

«Московский государственный университет геодезии и картографии»
МИИГАиК

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОТНЫХ ЦМР ПО
КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Чибуничев А.Г., Сонюшкин А.В.

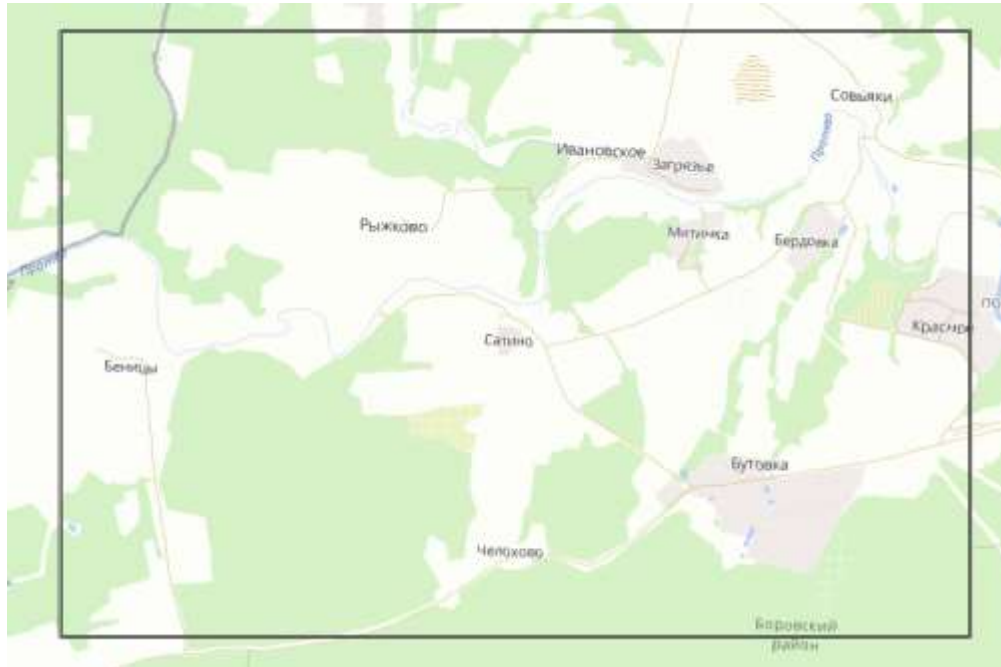
МОСКВА 2015

Характеристики использованных снимков

Наименование снимка	КА	Пространствен ное разрешение	Угол съемки	дата
267146053101_A	IRS-P5 (Cartosat-1)	2.4	5	2008-04-18
267146053101_F	IRS-P5 (Cartosat-1)	2.4	26	2008-04-18
DS_SPOT6_201310220830507_E036N55_01140	SPOT-6	1.6	12.7	2013-10-22
DS_SPOT6_201310220831205_E036N55_01140	SPOT-6	1.6	17.2	2013-10-22

Характеристики тестового полигона

Учебно-научная база географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Калужская обл., Боровский район, д. Сатино



Площадь полигона составляет 20 кв. км. Территория исследования, характеризуется преимущественно равнинным рельефом со средней высотой местности около 190 метров и общим перепадом высот около 70 метров.

