномальными (ложными). Следовательно, при разделении изображения компактной группы, для сегментов, выделенных с указанными стартовыми пикселями, может быть принято решение о выделении их как сегментов изображения яркой звезды или изображений близкорасположенных объектов. Для принятия решения о принадлежности исследуемого сегмента к изображению близкорасположенного объекта, целесообразно использовать следующий подход.

При выделении пикселей изображения стороннего близкорасположенного объекта из изображения компактной группы, к нему относятся пиксели данного выделяемого изображения, а так же незначительная часть пикселей, принадлежащих изображению яркой звезды. При выделении изображения со стартовым пикселем в ложном пику, практически все пиксели, относимые к выделяемому изображению, принадлежат изображению яркой звезды. В качестве критерия отнесения выделенного сегмента к изображению яркой звезды целесообразно использовать отношение l_{brsg} между общим количеством пикселей в полученном сегменте, и количеством пикселей полученного сегмента, пересекающих изображение яркой звезды, которое превышает заданное критическое значение:

$$l_{brsg} = \frac{N_{pixl}}{N_{pixinl}} > \mu_{brsg}, \quad (1)$$

где N_{pixinl} – количество пикселей λ -го сегмента ω_{pixl} , пересекающее изображение яркой звезды;

N_{pixl} – количество пикселей λ -го сегмента ω_{pixl} ;

μ_{brsg} – граничный коэффициент отнесения λ -го сегмента ω_{pixl} к изображению яркой звезды.

4. Вычислительный метод сегментации изображений ярких звёзд на цифровых изображениях

Вычислительный метод сегментации изображений ярких звёзд на цифровых изображениях включает следующую последовательность операций.

1. Проводится сегментация изображений объектов с формированием множества сегментов Ξ_{sobj} , каждый из которых характеризуется координатами (x_{pj}, y_{pj}) пика, как стартового пикселя сегмента, и содержит совокупность Ω_{sbobjj} пикселей выделенного в процессе сегментации изображения объекта. Для этого используется вычислительный метод сегментации изображений одиночных объектов [19].

2. Выделение подмножества изображений ярких звезд Ξ_{brobj} . К подмноже-

ству Ξ_{brobj} относятся сегменты из множества Ξ_{sobj} с отношением сигнал/шум $q_{(j)}$ более μ_{pl} ($q_{(j)} > \mu_{pl}$)

3. Для каждого j -го изображения из множества Ξ_{brobj} при сегментации изображения яркой звезды выполняется следующая последовательность действий (блоки 3.1–3.2).

3.1. Очередное j -е изображение рассматривается как изображение компактной группы объектов. Производится попытка его разделения. Для этого используется вычислительный метод сегментации компактных групп статистически связанных изображений близких объектов [20]. В результате изображение j -го сегмента разделяется на множество дочерних подсегментов Ξ_{wpixj} . Дочерний подсегмент, выделенный со стартовым пикселем в пике j -го сегмента считается изображением $\Omega_{sbrobjj}$ яркой звезды.

3.2. Для каждого λ -го сегмента из множества дочерних подсегментов Ξ_{wpixj} принимается решение об отнесении его к изображению яркой звезды $\Omega_{sbrobjj}$ или выделении его как изображения отдельного объекта (блоки 3.2.1–3.2.2).

3.2.1. Если изображение λ -го выделенного сегмента ω_{pixl} полностью входит в изображение яркой звезды, то принимается решение о ложности сегмента и его расформировании. Пиксели исключаемого сегмента относятся к изображению яркой звезды $\Omega_{sbrobjj}$.

3.2.2. В ином случае проверяется, превышает ли отношение между количеством пикселей в λ -м сегменте N_{pixl} и количеством пикселей λ -го сегмента, пересекающих изображения яркой звезды N_{pixinl} (1), заранее заданное критическое значение μ_{brsg} . При выполнении условия (1) λ -й сегмент расформируется. Пиксели расформированного сегмента включаются в сегмент, соответствующий изображению яркой звезды $\Omega_{sbrobjj}$. В противном случае, λ -й сегмент выделяется как сегмент изображения отдельного объекта.

