

Цифровая фотограмметрия в ГИС СОФИЯ LTD.

инж. Ваня Петрова, инж. Мила Коева, Болгария

ГИС СОФИЯ ЕООД

Ул. Сердика 5

BG-1000 Sofia, Bulgaria

Tel.: +359-2-963 4853 Fax: +359-2-980 5852

E-mail: photogrammetry@gis-sofia.bg

РЕЗЮМЕ

ГИС СОФИЯ создана в 1999 г. Она является фирмой Софийской Столичной Общины, создающей и поддерживающей информационную систему кадастра. В компании работают около 100 человек, которые распределены по 8 отделам. Отдел Фотограмметрии состоит из 7 компетентных инженеров. На территории Софии обработаны два экспериментальных объекта, размером 4.5 km² каждый. Они сфотографированы двукратно в масштабе 1:4500 аэрофотокамерой RMK 15/23 и MRB 30/2323. Снимки использовались для опробования нескольких фотограмметрических технологий при изготовлении кадастровых карт в масштабе 1:1000 для населенных пунктов. В процессе подготовки находится съемка производственного объекта размером 50 km², который будет сфотографирован аэрофотокамерой RC-30. Состав отдела познакомился с 7 цифровыми фотограмметрическими системами.

В начале 2003 г. ГИС СОФИЯ получила от фирмы РАКУРС одномесячную лицензию на право пользования всеми модулями цифровой фотограмметрической системы PHOTOMOD 3.11. Ее применили для обработки одного из экспериментальных объектов и получили следующие результаты: точность соответственно по осям X, Y, Z: для опорных точек ± 4.8 , ± 5.6 , ± 20.5 см; для контрольных точек ± 4.0 , ± 4.9 , ± 18.9 см. С помощью системы PHOTOMOD Lite был осуществлен эксперимент с фасадом здания для оценки точности наземной фотограмметрии с использованием любительских неметрических аналоговой (фильмовой) и цифровой камер. В апреле 2003 г. ГИС СОФИЯ купила систему PHOTOMOD 3.11.

PHOTOMOD - это современная система для цифровой фотограмметрии, которая удовлетворяет потребности современного производства. PHOTOMOD вполне сопоставим с другими известными цифровыми фотограмметрическими системами, а некоторые из них он даже превосходит. Достоинством PHOTOMODa является оптимальный баланс между его возможностями и ценой.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Болгария находится в центре Балканского полуострова в юго-восточной части Европы. Страна отличается своей древней культурой и замечательной историей. Еще с древних времен ее территория является важным перекрестком торгово-экономических путей, что предопределило ее динамическое развитие в разные исторические периоды. Площадь страны составляет 111 тысяч кв. км, из них 58 % сельскохозяйственных земель (44 % обрабатываемой площади), 33 % леса, 4 % населенных мест, 2 % водные поверхности, 3 % другой территории. В территориально-административном делении страны выделяются 28 областей (вместе с областью столицы Софии), которые включают 263 общины, состоящие из 4615 участков землепользования приблизительно с 11 миллионами земельных угодий. Около 8 миллионов человек проживают в 5336 населенных пунктах, из которых 240 городов, 5096 деревень.

1.2. Софийская Столичная Община, с населением более 1 миллиона человек, состоит из 24 районов с общей площадью 1300 кв. км. Сюда входят столица Болгарии - София (площадь 180 кв. км), еще 3 города и 35 деревень. Город София имеет тысячелетнюю историю. Он хранит в себе следы развития культуры и религии разных эпох. София имеет богатые архитектурные, археологические, исторические, художественные памятники. София стала столицей в 1879 г., после Русско-Турецкой войны (1877-1878 г.), которая принесла свободу болгарскому народу.