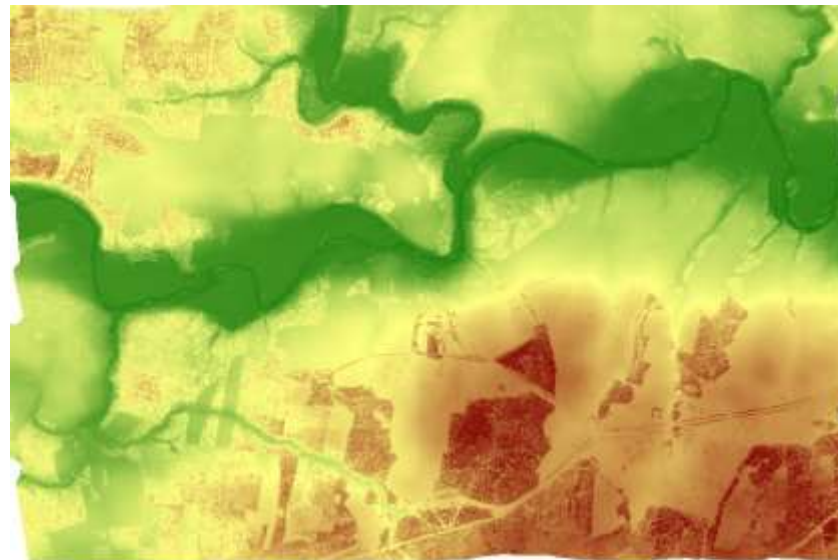
Опорная информация

ортофотоплан



IGI DIGICAM 39 (HASSELBLAD),
разрешение 10 см на пиксель

ЦМР



ЛС Rigel Q560 с плотностью
съемки одна точка на 1 кв. м,
точность по высоте 10 см (СКП).

Точность в плане 25 см (СКП)

Фотограмметрическая обработка

Основные этапы обработки

- Ориентирование снимков по ЭВО (строгий подход) и RPC, с учетом систематической погрешности
- Измерение связующих точек и взаимное ориентирование стереопар
- Трансформирование в базисную (эпиполярную) плоскость
- Автоматизированное стереоотождествление (построение карты параллаксов)
- Трансформирование карты параллаксов в ортографическую проекцию
- Ортотрансформирование левых снимков

Использованное программное обеспечение

- Scanex IMAGE Processor (SIP)
- ENVI-5
- Модифицированный программный код библиотеки OpenCV

Характеристики полученных ЦМР

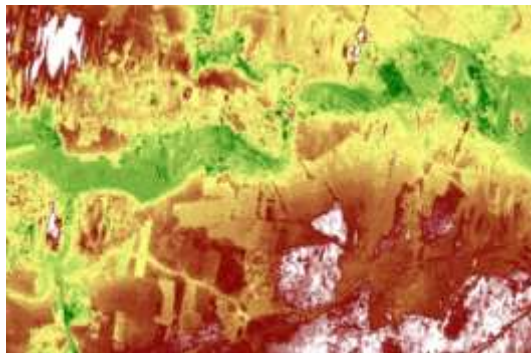
Наименование	Метод	ПО	Шаг (м)
SPOT-6 (SGM)	полуглобальный	SIP, OpenCV 2.4.8	3.2
SPOT-6 (GM)	глобальный	SIP	3.2
SPOT-6 (LM)	локальный	ENVI-5	3.2
IRS-P5 (SGM)	полуглобальный	SIP, OpenCV 2.4.8	4.8
IRS-P5 (GM)	глобальный	SIP	4.8
IRS-P5 (LM)	локальный	ENVI-5	4.8

Использованные методы автоматизированного построения плотных ЦМР

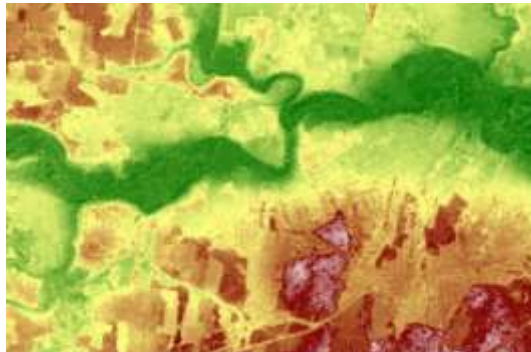
Методы стереоотождествления

Локальный (LM)

$$K(p, d) = \frac{\sum_{p \in W} |I_{bp} \cdot I_{mq}|}{\sum_{p \in W} |I_{bp}|^{1/2} \cdot \sum_{p \in W} |I_{mq}|^{1/2}}$$



