

Анализ функционирования и оптимизация алгоритмов установления соответствия в условиях неравномерности чувствительности телевизионных камер по полю зрения

Гришин В. А.

Учреждение Российской академии наук
Институт космических исследований РАН

Портал “Техническое зрение”
<http://technicalvision.ru>
(ГосНИИАС)

Научно-техническая конференция – семинар
“Техническое зрение в системах управления
мобильными объектами-2010”
<http://tz2010.cosmos.ru>
(ИКИ РАН)

Научно-техническая конференция
“Техническое зрение в системах управления-2011”
<http://tvcs2011.technicalvision.ru>

ТСНН – телевизионная система навигации и наблюдения проекта “Фобос-грунт”

Задачи:

- Съемка поверхности Фобоса.
- Информационное обеспечение процесса посадки
 - выбор места посадки
 - измерение дальности (дублирование измерений лазерного высотомера)
 - измерение относительной скорости (дублирование измерений доплеровского измерителя скорости)

Ошибки установления соответствия в процессе измерений

Режимы работы:

- Стереорежим
- Монокулярный режим

Ошибки установления соответствия:

- Нормальные
- Аномальные

Факторы, влияющие на ошибки установления соответствия

- Проективные искажения
- Неравномерность чувствительности камер по полю зрения

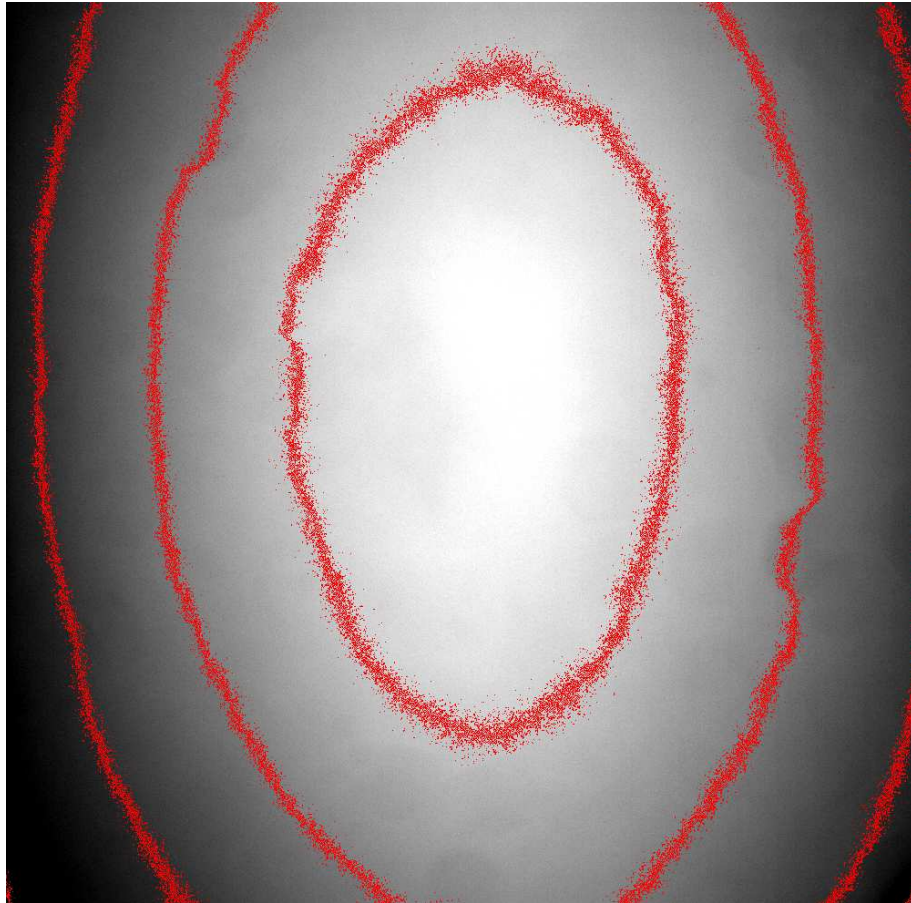
Неравномерность яркости изображения

Классический закон: $E_{\omega} \approx E_0 \cos^4 \omega$

$$\omega_G = \omega_V = 11.61^\circ \quad E_G = E_V = 0.92E_0$$

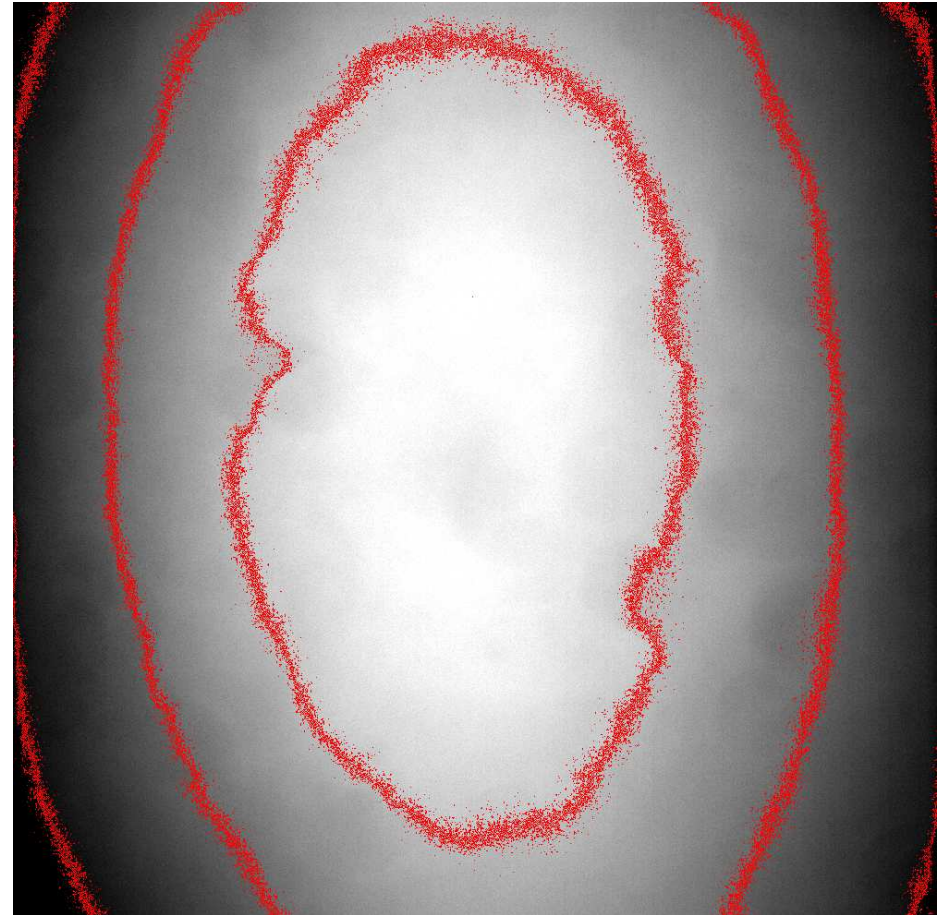
$$\omega_D = 16.21^\circ \quad E_D = 0.85E_0$$

