

Опыт использования ЦФС PHOTOMOD для обработки аэрофотосъемки промышленных районов

Р.А. Жетписов

АО «КазГеоКосмос», Алматы, Казахстан

За время выполнения фотограмметрических работ по материалам аэрофотосъемки различных объектов практически во всех регионах Казахстана, специалисты АО «Казгеокосмос» накопили большой опыт работы в ЦФС PHOTOMOD. В данной статье на примере промышленных объектов изложены некоторые соображения, основанные на данном опыте.

Основными заказчиками услуг нашей компании являются различные добывающие компании, а также государственные и муниципальные органы. Основной объем картографических и иных работ, основанных на данных ДЗЗ, выполняется по материалам аэрофотосъемки, так как именно крупномасштабные карты и планы, а значит и данные высокого разрешения, являются более востребованным материалом.

Аэрофотосъемка выполняется с использованием собственного двухмоторного самолета KingAir C90A и аэрофотоаппарата Microsoft/Vexcel UltraCam-X (Таблица 1). Также в случае необходимости используется лидар, арендуемый у сторонней организации.

Таблица 1.

Наименование камеры	Vexcel UltraCam-X
Размер кадра, пиксели	14430x9420
Размер пикселя, мкм	7,2
Количество каналов	4 (RGB и NIR)
Цветовое разрешение, бит на канал	12
Фокусное расстояние, мм	100,5
Положение главной точки, x_0 , мм	-0,144
Положение главной точки, y_0 , мм	0,000

Благодаря возможности обработки в ЦФС PHOTOMOD многоканальных снимков, для фотограмметрической обработки используются 4-канальные снимки уровня обработки Level-3 (прошедшие паншарпинг) с глубиной цветности 16 бит/канал.

Наиболее часто используемым для аэрофотограмметрической съемки промышленных районов является пространственное разрешение

фотоснимков в 5-15 см/пиксель. Зачастую заказчик требует производить съемку с разрешением более высоким, чем необходимо для обеспечения точности создаваемого картографического материала. Это связано с высокой загруженностью промышленных площадок и, соответственно, сложностью дешифрирования объектов, находящихся на них. Кроме того, это позволяет повысить достоверность стереоизмерений.

Однако у этой медали есть и обратная сторона. Она заключается в том, что с увеличением пространственного разрешения увеличивается и количество кадров, а значит и производимых работ по первичной и фотограмметрической обработке аэроснимков. В первую очередь это сказывается, при взаимном ориентировании снимков. Внутреннее ориентирование для снимков, полученных цифровой камерой, является почти автоматическим процессом, занимающим очень мало времени.

Во время выполнения съемки данные внешнего ориентирования снимков фиксируются оборудованием, установленным на борту самолета. Точности их в большинстве случаев недостаточно, однако их наличие позволяет сократить объем работ по подготовке планово-высотного обоснования (ПВО), а также сводит процесс создания накладки монтажа к минимуму действий.

При правильно произведенном монтаже блока автоматический поиск связующих точек в ЦФС PHOTOMOD отрабатывает с хорошим качеством. Однако ручная доработка неизбежна, и она выполняется с упором на урбанизированные участки и участки со сложным рельефом, а также на межмаршрутные связи. Так, например, редактируются или удаляются точки на краях крыш, на резких склонах и т.п. Особенно это актуально на территории горных выработок, где стенки карьеров и склоны отвалов грунта имеют очень большой угол наклона на большом протяжении.

После измерения связующих точек или параллельно с этим ведется измерение точек планово-высотного обоснования.

