

**Дж. Митчелл** (Gerry Mitchell; PhotoSat Information Ltd., Канада)

Президент компании PhotoSat Information Ltd., специалист в области ДЗЗ и геофизики

# Цифровые модели рельефа, созданные по данным спутниковой стереосъемки и лазерного сканирования: сравнительный анализ\*

В июне 2010 г. компания PhotoSat Information Ltd. провела исследование по сравнительному анализу точности построения цифровых моделей рельефа (ЦМР), созданных по стереоснимкам с космического аппарата (КА) WorldView-2 с одной стороны и по данным лазерного сканирования (лидарной съемки) – с другой. Для этого компания DigitalGlobe, владелец спутника WorldView-2, предоставила стереопару космических снимков, охватывающую площадь более 180 кв. км в юго-восточной части штата Калифорния (США).

На данную территорию в апреле 2008 г. была также создана ЦМР по результатам лидарной съемки, которая доступна на веб-сайте OpenTopography (<http://www.opentopography.org>).

Район, на который проводился сравнительный анализ двух ЦМР, показан на рис. 1.

Сравнительный анализ двух ЦМР проиллюстрирован на рис. 2–10.

Фрагмент ЦМР, созданной на основе лидарной съемки, использованный для сравнительного анализа

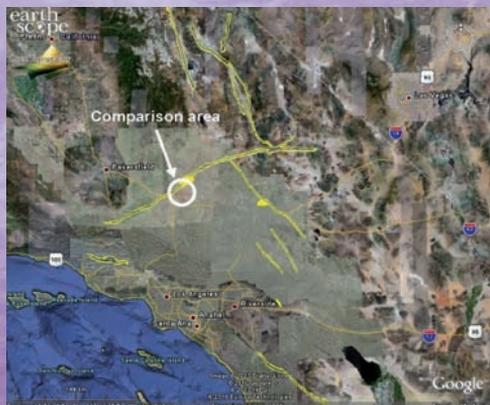


Рис. 1.  
Район разлома Гарлок. Территория, на которую была проведена лидарная съемка в апреле 2008 г. и получена стереопара снимков с КА WorldView-2 29 апреля 2010 г. обозначена кружком

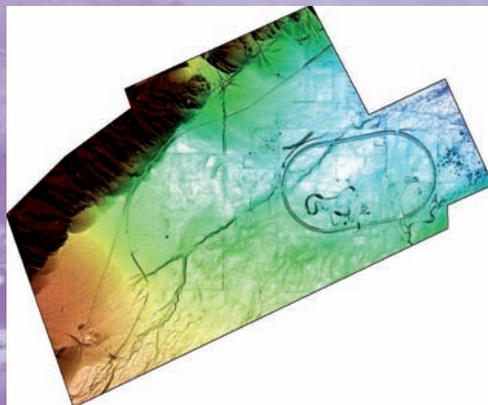


Рис. 2.  
Фрагмент ЦМР, созданной на основе лидарной съемки. Цветовая шкала: от голубого цвета (наименьшие высоты) до темно-коричневого цвета (наибольшие высоты)

\* Перевод с английского языка



Рис. 3. Ортофотоснимок с KA WorldView-2. Граница фрагмента района лидарной съемки обозначена черным контуром. Овальная трасса длиной 7,5 миль – испытательный центр компании Honda

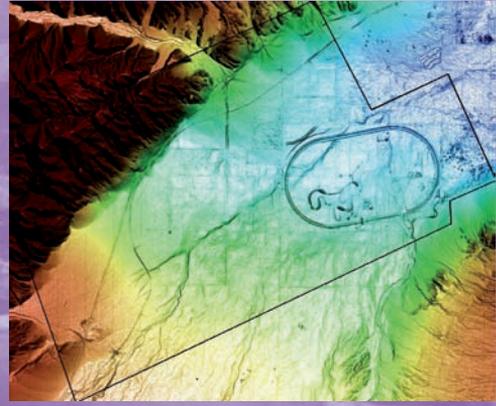


Рис. 4. ЦМР, созданная на основе данных с KA WorldView-2. Черным контуром обозначен фрагмент района лидарной съемки. Цветовая шкала: от голубого цвета (наименьшие высоты) до темно-коричневого цвета (наибольшие высоты)

показана на рис. 2. Район простирается на 15 км с запад на восток и на 12 км с севера на юг.

Ортофотоснимок с разрешением 50 см с KA WorldView-2, показан на рис. 3.

На рис. 4 показана ЦМР, созданная на основе стереопары с KA WorldView-2. Шаг ЦМР на местности составляет 1 м. В масштабе, в котором показаны ЦМР (рис. 2, 4), не видно различий между ними.