SPOT-6

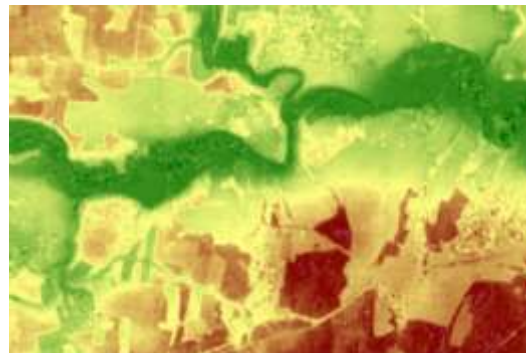


IRS-P5

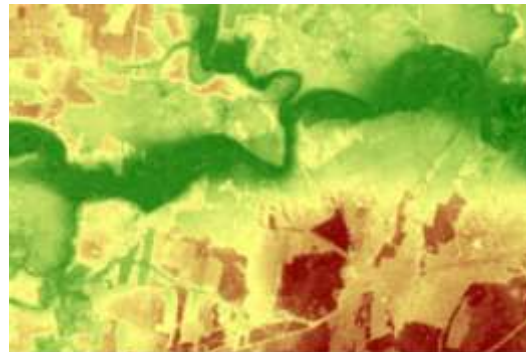
Глобальный (GM)

$$E(d) = E_{data}(d) + E_{smooth}(d)$$

(Алгоритм оптимизации
Метрополиса-Гастингса)



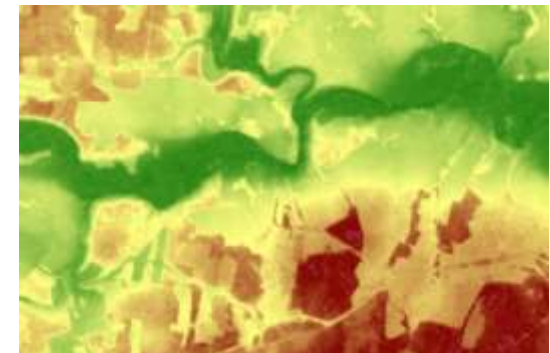
SPOT-6



IRS-P5

Полуглобальный (SGM)

$$E(d) = \sum_p (C(p, d_p) + \sum_{q \in N_p} P_1 T[|d_p - d_q| = 1]) + \sum_{q \in N_p} P_2 T[|d_p - d_q| > 1]$$



SPOT-6



IRS-P5

Оценка точности в плане

Метод	Min	Max	АС	СКО	СКП	СЕ90
SPOT-6 (SGM)	0.19	2.19	1.17	0.57	1.35	2.89
SPOT-6 (GM)	0.06	2.02	1.07	0.56	1.20	2.57
SPOT-6 (LM)	0.30	2.24	1.45	0.55	1.54	3.31
IRS-P5 (SGM)	0.45	2.76	1.37	0.78	1.56	3.35
IRS-P5 (GM)	0.47	2.82	1.38	0.82	1.59	3.42
IRS-P5 (LM)	0.15	3.23	1.39	0.91	1.64	3.53

14, равномерно распределенных, хорошо опознаваемых контрольных точек

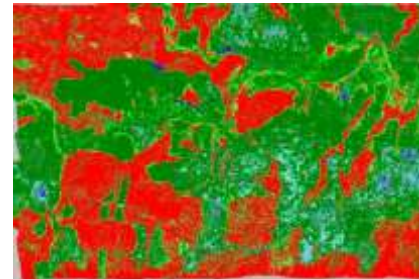
Оценка точности по высоте

Точность по высоте

6 карт «ошибок высот»