Опорные и контрольные точки на местности закладываются в виде крестов контрастирующего с поверхностью цвета. Размер крестов выбирается исходя из разрешения съемки, обычно шириной в 3-4 пикселя и длиной крыльев в 10 пикселей. Планирование опознаков производится после того как будет готов план аэрофотосъемки. Точки располагаются в углах и в центре, а также равномерно по всей площади аэрофотосъемки, по возможности на межмаршрутных перекрытиях. При определении координат этих точек спутниковыми методами используются базовые станции, положение которых определяется долговременными измерениями относительно пунктов сети ITRF. Та же базовая станция работает во время аэрофотосъемки, и измерения бортовых навигационных приборов самолета также уравниваются относительно нее. Это позволяет получить координаты центров проекции и точек ПВО без взаимных сдвигов.

Взаимное ориентирование считается выполненным с удовлетворительным качеством, когда значения контролируемых величин не превышают значений, указанных в таблице ниже (при продольном перекрытии в 60%).

Таблица 2.

Величина	Среднее, мкм	Макс, мкм
Остаточный поперечный параллакс	2	4
Ошибка в триплетах плановая	4	8
Ошибка в триплетах по высоте	15	30

Уравнивание сети связующих, опорных и контрольных точек, а также центров проекции производится методом связок. Ниже в качестве примера приводятся результаты уравнивания для трех проектов (Таблица 3), выполненных в АО «Казгеокосмос» с 2011 по 2012 годы на территории промышленных объектов. Проект 1 – это территория горных выработок в Центральном Казахстане, Проект 2 – нефтяное месторождение в Западном Казахстане, Проект 3 – урановое месторождение в Южном Казахстане.

Таблица 3.

Величина	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Масштаб создаваемого плана	1:1000	1:2000	1:5000
Сечение рельефа	1 м	1 м	1 м
Пространственное разрешение, м	0,10	0,10	0,065
Величина перекрытий	60%х30%	60%х30%	70%х30%
Количество снимков и маршрутов	1381/29	1015/20	2726/34
Количество опорных точек	20	15	20
Количество контрольных точек	5	5	6
Величина σ_0	1,212	0,753	0,834
Средняя ошибка по опорным точкам, м			
в плане	0,065	0,058	0,049
по высоте	0,058	0,071	0,063
Макс. ошибка по опорным точкам, м			
в плане	0,161	0,099	0,090
по высоте	0,131	0,086	0,142
Средняя ошибка по контрольным точкам, м			
в плане	0,090	0,040	0,057
по высоте	0,130	0,075	0,078
Макс. ошибка по контрольным точкам, м			
в плане	0,182	0,067	0,108
по высоте	0,216	0,154	0,149

Как видно из данной таблицы, остаточные средние погрешности координат и высот на опорных точках не превышают и пикселя. Точность ориентирования сети позволяет проводить запланированные картографические работы.

Создание ЦМР проходит в 3 этапа – автоматический набор пикетов по сетке с заданным шагом, фильтрация этих пикетов и ручное редактирование в стереорежиме. Шаг сетки выбирается исходя из разрешения съемки и характеристик местности. Например, для Проекта 1 и Проекта 3 была использована сетка с шагом 5 м, так как местность имела сложный рельеф.