Неравномерность яркости изображения



Интервал яркостей: 89-982

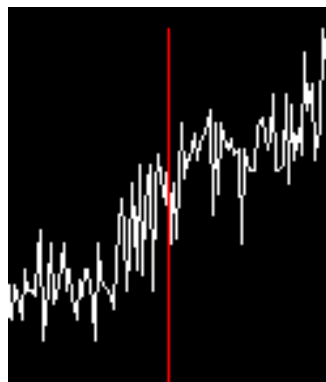
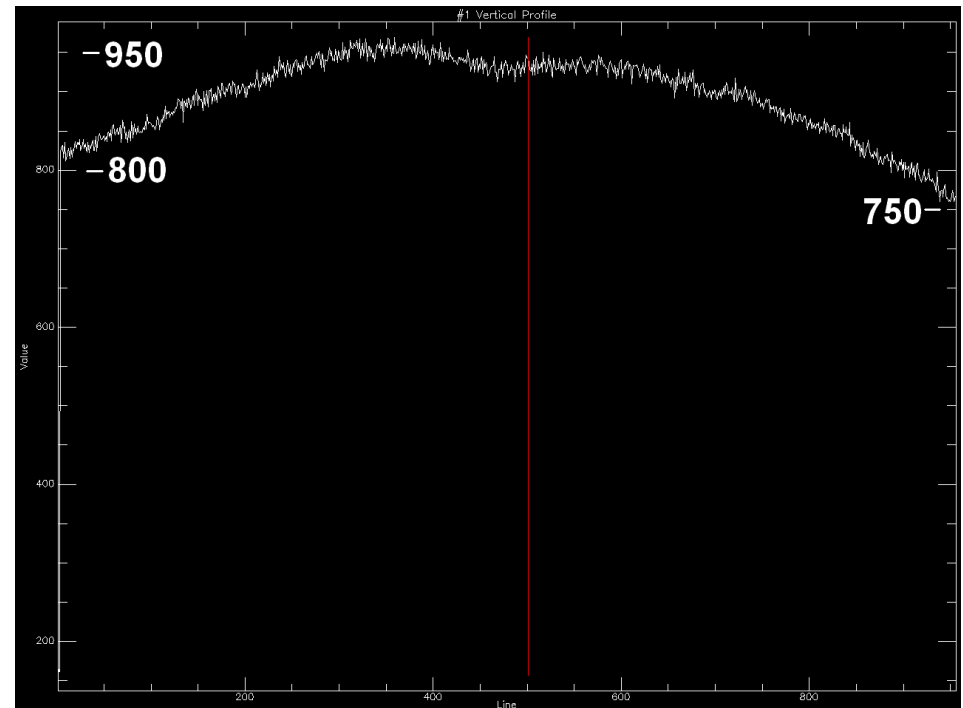
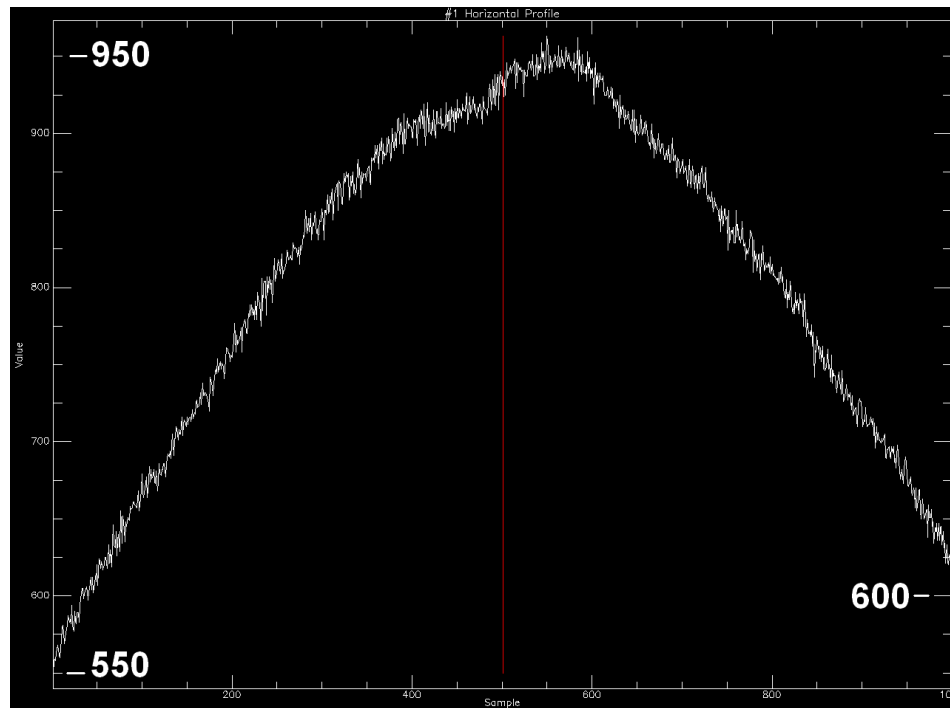
Шаг линий: 128