В результате работы разработанного метода сегментации изображения яркой звезды, с одной стороны – производится разделение изображения компактной группы объектов, с другой – расформируются сегменты изображения яркой звезды, сформированные со стартовыми пикселями в ложных пиках. Пиксели расформированных сегментов добавляются к сегменту изображения яркой звезды (рис. 9).

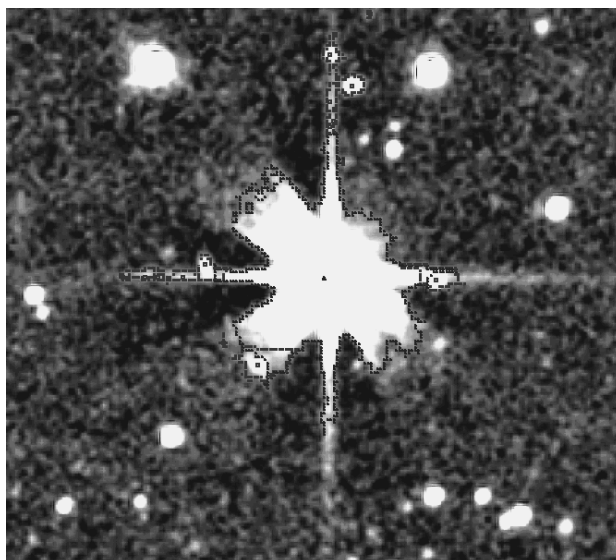


Рис. 9. Результат сегментации изображения яркой звезды

5. Анализ разработанного метода сегментации ярких объектов на цифровых изображениях

Разработанный вычислительный метод сегментации изображений ярких объектов на цифровых кадрах применён в программном комплексе автоматизированного обнаружения астероидов и комет CoLiTec [27]. Исследование разработанного метода проводилось на цифровых кадрах, полученных с использованием телескопов 8-ми астрономических обсерваторий (табл. 1).

Таблица 1.

Технические характеристики используемых телескопов

Observatory	ISON-Uzhgorod Observatory		Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO)	ISON-NM Observatory	Станция Маяки	Частная обсерватория Ananjev	Vihorlatská hvězdáreň Observatory	КрАО
MPC code	K99		-	H15	583	L33	-	095
Telescope	ChV-400	BRC-250M	PlaneWave-CDK24 (Promt8)	Centurion 18	OMT-800	ARTEMIS	VNT	Genon
Aperture, sm	40	25	61	45.5	80	25.4	100	30
CCD-camera	FLI PL09000	Apogee Alta U9	Apogee F42	FLI ML09000-65	Micro-Line 9000	ATIK-314L	FLI	FLI PL 16803
Resolution, pix	3056 x 3056	3072 x 2048	2048 x 2048	3056x 3056	3056x 3056	1391x 1039	512x 512	4096x 4096
Pixel size, μm	12	9	13.5	12	12	6.45	48	9
Scale, "	1.42	1.46	0.66	1.94	1.15	1.11	1.10	4.17
Focus	1732	1269	4201	1270	2139	1193	8923	444
Проницающая	16.6	17.8	18.7	19.7	18.8	18.2	17.8	16.5

Предварительная обработка цифрового кадра с использованием сглаживающего цифрового фильтра низких частот позволила значительно снизить количество рассматриваемых стартовых пикселей (табл. 2). Так, на цифровых кадрах, полученных с использованием телескопа BRC-250M, количество выделенных стартовых пикселей уменьшилось в 3 раза.