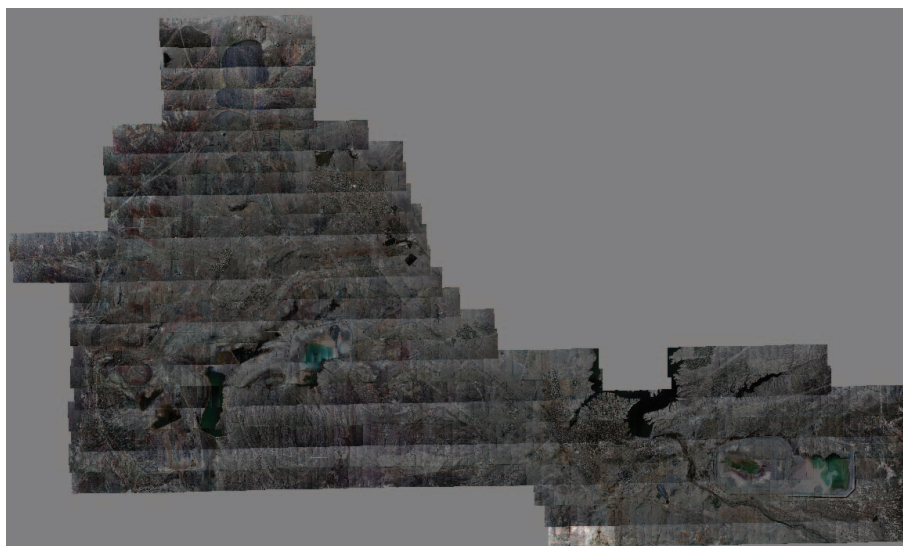


Рисунок 1. Накладной монтаж блока Проекта 1.

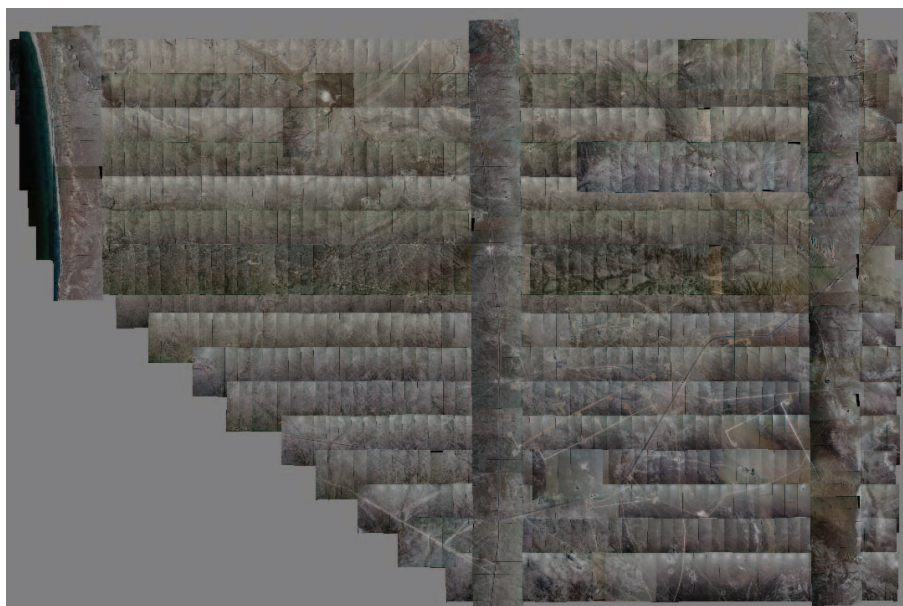


Рисунок 2. Накладной монтаж блока Проекта 2.

Кроме того, Проект 1 охватывает территорию двух городов, и такой шаг пикетов позволяет успешно применить имеющуюся в PHOTOMOD функцию *фильтрации строений и растительности*. Проект 3 охватывает местность с высокими песчаными барханами и саксаульными лесами. Так как саксаул имеет низкую высоту по сравнению с высотой барханов, то применение того же фильтра здесь затруднено, потому как он удаляет пикеты с гребней барханов. Но саксаул растет чаще всего одиночными кустами, и это позволило нам применить *фильтр объектов на поверхности*.

Проект 2 охватывает поверхность небольшого плато и прилегающие территории. Так

как края плато имеют изрезанную структуру с большими перепадами высот, а само плато более-менее ровное, для автоматического набора пикетов использовались две сетки с разным шагом: 20 м и 5 м. В центральной части области съемки находится производственная площадка, и сетка с частым шагом использовалась и там.

При ручном редактировании ЦМР не только исправлялись ошибочно расставленные пикеты, но и рисовались структурные линии (Рис. 3).

Структурные линии рисовались по берегам отстойников и водоемов, уступам карьеров и отвалов, дорожным насыпям, мостам и путепроводам, естественным формам рельефа.



Рисунок 3. Рисовка структурных линий.

При выполнении Проекта 3 по требованию Заказчика подошвы зданий также были переданы структурными линиями.