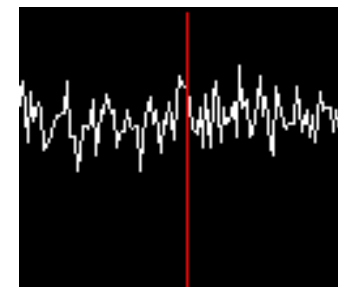
Интервал яркостей: 83-878

Шаг линий: 114

Неравномерность яркости изображения

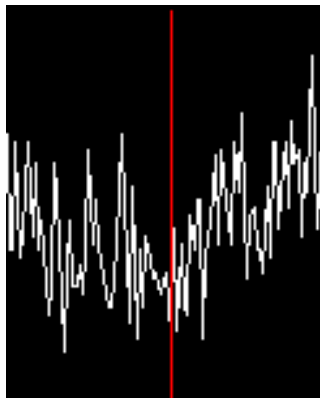
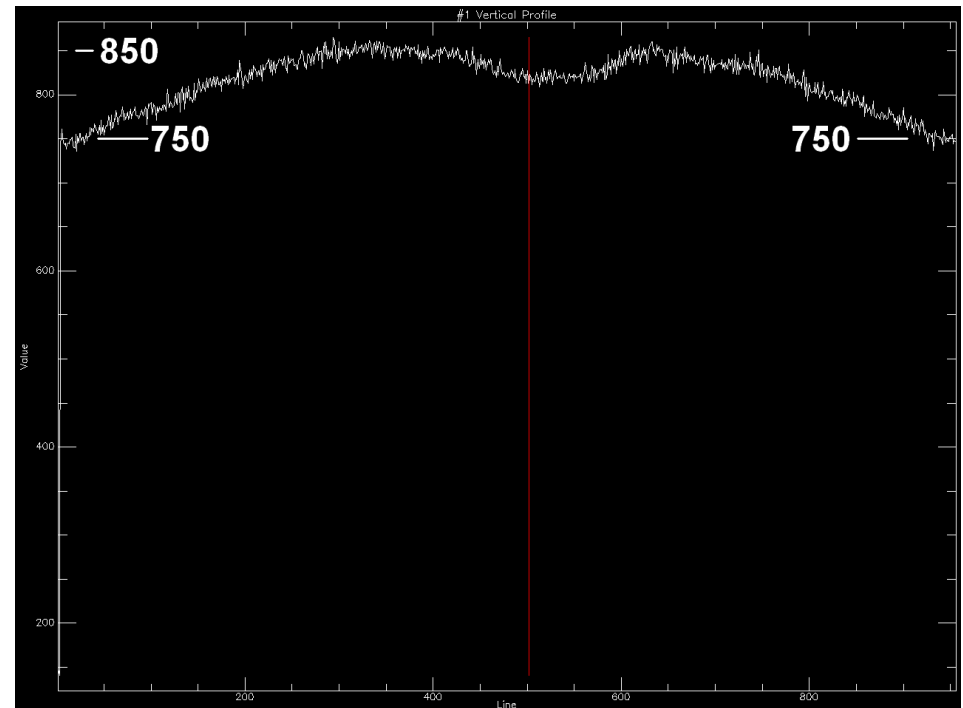
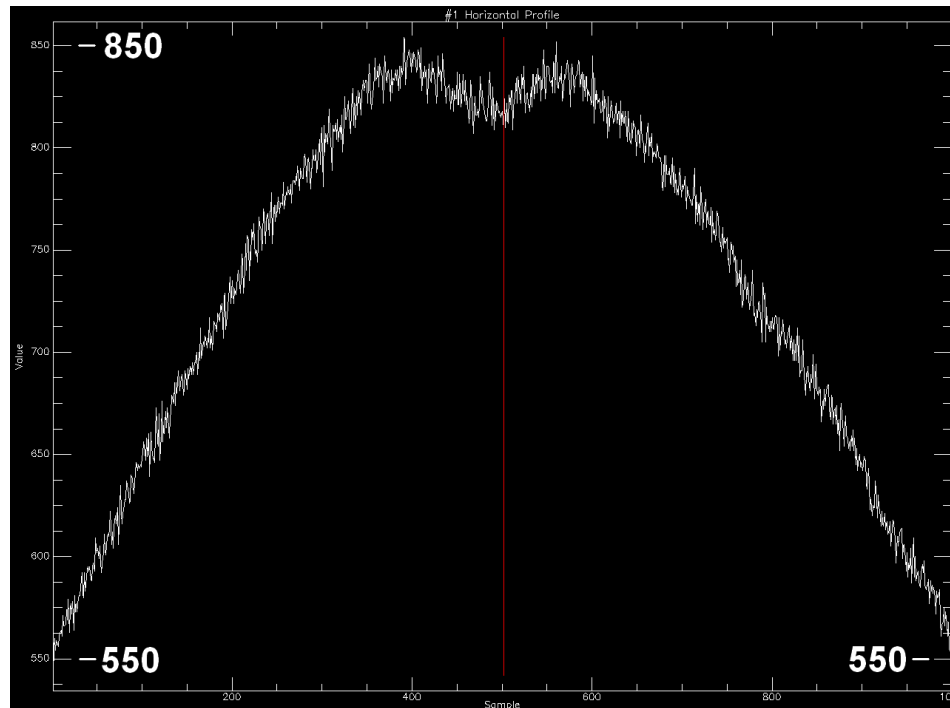