1.3. ГИС СОФИЯ Ltd. (Географические информационные системы – София) является фирмой общины, созданной в 1999 г. Она стала наследницей организаций, которые вели и поддерживали кадастр города в прошлом. Основное ее предназначение создавать и поддерживать информационную систему кадастра города Софии, а также дежурную кадастровую карту в масштабе 1:1000, которая состоит из более 1100 кадастровых листов. В штат ГИС СОФИЯ входят около 100 человек, есть много временных сотрудников. Фирма состоит из 8 отделов, один из которых - отдел Фотограмметрии.

1.4. Фотограмметрия в Болгарии получила свое развитие спустя 30 лет после окончания Русско-Турецкой войны. Наша страна первая на Балканском полуострове начала применять фотограмметрию. По наземным фотограмметрическим снимкам, сделанным еще в 1907-1908 году, были созданы карты в Виенском картографическом институте *Eduard von Orel* с помощью разработанного им *Stereoautograph*. Потом во время Балканской войны (1912 г.) и Первой мировой войны (1914-1918 г.) были сделаны воздушные и наземные фотограмметрические съемки, а также фотосъемки с самолета и цеплина над некоторыми городами. Наиболее значительные опыты по внедрению фотограмметрии начинаются в 1928 году. Тогда начинается создание топографической карты в масштабе 1:25 000, первоначально при помощи наземной, а потом при помощи аэрофотограмметрии, а с 1952 г. разворачиваются работы по созданию топографической карты в масштабе 1:5000 с помощью аэростереофотограмметрии.

В 1930 г. издано первое болгарское руководство “Курс по фотограмметрии”. Фотограмметрия изучается в 3 университетах и 6 техникумах страны. Около 20 институтов, предприятий и служб в Болгарии развивают и применяют фотограмметрию в разных отраслях, на разных территориях, включая и зарубежные. Долгие годы успешно применяются аналоговые и аналитические стереофотограмметрические методы. Началось внедрение цифровой фотограмметрии. У нас есть квалифицированные специалисты, способные справиться с любой задачей из области фотограмметрии. Наши сотрудник и являются членами Союза геодезистов и землеустроителей в Болгарии, участвуют в национальных и

международных научно-технических мероприятиях, печатаются на страницах наших и иностранных периодических изданий. Союз является членом *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)*, в жизни которого также участвуют болгарские профессионалы.

2. ФОТОГРАММЕТРИЯ В ГИС СОФИЯ

2.1. В начале 2001 г. фирма создала **Отдел Фотограмметрии**. Он состоит из 7 инженеров с хорошей компьютерной грамотностью и приобретенными в ГИС СОФИЯ дополнительными теоретическими и практическими знаниями по фотограмметрии. Средний возраст отдела составляет 28 лет. В отделе есть консультант по фотограмметрии. Основной деятельностью отдела Фотограмметрии является применение цифровой фотограмметрии для создания и поддержания кадастра, а также создание и обновление цифровых моделей местности, на основе которых составляются кадастровые и топографические карты в цифровом или графическом виде, создание ортофотопланов и другой цифровой информации, фотографирование фасадов зданий и инженерных сооружений с помощью наземной фотограмметрии.

2.2. В 2001 году для специалистов отдела Фотограмметрии организован **Курс “Основы фотограмметрии”**. Проведено 56 занятий, 228 лекций, на которых рассмотрены основные вопросы по фотограмметрии, охватывающие 15 разделов. Помимо лекций проведены 1476 практических занятий (в среднем по 211 занятий на каждого курсанта) для приобретения необходимых навыков стереоскопического наблюдения и измерения пространственных фотограмметрических моделей. Изданы книги “Основы фотограмметрии” и “Сборник докладов по фотограмметрии”, разработанных на основе 8 докладов специалистов отдела. Готовится издание сборника “Теоретические и прикладные вопросы по фотограмметрии”, включающего 22 темы.

