

УДК: 528.71, 528.77, 528.44, 528.45

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ.

*Базарнова Н.В., Додоенко Т.В., Куценко Т.А., Лелюх С.А., Чернов В.В.*

Появление на рынке снимков с аппаратов Iconos и QuickBird-2 открывает совершенно новые перспективы для создания и обновления картографических материалов основных градостроительных масштабов 1:2000 и 1:500.

Во всем мире сейчас активно обсуждается вопрос о пригодности космических снимков с этих аппаратов для картографирования в масштабах крупнее 1:5000. Так, серия статей, опубликованных на сайте российской компании «Совзонд» [1]-[5] отражает различные мнения участников дискуссии, постепенно склоняющиеся к возможности получения материалов масштаба 1:2000 при благоприятных условиях. Однако, на наш взгляд, принимая за эталон аэрофотосъемку, авторы этих статей проявляют несколько однобокий подход к проблеме.

Пока проанализируем традиционный подход к созданию топопланов масштаба 1:2000, останавливаясь в основном на его недостатках. Как известно, источником данных для таких топопланов в подавляющем большинстве случаев являются аэрофотоснимки, полученные в результате челночных залетов. Любой залет, выполненный даже с применением гироплатформы и GPS привязки точек съемки, не может дать идеальных надирных снимков. На практике, как правило, в результате аэрофотосъемки получается набор кадров с разбросом центральных точек от линии курса до 50-70 м и с совершенно непредсказуемым и неучтенным азимутом и углом отклонения от надира, обусловленный креном, тангажем и рысканьем летательного аппарата, несущего камеру. Гироплатформа способна лишь уменьшить, но не устранить полностью эти недостатки. Появившиеся в аэрофотосъемке в последнее время приборы GPS дают только один параметр, который может быть точно учтен в последующей обработке снимка -- абсолютные координаты камеры. Но этого явно недостаточно для строгих фотограмметрических расчетов. Имеют место также краевые искажения кадра, которые тоже не могут быть математически точно устранены.

При последующей обработке, конечно же, кадры подвергаются трансформации, которая частично устраняет указанные ошибки, однако, как говорят американцы, *garbage in - garbage out* - мусор на входе ничего, кроме мусора на выходе, дать не может.

Однако, не имея до сих пор реальной альтернативы, приходилось искать способы коррекции снимков. За 40 лет наука преуспела в создании разного рода фототрансформаторов, как оптико-механических, так и электронных. Но, учитывая то, что исходные метаданные, как отдельных снимков, так и их мозаики отсутствуют, результат фототрансформации целиком зависит от мастерства фотограмметриста, а, следовательно, присутствие человеческого фактора превращает фотограмметрию из науки в искусство, точнее в шаманство.

Очень хорошим подтверждением сказанному является факт, отмечаемый специалистами из разных городов, имеющими опыт одновременной обработки растровых картматериалов масштабов 1:2000 и 1:500. Очень часто при совмещении этих материалов обнаруживаются плановые отклонения до 20 м. в местоположении одних и тех же объектов. Высказывались разные предположения - и неверно выполненная сеть сгущения (что тоже имеет место), и просто некачественная работа геодезистов. А основная причина, на наш взгляд, в одном - традиционная аэрофотосъемка крупных масштабов просто по умолчанию не может быть привязана точнее 20 м по всей мозаике кадров и корректна только в районе опознаков. Поэтому в картматериалы масштаба 1:2000 изначально заложена такая точность. А материалы масштаба 1:500, которые, как правило, создаются методами инструментальной съемки, уже более реально отображают ситуацию на местности. Отсюда и такие расхождения. Как сказал один из коллег - землестроителей - наземная съемка может лечь на космический снимок - все зависит, от того, откуда снимать...

Вывод напрашивается один. Если мы хотим получить точные результаты фотограмметрии, которые затем дадут нам точные карты - мы должны использовать на входе изначально геометрически корректную аэрофотосъемочную информацию. Такую информацию на сегодняшний день за разумную цену может дать только космический снимок высокого разрешения.