Таблица 2
Количество пиков и изображений ярких объектов на цифровых кадрах

Телескоп	Количество выделенных стартовых пикселей		Количество выделенных изображений ярких объектов
	Без использования сглаживающего цифрового фильтра низких частот	С использованием сглаживающего цифрового фильтра низких частот	
Prompt8	8702	2197	3
Centurion 18	3118	23809	55
ChV-400	18930	16063	22
BRC-250M	20840	6832	156
OMT-800	45341	44813	81
ARTEMIS	3123	1697	1
VNT	257	173	1
Genon	44674	41262	28

Количество изображений ярких объектов на цифровом зачастую не превышает 1% от всех выделенных изображений. Однако, выделение ложных (неузловых) сегментов в окрестности изображений ярких объектов чаще всего приводит к формированию ложных объектов на этапе межкадровой обработки [27](табл. 3).

Таблица 3
Количество ложных сегментов и траекторий в окрестности изображений ярких объектов

Телескоп	Без использования разработанного метода		С использованием разработанного метода	
	Количество ложных сегментов возле выделенных изображений ярких звезд	Количество ложных обнаружений объектов	Количество ложных сегментов возле выделенных изображений ярких звезд	Количество ложных обнаружений объектов
Prompt8	8	3	3	1
Centurion 18	273	8	6	2
ChV-400	105	2	15	2
BRC-250M	222	8	11	1
OMT-800	123	43	28	10
ARTEMIS	7	4	5	2
VNT	0	0	0	0
Genon	123	1	31	1

Использование вычислительного метода сегментации изображений ярких объектов на цифровых кадрах позволило расформировать ложные сегменты, выделенные со стартовыми пикселями в ложных пиках и распределить их пиксели между другими сегментами, в том числе сегментом, соответствующим изображению яркой звезды. Это позволило при использовании стандартных методов обнаружения и оценки параметров движения объектов уменьшить количество ложных обнаружений объектов в 2 – 3 раза (табл. 3).

Выводы

В статье разработан вычислительный метод сегментации изображений ярких объектов на цифровых изображениях. Области, в которых производится сегментирование, предварительно выделяются вычислительным методом сегментации изображений одиночных объектов на цифровых изображениях [19]. Для уменьшения количества ложных сегментов, проводится предварительная обработка цифрового кадра с использованием сглаживающего цифрового фильтра низких частот [7]. В работе, в качестве сглаживающего фильтра, использовался низкочастотный фильтр Гаусса [7, 25, 26].

Из-за возможного пересечения артефактов изображения яркой звезды с изображениями близких объектов рассматривается возможность наличия в исследуемом сегменте статистически зависимого изображения компактной группы объектов. Принимается решение о наличии изображений таких объектов и их выделение с использованием метода сегментации изображений компактной группы объектов [20].

Производится расформирование избыточных сегментов, выделенных со стартовым пикселем в аномальных, ложных пиках, принадлежащих изображению яркой звезды. Пиксели расформированных сегментов включаются в сегмент, соответствующий изображению яркой звезды.

Научной новизной разработанного метода является следующее.

1. Разработка метода для сегментации изображений ярких звёзд, который учитывает основные особенности подобных изображений как объектов сегментации, такие как: наличие избыточных сегментов, выделенных со стартовыми пикселями в аномальных пиках; пересечение с изображениями близких объектов.

2. Предварительная обработка цифрового кадра с использованием сглаживающего цифрового фильтра низких частот, что позволило уменьшения количество ложных пиков, выделяемых на изображениях ярких звезд.

3. Принятие решения о типе сегмента, выделяемого на изображении яркой звезды, что позволило с одной стороны, выделить изображения одиночных объектов, сформированных источниками излучения, с другой – расформировать избыточные сегменты, выделенные со стартовыми пикселями в ложных пиках и распределить их пиксели между другими сегментами, в том числе сегментом, соответствующим изображению яркой звезды.