ЦМР шаг 0.5 м
точность по
высоте 0.1 м

ЦМР LM
ЦМР GM
ЦМР SGM

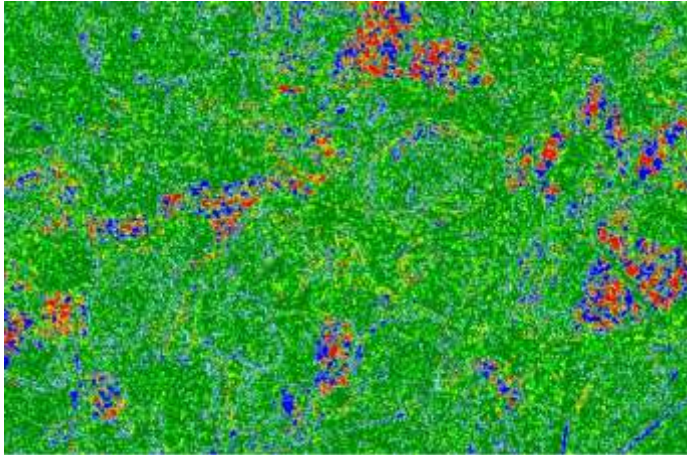


Маска
растительности

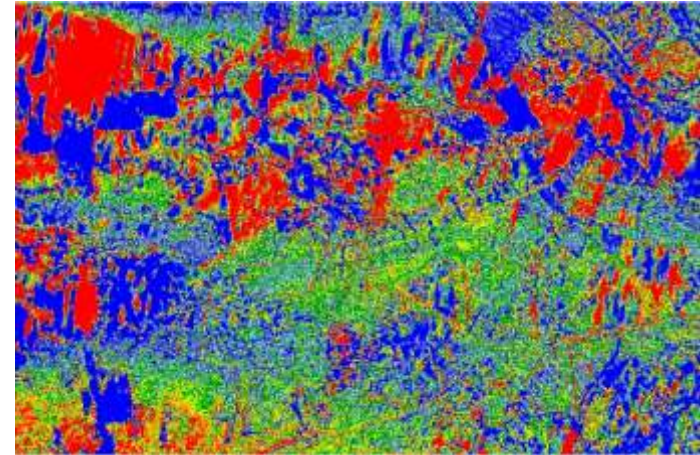
ЦМР	АС (м)	СКП (м)	0.5 σ (%)	1 σ (%)	2 σ (%)	3 σ (%)
SPOT-6 (LM)	6.25	10.52	63.94	84.49	94.86	97.83
SPOT-6 (GM)	2.38	3.5	53.37	79.48	94.07	98.17
SPOT-6 (SGM)	1.77	2.61	49.94	80.02	95.64	98.46
IRS-P5 (LM)	3.10	4.30	47.18	76.24	94.75	98.57
IRS-P5 (GM)	2.0	2.95	53.34	79.53	94.37	98.26
IRS-P5 (SGM)	1.66	2.56	53.46	82.50	95.55	98.37

Качественное сопоставление ЦМР полученных разными методами

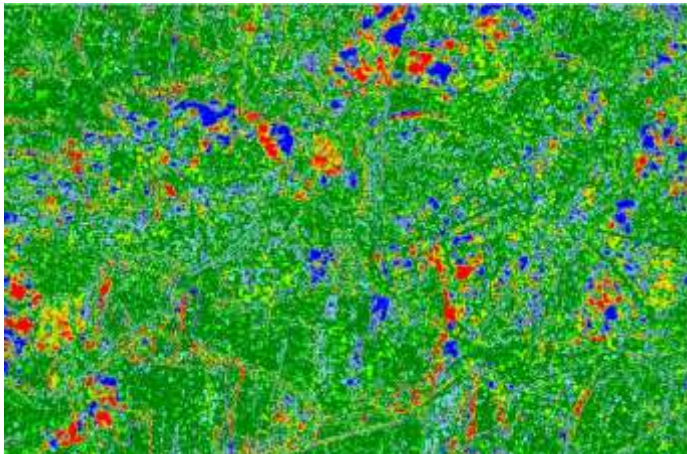
Карты «абсолютной разницы высот» моделей SGM, GM и LM