У защитников аэрофотосъемки тут же на уме появляются пиксели. Все, кому не лень, выучили это слово и пытаются доказать, что из снимка, разрешающая способность которого 60 см на пиксель, ни в коем случае нельзя вытащить большей точности.

Такое утверждение говорит только о низкой технической эрудиции его авторов. Уже более 20 лет назад в таких дисциплинах, как компьютерное зрение, компьютерная томография и рентгенология [12], [13] научно доказано, что использование мультиспектральной (в рентгенологии и томографии - мультиэнергетической) съемки даже при автоматическом дешифрировании позволяет повышать точность дешифрирования в 1.5 раза на каждый дополнительно используемый канал спектра. Эта технология получила название «субпиксельное дешифрирование», и в последнее время распространяется и в обработке данных ДЗЗ [6], [7]. Так что в случае использования дополнительных трех спектральных и одного черно-белого каналов снимка QuickBird-2 теоретическая точность автоматического дешифрирования - 18 см.

Подготовленный специалист при грамотном использовании косвенных признаков дешифрирования и специально разработанного нами приложения под ArcGis 9.1, алгоритм которого основан на принципах, описанных в предыдущем абзаце, может достичь значительно большей точности. Так, в случае г. Каменка - Днепропетровская точность дешифрирования составила не хуже 10 см. Аналогичные результаты получены и зарубежными коллегами, правда в несколько других приложениях [8]-[11].

К вопросу об ортофотокоррекции (учете рельефа) космического снимка. Проблема необходимости ортофотокоррекции аэрофото возникла из-за малых высот аэрофотосъемки. Действительно, если аппарат летит на высоте 1 км, а разница в высотах рельефа составляет 50 м, то отдельные участки снимка должны быть сдвинуты в плане до 5 м. и при этом еще учтены искажения на краях снимка. Но

если аппарат летит на высоте 400 км, то этот необходимый сдвиг составит ровно в 400 раз меньше при отсутствии значимых краевых искажений. Это те сантиметры, даже миллиметры, которыми вполне можно пренебречь.

Теперь об использовании метаданных космического снимка. Одним из преимуществ космических данных ДЗЗ является то, что вместе со снимком поставляются точные данные о высоте и азимуте спутника и Солнца на момент съемки, а также об отклонении оси съемки от надира. Решение системы простейших тригонометрических уравнений позволяет обойтись без стереофотограмметрии для того, чтобы определить высоты зданий и сооружений, направление и величину смещения отдешифрированной крыши здания для вычисления его основания. Нами разработано приложение под ArcGis 9.1, позволяющее автоматизировать этот процесс. Алгоритм, основанный на составлении и решении 6 уравнений с 6-ю неизвестными, находится на стадии патентования.

И о самом главном преимуществе космического снимка. Грамотное его дешифрирование позволяет получить на выходе не карту в ранее принятом значении этого слова, а топологически связную геобазу данных. Это значит, что мы получаем готовые данные для земельного и градостроительного кадастров. Остается лишь наполнить эти данные семантикой. Дополнительные геодезические работы по землеустройству в большинстве случаев уже не требуются. Более того, нами создано программное обеспечение, которое генерирует основные документы, необходимые для установления прав собственности на землю или подготовки договоров аренды.

В данном случае речь идет о замене ортодоксальной геодезии на новые технологии.

Что касается технологии создания планов масштаба 1:500 (и нанесения выходов подземных коммуникаций на планы 1:2000). Конечно, здесь не обойтись без инструментальной съемки. Но она используется лишь для уточнения результатов дешифрирования снимка и достижения нормативной точности 5 см. в плане. Ключевым моментом в такой технологии является точная привязка и трансформация космического снимка по не менее 3-м точкам на 1 кв.км. Привязка осуществляется при помощи геодезического прибора GPS. Дешифрирование точек привязки - по технологии субпиксельного дешифрирования, упомянутой выше. Трансформация - при помощи программного пакета ERDAS. Трансформированный снимок дешифрируется для масштаба 1:2000 в ArcGis 9.1. После этого на местности инструментальными промерами уточняются результаты дешифрирования и наносятся выходы подземных коммуникаций (колодцы, камеры и т.п., многие из которых успешно дешифрируются и на космическом снимке). В результате получаем стандартный топоплан М1:2000. Из этого топоплана путем простого увеличения и инструментального нанесения дополнительной нормативной нагрузки получаем план масштаба 1:500.