В PHOTOMOD горизонтали картографического качества могут быть также получены с использованием функции построения горизонталей по гладкой модели. Данная функция позволяет строить плавные горизонталы без пересечений, однако при большом расстоянии между пикетами и их неравномерном распределении алгоритм обрабатывает таким образом, что в изображении рельефа появляются ямы и холмы, которых нет на местности. Чтобы избежать этого, строится матрица высот высокого разрешения, затем она преобразуется в пикеты, по которым и строятся горизонталы (Рис. 4).

Кроме того, матрица высот используется для трансформирования аэрофотоснимков в ортогональную проекцию.

Построение ортофотоплана производится путем сшивки ортотрансформированных снимков в единую мозаику с последующей ее нарезкой на листы в программном обеспечении PHOTOMOD GeoMosaic. При построении мозаики производится глобальное цветовое выравнивание всех снимков и локальное выравнивание вдоль линии порезов. Порезы генерируются автоматически с последующим ручным редактированием. При этом особое внимание уделяется порезам на промышленных площадках из-за их большой загруженно-

сти объектами. Тщательного подхода требуют трубопроводы различного назначения, так как они могут проходить через несколько снимков или даже маршрутов, зачастую на большом удалении от поверхности Земли, что приводит к искажению ее проекции. Избежать этого можно построением качественного true ortho, но в случае системы труб это трудновыполнимо.

Иногда у заказчика уже имеются старые данные на ту же или смежную территорию. Так было в случае Проекта 3. Заказчик имел ЦМР и ортофотоплан, произведенный в 2010 году. В условиях контракта было прописано, что исполнитель должен обеспечить совпадение данных на перекрывающихся участках. В случае ортофотоплана это касалось не только плановой точности, но и цветового совпадения. В связи с тем, что по нашему предложению заказчик поменял систему наименования листов и их размеры для более удобного пользования, было необходимо переработать ортофотоплан 2010 года. Он был загружен в PHOTOMOD GeoMosaic в качестве исходных снимков, нарезан по новой номенклатуре, а глобальное цветовое выравнивание произведено по снимку 2012 года, что позволило нам добиться единообразия данных (Рис.5).

По Проекту 3, согласно требованию Заказчика, нами был создан ортофотоплан не только в композиции 4 канала 16 бит в форматах GeoTIFF и ERDAS Imagine Image, но и в 8-битных композициях CIR и RGB в местной системе координат и в системе координат UTM/WGS84. Благодаря имеющейся в GeoMosaic возможности комбинировать каналы, менять глубину цвета, а также на лету пересчитывать данные в любую систему координат, требование заказчика было выполнено без особого труда.

Построение ортофотоплана, также как и другие операции, требующие большого количества времени, выполнялось в режиме распределенной обработки данных PHOTOMOD. Одновременная обработка на нескольких производительных рабочих станциях и сервере позволяет существенно сократить время обработки. Например, подготовка 1000 шестнадцатитбитных аэрофотоснимков к обработке (конвертация в MS-TIFF, построение пирамид) может занять чуть более часа времени вместо 40 часов.

Удобно построенная система распределенной обработки данных практически на каждом этапе обработки – одно из неоспоримых преимуществ PHOTOMOD. К другим можно отнести всегда готовую прийти на помощь техническую поддержку ЗАО «Ракурс», благодаря которой многие производственные вопросы решались в весьма короткие сроки. Однако про-

граммному обеспечению есть куда развиваться не только в вопросе увеличения и улучшения функционала, но и в вопросах интерфейса и архитектуры. Например, запущенные процессы иногда слетают из-за нехватки памяти, хотя как таковой ее предостаточно. Решение данной проблемы видится в переходе на 64-битную архитектуру.