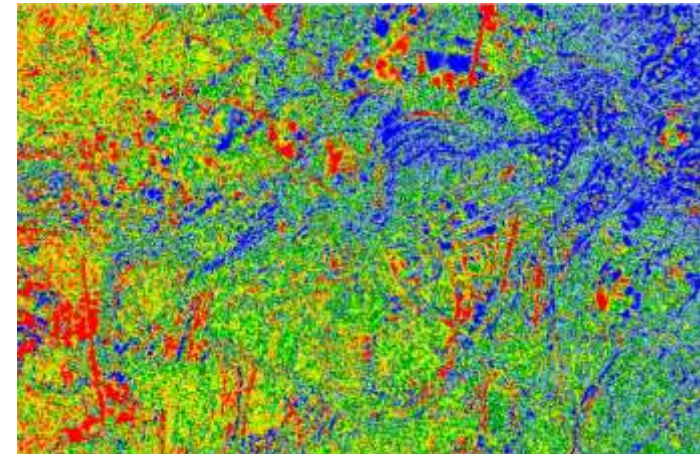
SPOT-6 алгоритмы SGM и GM



SPOT-6 алгоритмы SGM и LM



IRS-P5 алгоритмы SGM и GM

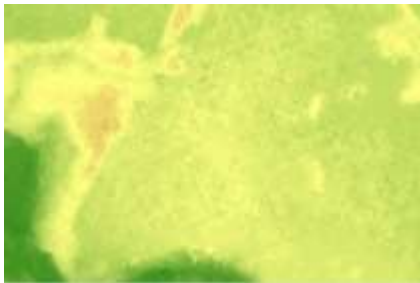


IRS-P5 алгоритмы SGM и LM

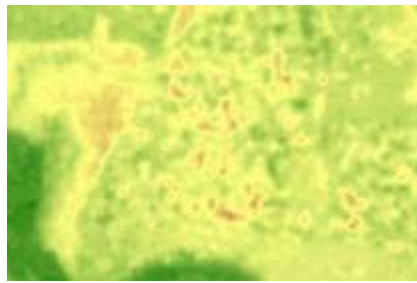
Качественное сопоставление ЦМР полученных разными методами

Качественное сопоставление ЦМР полученных методами SGM и GM

Малоконтрастный плохотекстурированный участок



Полуглобальный (SGM)

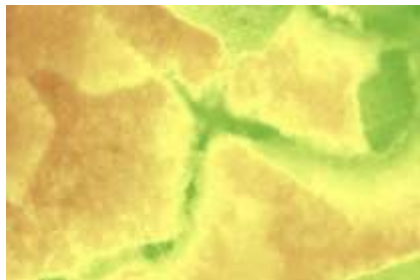


Глобальный (GM)

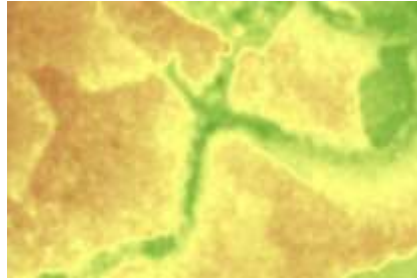


Снимок

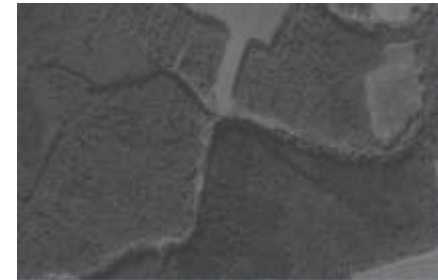
Узкий протяженный участок



Полуглобальный (SGM)