Различие высот ЦМР, созданных по стереопаре с KA WorldView-2 и по данным лидарной съемки, показано на гистограммах (рис. 5). Если принять ЦМР, созданную по данным лидарной съемки за эталон, то ЦМР, созданная по стереопарам снимков с KA WorldView-2 будет иметь среднеквадратическую погрешность по высоте (RMSE) 33 см. В девяноста случаях из ста значения высот на ЦМР WorldView-2 отклоняются от соответствующих значений лидарной ЦМР не более чем на 35 см, т. е. можно сказать, что точность модели по высоте составляет 35 см (LE90).

На рис. 6, 7 представлены идентичные фрагменты двух ЦМР разного масштаба. В более мелком

масштабе (рис. 6) заметны только небольшие различия между моделями, а при увеличении масштаба в 5 раз уже видно (рис. 7), что на модели, созданной по лидарным данным, мелкие формы рельефа показаны более четко.

ЦМР, созданная по стереопаре с KA WorldView-2 совпадает с ЦМР, созданной по данным лидарной съемки в областях с уклонами менее 20% (рис. 8).

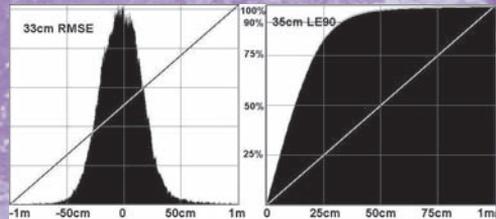


Рис. 5. Стандартная (слева) и кумулятивная (справа) гистограммы сравнения ЦМР

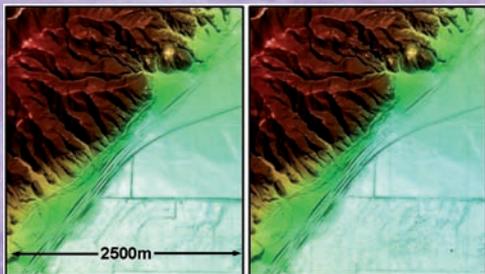


Рис. 6.  
Визуальное сравнение ЦМР, созданных по данным  
лидарной съемки (слева) и стереопаре с КА  
WorldView-2 (справа)

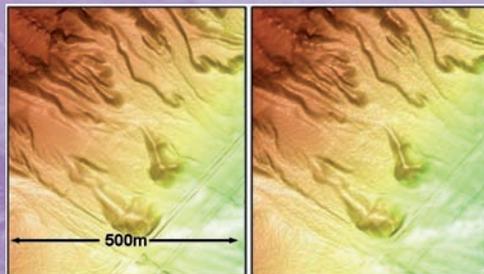


Рис. 7.  
Визуальное сравнение ЦМР, созданных по данным  
лидарной съемки (слева) и стереопаре с КА  
WorldView-2 (справа) в увеличенном масштабе