Список литературы

1. Andersen G. The Telescope: Its History, Technology, and Future / G. Andersen G Princeton University Press, 2007. – P 256.
2. Piprek J. CCD Astronomy: Optoelectronic Devices: Advanced Simulation and Analysis /J. Piprek Springer Science & Business Media, 2005. – P 452.

3. George E. Smith. Nobel Lecture: The invention and early history of the CCD / E. Smith George // *Reviews of modern physics*, 2010 82 (3), 2307–2312.
4. Buil C. CCD Astronomy: Construction and Use of an Astronomical CCD Camera / C. Buil Willmann-Bell, 1991. – P 390.
5. Киселев А.А. Теоретические основания фотографической астрометрии / Киселев А.А. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит, 1989. – 264 с.
6. Mighell K.J. Algorithms for CCD Stellar Photometry. *Astronomical Data Analysis Software and Systems* / K.J. Mighell; ed. D. V. Mehringer, R. L. Plante, D.A. Roberts // *VIII ASP Conference Series*. – 1999. – 172. – P. 317 – 328.
7. Gonzalez R.C. (2008) *Digital Image Processing* / R.C Gonzalez, R.E.Woods Prentice Hall, 2008 – 954p.
8. Yuan. Image Segmentation Method Using Thresholds Automatically Determined from Picture Contents [Текст] / Yuan // *EURASIP Journal on Image and Video Processing*. – 2009. – Vol. 2009.
9. Senthilkumaran N. Image segmentation by using thresholding techniques for medical images [Текст] / N. Senthilkumaran, Vaithegi S. // *CSEIJ*. – 2016. – Vol 6(1).
10. Nida M. Survey on Image Segmentation Techniques / M. Nida // *Procedia Computer Science* – 2015 – Vol 6 . – pp. 797-806.
11. Pitiot A., Delingette H., Thompson P.M. Automated image segmentation: Issues and applications // *Medical Imaging Systems Technology*. – Vol.3, 2005. – pp. 1-47.
12. Lahouaoui L., Mohamadi T., A comparative study of Image Region-Based Segmentation Algorithms / T.Mohamadi, L. Lahouaoui // *IJACSA* – Vol. 4(6) – 2013.
13. Krishnan G. G., Tholkappia A. Region Based Segmentation Algorithm for Remote Sensing Image Based on Heterogeneity of Objects / G. G. Krishnan, A. Tholkappia // *MEJSR* Vol. 23 (7) – 2015 – pp. 1375-1378.
14. Manohar K. M., Patil A. S. Review on Techniques of Image Segmentation / K. M. Manohar, A. S Patil. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering* // *IJARCCCE* Vol. 5(3) – 2016.
15. Anoraganingrum D. Cell Segmentation with Adaptive Region Growing. / D. Anoraganingrum, S. Kroner, B. Gottfried // *ICIAP Venedig*, 1999. – pp. 27-29.
16. Tremeau A., Borel N. A region Growing and merging algorithm to color segmentation, *Pattern Recognition*. – Vol.30. – No.7, 1997. – pp. 1191-1203.
17. Lu Y. Region growing method for the analysis of functional MRI data. / Y. Lu, T. Jiang, Y. Zang // *NeuroImage*. – No.20, 2003. – pp. 455-465.s
18. Ohta Y., Kanade T., Sakai T. Color information for region segmentation, *Computer Graphics and Image Processing*. – Vol.13, 1980. – pp. 222-241.
19. Погорелов А. В. Сегментация изображений одиночных объектов на цифровых астрономических изображениях [Текст] / А. В. Погорелов, В. Е. Саваневич, А.Б. Брюховецкий // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*, – Харьков: ХАИ . – 2017. – № 76. – С. 170-191.
20. Погорелов А.В. Вычислительный метод сегментации изображений компактных групп объектов на цифровых астрономических изображениях [Текст] / А.В. Погорелов, В.Е. Саваневич, С.Г. Удовенко // *Бионика интеллекта: Всеукр. межвед. науч.– техн. сб.* – Х: ХНУРЭ, 2017. – Вып. 2(89). – С. 133 – 141.
21. Саваневич В. Е. Метод предварительного обнаружения сигналов от небесных объектов на цифровом изображении / В. Е. Саваневич, А. М. Кожухов, А. Б. Брюховецкий // *Системаи озброєння та військова техніка*. – Харків: ХУПС, 2011. – Вип. 2(26). – С. 169 – 173.