Яркость в центре: 962
Яркость по углам: 490-589
(0.51-0.61)

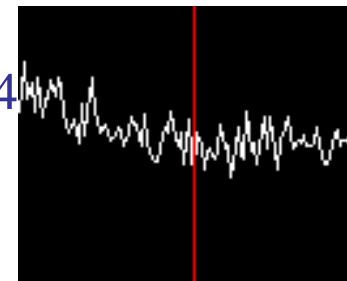


СКО В центре: 7
СКО по углам: 6-13

Неравномерность яркости изображения



Яркость в центре: 853
Яркость по углам: 490-534
(0.57-0.63)



СКО В центре: 6
СКО по углам: 5-7

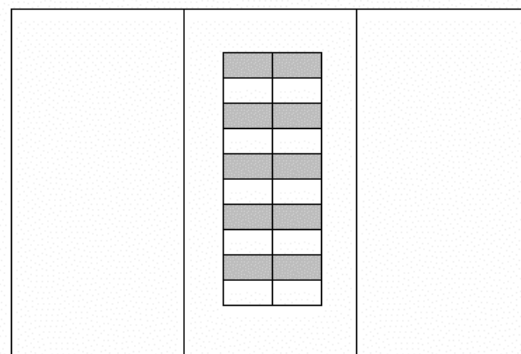
15-19 ноября 2010

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса

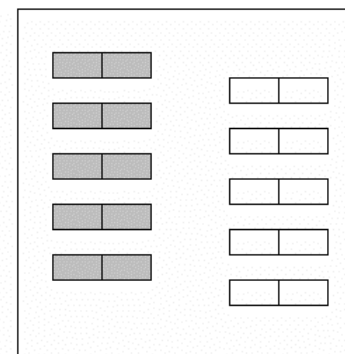
Области поиска особенностей

Минимальная дальность

Максимальная дальность

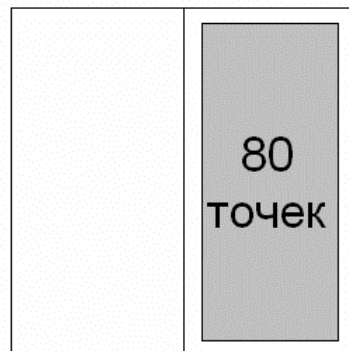


стерео
2×5 точек
для
каждой
камеры

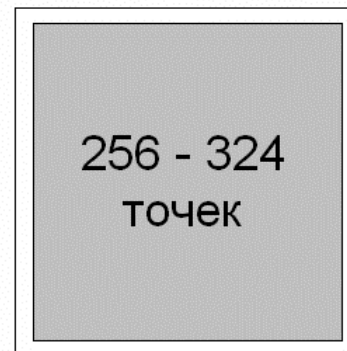


При моделировании

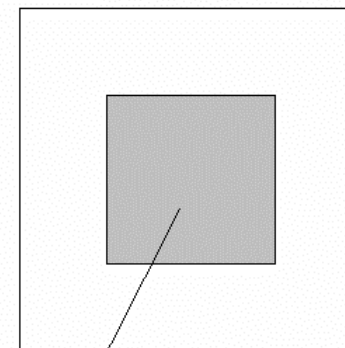
стерео



моно



МОНО



Область поиска
особенностей

Изображения стереорежим



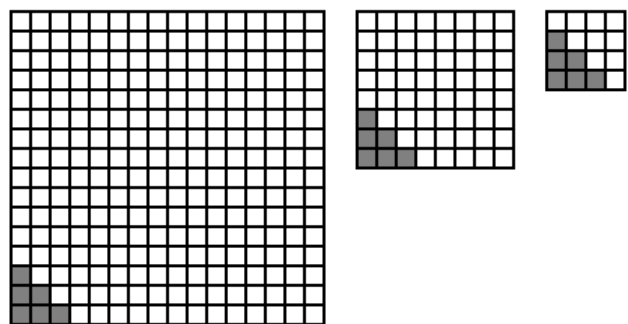
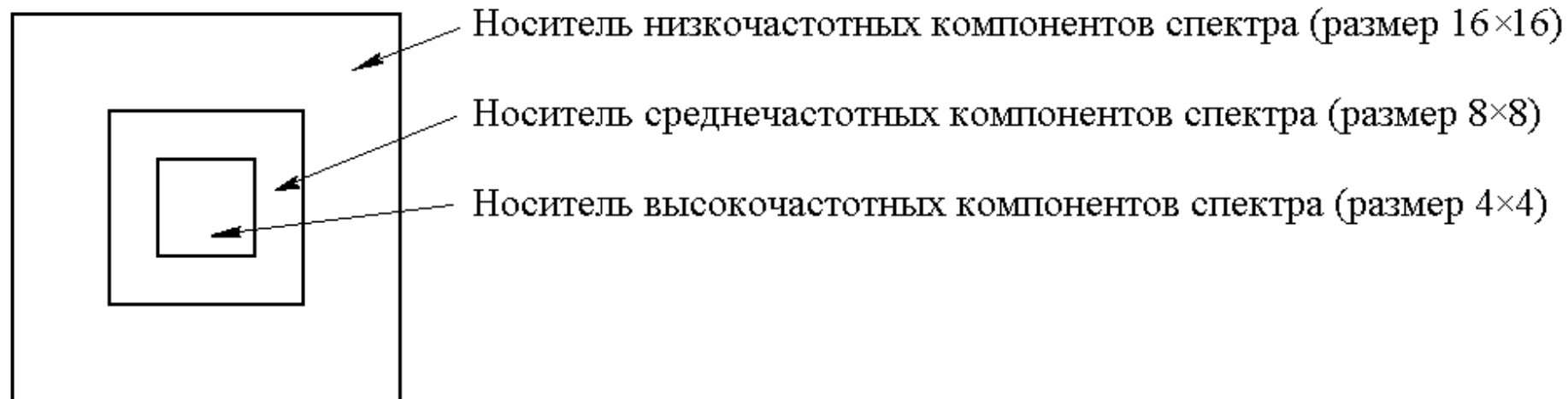
Были сформированы изображения 1000×1000 и 250×250 пикселей.
Были сформированы соответственно маски яркости (нормированные к 1),
размером 1000×1000 и 250×250 пикселей.

Изображения монокулярный режим



Были сформированы изображения 1000×1000 и 250×250 пикселей.
Были сформированы соответственно маски яркости (нормированные к 1),
размером 1000×1000 и 250×250 пикселей.

Базис преобразования Адамара на вложенных носителях



Преобразование Адамара
Базис Уолша,
упорядоченный по секвенте

Методы борьбы

Методы борьбы:

- Нормировка спектральных коэффициентов по величине средней яркости сравниваемых окрестностей
- Нормировка спектральных коэффициентов по степени корреляции между векторами коэффициентов

$$c = \frac{(\vec{V}_1 \vec{V}_2)}{\|\vec{V}_2\|^2} \quad S = \sum_{i=1}^{18} |V_{1i} - c * V_{2i}|$$

Виды критериальной функции соответствия:

- Сумма модулей разностей спектральных коэффициентов.
- Сумма квадратов разностей спектральных коэффициентов
- Классический коэффициент корреляции спектральных коэффициентов

Сравнение

влияние вариаций яркости - монокулярный режим, 2095 точек)