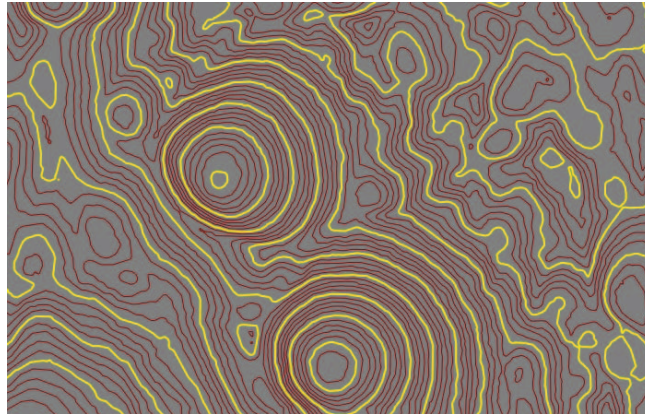


Рисунок 4. Фрагмент горизонталей.

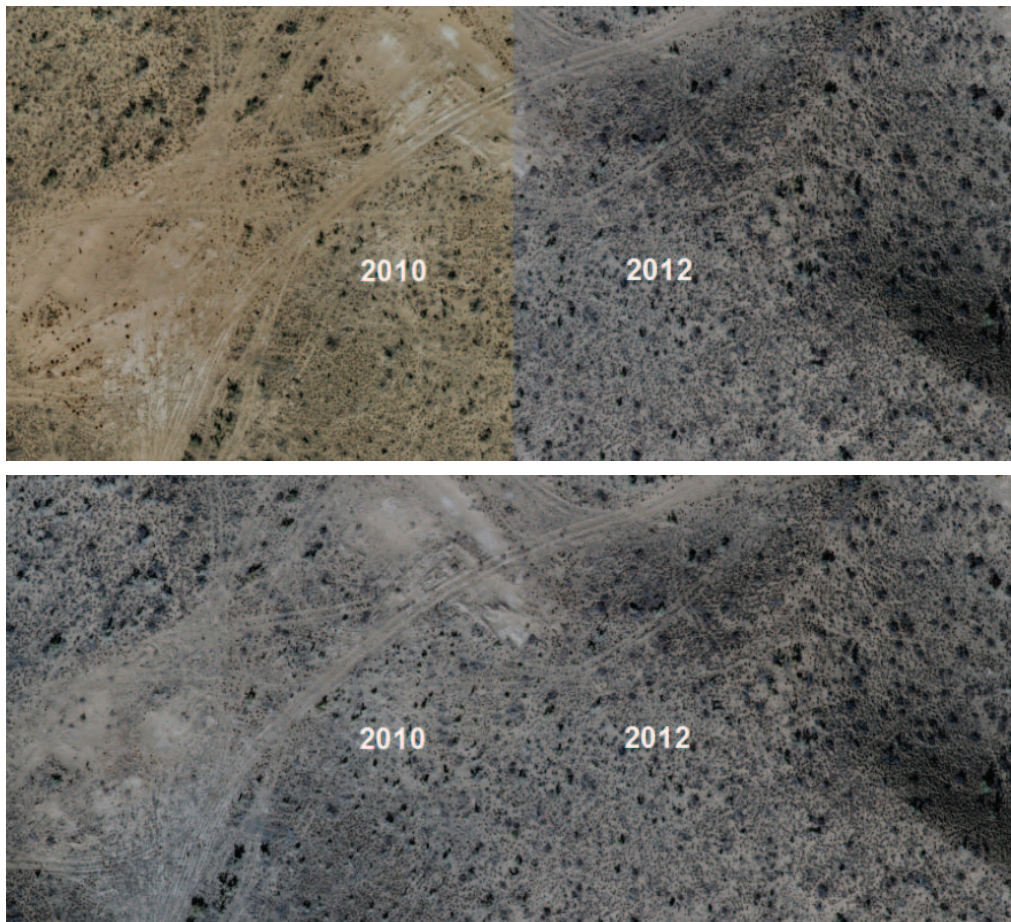


Рисунок 5. Соседние листы мозаики 2010 и 2012 гг. до и после цветового выравнивания.