В заключение хочется привести несколько примеров, показывающих практическое применение описанной методики и позволяющих сделать вывод о возможности применения космических снимков высокого разрешения для создания плановых материалов основных градостроительных масштабов 1:2000 и 1:500.



6. Yousif Ali Hussin Virginia P. Atmopawiro SUB-PIXEL AND MAXIMUM LIKELIHOOD CLASSIFICATION OF LANDSAT ETM+IMAGES FOR DETECTING ILLEGAL LOGGING AND MAPPING TROPICAL RAINFOREST COVER TYPES IN BERAU, EAST KALIMANTAN, INDONESIA. Department of Natural Resources, The International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Hengelosstraat 99, 7500 AA, Enschede, Netherlands, Fax: (31)53-4874-388, Hussin@itc.nl, [Atmopawiro@itc.nl](mailto:Atmopawiro@itc.nl) TS Ths8 WGI, WGVII
7. Hongyou Liang a, Shengwu Hu a, Chaofei Qiaob STUDY OF FUZZY UNCERTAINTY OF GIS PRODUCTS a Department of Surveying Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo , [China-ly@hpu.edu.cn](mailto:China-ly@hpu.edu.cn) b College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing , China- qiaochaofei@163.com
8. Go Koutaki a , Keiichi Uchimura a, Zhencheng Hu b ROAD UPDATING FROM HIGH RESOLUTION AERIAL IMAGERY USING ROAD INTERSECTION MODEL. a Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan - koutaki@navi.cs.kumamoto-u.ac.jp, [uchimura@cs.kumamoto-u.ac.jp](mailto:uchimura@cs.kumamoto-u.ac.jp) b Faculty of Engineering,, Kumamoto University,2-39-1 Kurokami, Kumamoto, 860-8555 Japan- [hu@cs.kumamoto-u.ac.jp](mailto:hu@cs.kumamoto-u.ac.jp) ISPRS WG V/6
9. Yair Avrahami <sup>a\*</sup>, Yuri Raizman <sup>b</sup>, Yerach Doytsher <sup>a</sup> EXTRACTION OF 3D SPATIAL POLYGONS BASED ON THE OVERLAPPING CRITERION FOR ROOF EXTRACTION FROM AERIAL IMAGES. Department of Transportation and Geo-Information Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Technion – Israel Institute of Technology. <sup>a</sup> Technion City, Haifa 32000, Israel. (yaira, doytsher)<sup>b</sup>@tx.technion.ac.il <sup>b</sup> Survey of Israel, 1 Lincoln St., Tel-Aviv, 65220 Israel. [yuring@mapi.gov.il](mailto:yuring@mapi.gov.il)
10. Uwe Bacher and Helmut Mayer. AUTOMATIC ROAD EXTRACTION FROM MULTISPECTRAL HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES. Institute for Photogrammetry and Cartography Bundeswehr University Munich D-85577 Neubiberg, Germany Email: [fuwe.bacher](mailto:fuwe.bacher), [helmut.mayerg@unibw.de](mailto:helmut.mayerg@unibw.de)
11. A. Gerhardinger <sup>a\*</sup>, D. Ehrlich <sup>a</sup>, M. Pesaresi. VEHICLES DETECTION FROM VERY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY..a IPSC, Joint Research Centre, 21020 Ispra, Italy - [andrea.gerhardinger@jrc.it](mailto:andrea.gerhardinger@jrc.it)
12. Dzung L. Pham. Integrating Intensity and Boundary Information for Tissue Classification Laboratory of Medical Image Computing Department of Radiology, Johns Hopkins University Baltimore, MD 21287 E-mail: [pham@jhu.edu](mailto:pham@jhu.edu)
13. Chenyang Xu, Dzung L. Pham, Maryam E. Rettmann, Daphne N. Yu, and Jerry L. Prince. Reconstruction of the Human Cerebral Cortex from Magnetic Resonance Images. IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, VOL. 18, NO. 6, JUNE 1999

Статья поступила в редакцию 03.05.06