Модуль разности						
К	1.0	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
Н ошибок	13	24	46	71	97	133

Модуль разности с нормировкой по средней яркости							
К	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6
Н ошибок	41	42	50	40	41	40	38

Модуль разности с нормировкой по степени корреляции							
К	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6
Н ошибок	18	17	19	17	17	17	17

Сравнение

влияние вариаций яркости - монокулярный режим, 2095 точек)

Квадрат разности						
К	1.0	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
Н ошибок	14	30	69	144	248	336

Квадрат разности с нормировкой по средней яркости							
К	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6
Н ошибок	49	54	50	52	52	49	49

Квадрат разности с нормировкой по степени корреляции							
К	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6
Н ошибок	19	22	19	20	20	20	20

Сравнение

влияние вариаций яркости - монокулярный режим, 2095 точек)

Коэффициент корреляции спектральных коэффициентов							
К	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6
Н ошибок	25	26	24	26	23	26	26

Всего 2095 точек.

Не учитывалось влияние градиента яркости по полю образа точки.

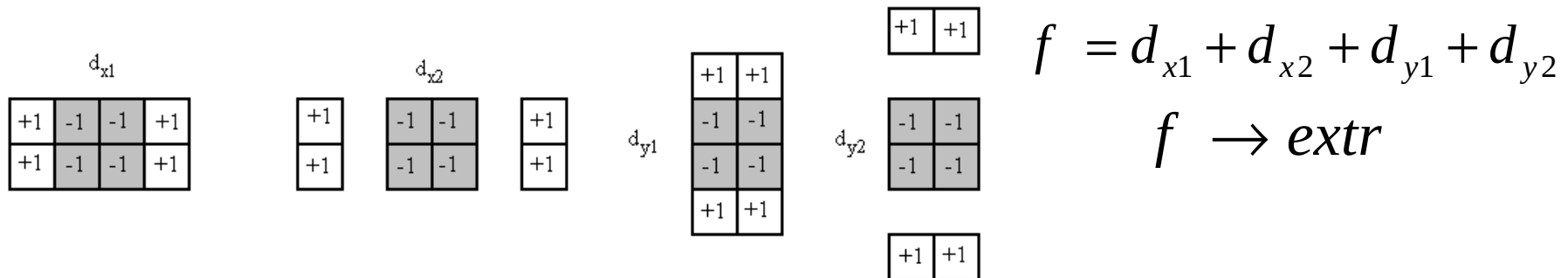
Сравнение

влияние вариаций яркости – стереорежим 100 мм, маска, 913 точек)

Количество ошибок			
Критериальная функция	Нормировка	Маска выключена	Маска включена
Модуль разности	Нет	128	232
	По средней яркости	44	50
	По корреляции векторов	36	35
Квадрат разности	Нет	255	305
	По средней яркости	43	70
	По корреляции векторов	31	46
Коэф. корреляции	Нет	24	39

Градиенты, неравнояркость изображений и проективные искажения

Нормировка целевой функции особенностей



f_1 и f_2 - значение целевой функции особенности на первом и втором изображении

Изображения 250×250 пикселей (больше градиент!).

Сравнивались три случая:

- Без нормировки
- С нормировкой по центральной области
- С нормировкой по всем пикселям.

В целом, нормировка по всем пикселям, использованным для вычисления функции, предпочтительнее (меньше разброс и смещение среднего целевой функции).

Границы селекции целевой функции особенностей

(влияние вариаций яркости – стереорежим 100 мм, 886 точек)

$$f_2^* = (f_2 - f_1) / f_1$$

Нормировка не исключает смещения гистограммы при градиенте маски, особенно в случае противоположного направления градиента на двух изображениях.

Граница селекции f_2^*	± 0.8	± 0.7	± 0.6	± 0.5	± 0.4	± 0.3
Без нормировки	60	69	172	321	—	—
С нормировкой по всем пикселям	62	—	—	63	69	90

Без селекции точек количество ошибок установления соответствия – 59 (Значительные вычислительные затраты).

Интервал проверки соответствия целевых функций можно выбрать $\pm 0,5$ (целесообразно выбрать больше, чтобы не потерять информативные точки).