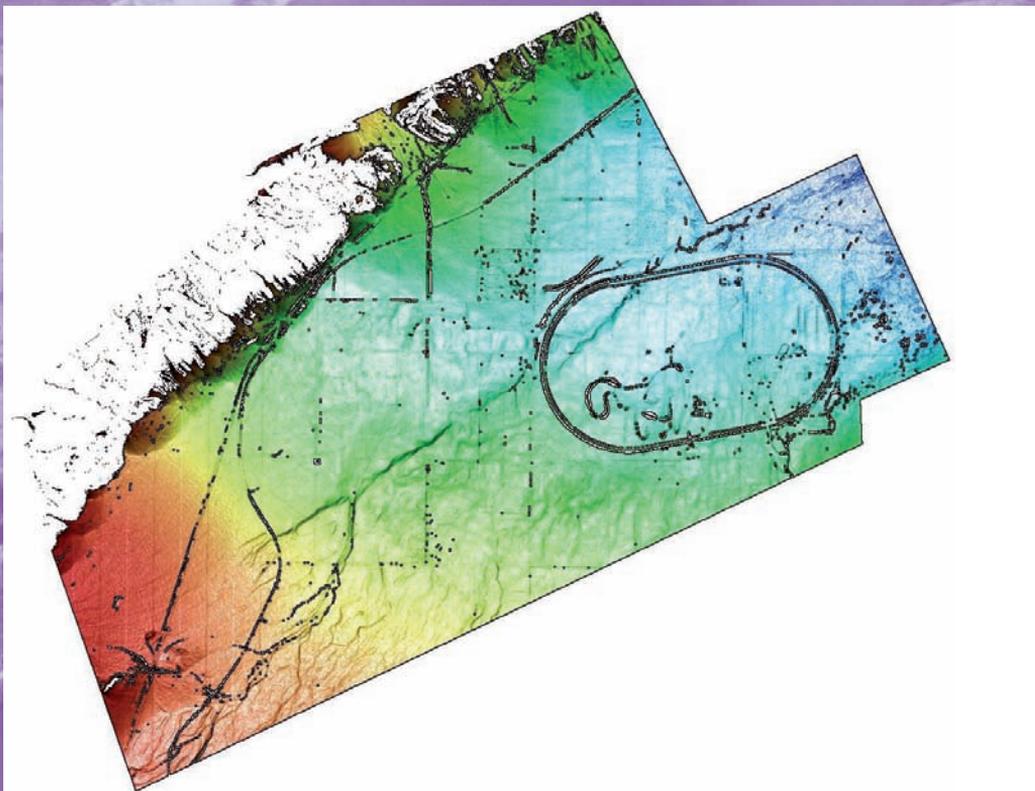


Рис. 8.  
Наложение двух ЦМР

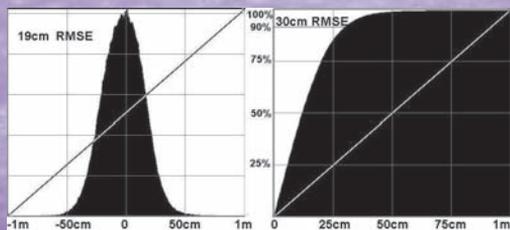


Рис. 9. Стандартная (слева) и кумулятивная (справа) гистограммы сравнения ЦМР для районов с уклоном рельефа менее 20%.

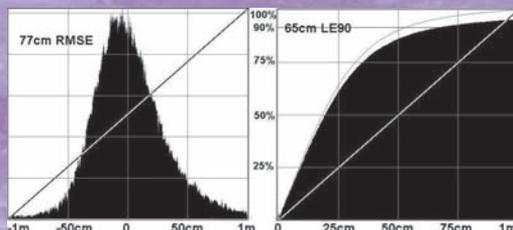


Рис. 10. Стандартная (слева) и кумулятивная (справа) гистограммы сравнения ЦМР для районов с уклоном рельефа более 20%.

На рис. 9 приведены гистограммы, которые показывают, что в районах с уклонами рельефа менее 20% RMSE составляет 19 см по высоте, а ошибка LE90 составляет 30 см. В районах с уклонами рельефа более 20% RMSE составляет 77 см, а LE90 составляет 65 см (рис. 10).

## ВЫВОДЫ

Компания PhotoSat Information Ltd. на основе полученных со спутников WorldView-1 и WorldView-2 стереоснимков (пространственное разрешение 50 см) создает ЦМР с шагом в 1 м и точностью по высоте менее 30 см (RMSE), которая была подтверждена тысячами наземных измерений в рамках проектов в Эритрее и Мексике. Дополнительную информацию об исследованиях точности можно найти в следующих отчетах:

[http://www.photosat.ca/pdf/worldview2\\_satellite\\_elevation\\_mapping\\_poa\\_eritrea.pdf](http://www.photosat.ca/pdf/worldview2_satellite_elevation_mapping_poa_eritrea.pdf)

[http://www.photosat.ca/pdf/WV\\_accuracy\\_chihuahua.pdf](http://www.photosat.ca/pdf/WV_accuracy_chihuahua.pdf)

Для сравнения ЦМР, созданной PhotoSat на основе полученных со спутника WorldView-2, стереоснимков с данными лидарной съемки, компания DigitalGlobe поставила PhotoSat два снимка, образующих стереопару, на район в юго-восточной части штата Калифорния. ЦМР, построенная по лидарным данным от OpenTopography (<http://www.opentopography.org>) обладает высоким разрешением и точностью. Когда

мы сделали предположение что ЦМР, построенная по лидарным данным может быть использована для оценки точности ЦМР, созданной по стереопаре WorldView-2 с шагом на местности 1 м, мы получили следующую оценку точности по высоте:

- Вся территория (180 кв. км) — RMSE=33 см (LE90 35 см).
- Области с уклонами < 20% — RMSE=19 см (LE90 30 см).
- Области с уклонами > 20% — RMSE=77 см (LE90 65 см).

В заключение отметим, что **преимущества ЦМР, создаваемых по данным космических стереосъемок заключаются в следующем:**

- возможность быстрого получения и обработки данных на огромные территории;
- ЦМР могут создаваться на любые районы Земли, так как спутники обеспечивают глобальное покрытие;
- для съемки не требуется разрешение государственных органов, что позволяет выполнять картографические проекты без задержек;
- не требуется оплачивать простой самолета, вызванный нелетной погодой, и работу экипажа, что нередко требуется при проведении воздушной лидарной съемки;
- не требуется личного присутствия специалистов на территории съемки.