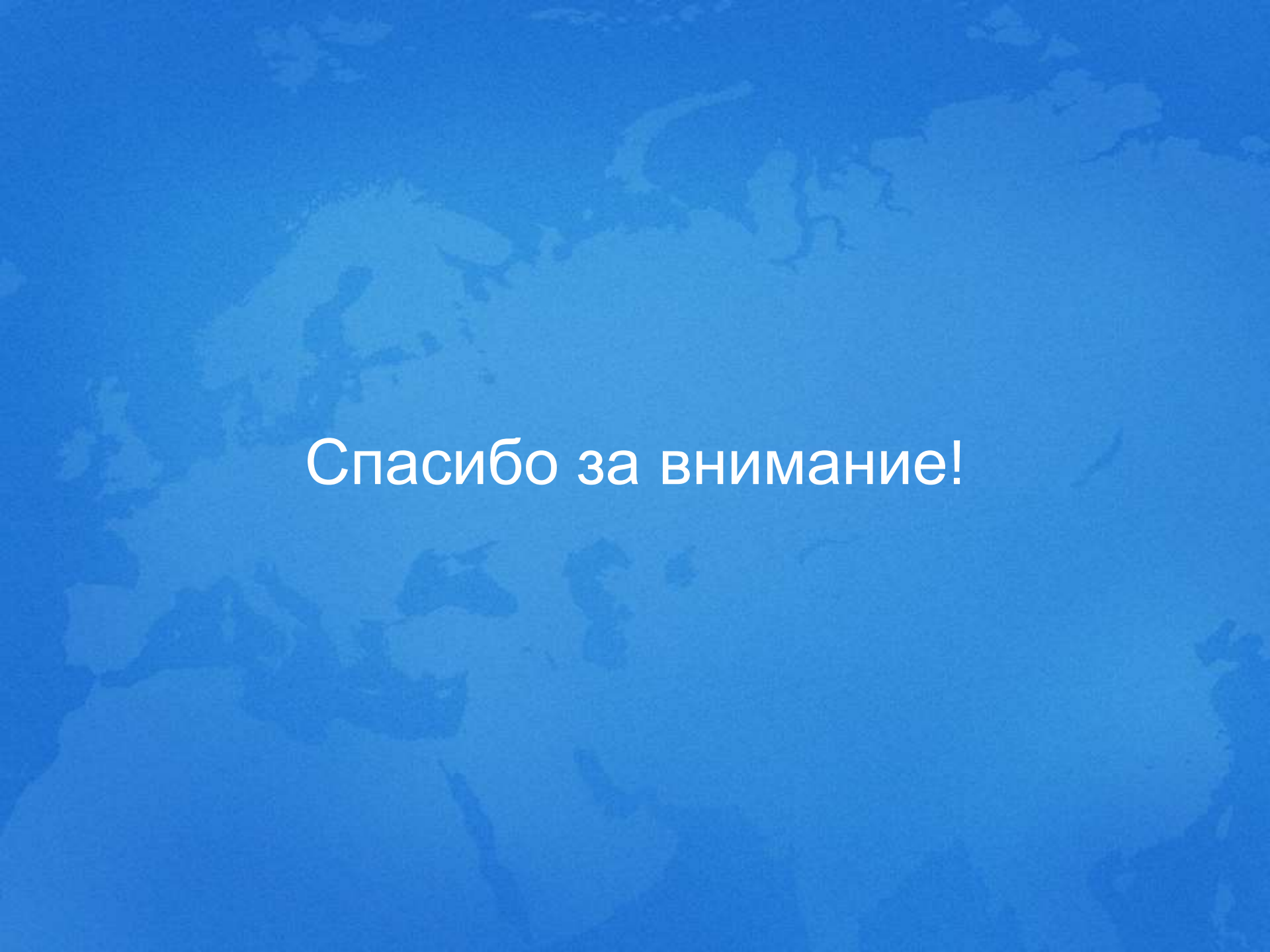
Глобальный (GM)



Снимок

Выводы

- Наилучшие результаты по всем показателям у ЦМР полученных методом SGM
- Наихудшие результаты у метода LM
- 50% значений высот моделей SGM и GM измерены с субпиксельной точностью, 80% с точностью 1 пиксель
- Полученные методами SGM и GM модели могут использоваться при ортотрансформировании вплоть до масштабов 1 : 2000
- Основную сложность для всех тестируемых алгоритмов представляют плохотекстурированные малоконтрастные участки



Спасибо за внимание!