22. Gonzalez R.C. (2008) Digital Image Processing / R.C Gonzalez, R.E.Woods Prentice Hall, 2008 – 954p.

23. McLean I. S. Electronic Imaging in Astronomy. Detectors and Instrumentation (Second Edition) / McLean I. S. – Berlin: Springer-Praxis, 2008. – 592 p.

24. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы. Теория и конструкция / Н.Н. Михельсон – М.: Наука, Гл. ред. физ. – мат. лит., 1976. – 512 с.

25. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. –М.: Техносфера, 2007. –584 с.

26. Власенко В.П. Яркое выравнивание астрономических изображений с использованием медианного фильтра / В.П. Власенко, В.Е. Саваневич, А.В. Погорелов, А.Б. Брюховецкий // Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник «Радиотехника» – 2016. –№185 – С. 70 – 80.

27. Саваневич В.Е. Программа CoLiTec автоматизированного обнаружения небесных тел со слабым блеском / В. Е. Саваневич, А. Б. Брюховецкий, А. М. Кожухов, Е. Н. Диков, В. П. Власенко // Космічна наука і технологія. – 2012. – т.18. – №1. – С. 39 – 46.

Поступила в редакцию 13.12.2017

Обчислювальний метод сегментації зображень яскравих об'єктів на цифрових зображеннях

У статті запропоновано метод сегментації зображень яскравих об'єктів на цифрових зображеннях. Метод враховує основні особливості подібних зображень як об'єктів сегментації: наявність надлишкових сегментів, виділених зі стартовими пікселями в аномальних піках; перетин з зображеннями близьких об'єктів. Области, в яких проводиться сегментація, виділяються обчислювальним методом сегментації зображень одиночних об'єктів на цифрових зображеннях. Розглядається можливість наявності в досліджуваному сегменті статистично залежного зображення компактної групи об'єктів з використанням методу сегментації зображень компактної групи об'єктів. Проводиться розформування надлишкових сегментів, виділених зі стартовим пікселем в аномальних, помилкових піках, що входять в зображення яскравої зірки.

Ключові слова: сегментація, цифрове зображення, фонові підкладка, небесний об'єкт, астрономічні спостереження, аномальні пікселі.

Computational Method for Segmentation of Bright Objects IMAGES on the Digital Images

The method of segmentation of images of bright objects on digital images is proposed in the article. The method takes into account the main features of such images as segmentation objects, such as: the presence of redundant segments isolated with start pixels in anomalous peaks; intersection with images of nearby objects. Areas in which segmentation is performed are distinguished by the computational method of segmentation of single objects images on digital images. The possibility of presence in the inves-

tigated segment of a statistically dependent image of the compact group of objects is considered using the method of image segmentation of a compact group of objects. The redundant segments that are separated with the start pixel in the anomalous, false peaks appearing in the image of the bright star are decomposed.

Keywords: segmentation, digital image, background substrate, celestial object, astronomical observations, anomalous pixels

Сведения об авторах:

Погорелов Артем Витальевич – аспирант каф. электронных вычислительных машин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина, e-mail: pogartem@rambler.ru.

Саваневич Вадим Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., проф. каф. информационных управляющих систем и технологий, Ужгородский национальный университет, Ужгород, e-mail: vadym@savanevych.com.

Брюховецкий Александр Борисович – к-д техн. наук, инженер, Харьковское представительство генерального заказчика Государственного космического агентства Украины, Харьков izumsasha@gmail.com.