2.3. Экспериментальные работы. На территории Софии проведены два эксперимента для объектов – “**Яворов**” и “**Младост**” площадью 4.5 km² каждый. Для каждого из них сделана двухкратная аэрофотосъемка Софии в масштабе 1:4500 с использованием следующих аэрофотокамер:

- RMK A 15/23 от *Zeiss-Oberkochen* с фокусным расстоянием 153 mm, форматом кадра 23 x 23 cm, средняя высота фотографирования 690 m.
- MRB 30/2323 от *Zeiss-Jena* с фокусным расстоянием 305.5 mm, форматом кадра 23 x 23 cm, средняя высота фотографирования 1380 m.

Особенности аэрофотосъемок:

- Использована черно-белая панхроматическая пленка *Agfa-Gevaert*.
- Каждый объект покрыт двукратно 18 аэрофотоснимками, которые укладываются в 3 маршрута.
- Продольное и поперечное перекрытие между соседними снимками - 80% и 30%. (Для фотограмметрического измерения использованы аэрофотоснимки через один с 60 % продольным перекрытием).
- Перед началом аэрофотографирования на местности были маркированы 24 (объект “Младост”) и 77 (объект “Яворов”) опорные и контрольные точки, которые определены с помощью глобальной системы позиционирования (*GPS*).
- Аэрофотосъемка проведена ранней весной 2001 года, в полдень, в ясную солнечную погоду.

Аэрофотоснимки использовались в оценке нескольких фотограмметрических технологий при создании кадастровых карт населенных пунктов в масштабе 1:1000. С оригинального аэрофильма изготовлены диапозитивы, которые были отсканированы фотограмметрическим сканером *PhotoScan2001* в *Oberkochen*.

С помощью данных, полученных на объекте “Младост”, проведен тест следующих цифровых фотограмметрических программных продуктов:

- *ImageStation 2001 (Z/I Imaging)*.
- *Geomatica (PCI Geomatics)*
- *VirtuoZo (Supresoft)*.
- *PHOTOMOD (Racurs)*.
- *ERDAS IMAGINE (ERDAS Inc.)*.

Исследования проводились на основе блока, состоящего из 6 снимков, распределенных по 3 маршрутам. Для основы аэротриангуляции использованы 9 опорных точек, а для оценки результатов - 11 контрольных точек. В зависимости от использованного программного обеспечения расхождение геодезических координат с фотограмметрически определенными координатами контрольных точек составляет 5-9 см по оси X, 5-25 см по оси Y, 20-45 см по оси Z.

2.4. В процессе подготовки к аэрофотосъемке находится **производственный объект “Витошка яка”**. Он охватывает территорию в 50 км² южной жилой части города Софии, расположенной вблизи горы Витоша. Предусматривается аэрофотосъемка в масштабе 1:4500 с высоты 750 м над местностью при продольном и поперечном перекрытиях между соседними снимками 60% и 30% с помощью аэрофотокамеры *Leica RC-30* (фокусное расстояние 21 см, формат 23 x 23 см) и цветной пленки. Опорные точки, необходимые для основы аэротриангуляции, предстоит обозначить на местности до аэрофотосъемки и определить их координаты с помощью *GPS*. Пленка будет отсканирована с размером пикселя 14 μm и обработана цифровой фотограмметрической системой *PHOTOMOD*. Эти работы предназначены для обновления информационной системы кадастра этой части Софии в рамках периодического поддержания кадастра Столичной Общины.

2.5. Исследования. Состав отдела имел возможность познакомиться (на основе обучения за рубежом, временных лицензий, демо-версий, наличия в стране системы) со следующими цифровыми фотограмметрическими рабочими станциями:

- *ImageStation 2001* от *Zeiss / Intergraph Imaging*.
- *ImageStation SSK (Stereo Softcopy Kit)* от *Zeiss / Intergraph Imaging*.
- *DVP (Digital Video Plotter)* от *Leica - Helava*.
- *VirtuoZo* от *Supresoft*.
- *PHOTOMOD* от *Racurs Co*.
- *Geomatica OrthoEngine* от *PCI Geomatics*.
- *ERDAS IMAGINE* от *ERDAS Inc*.

3. PHOTOMOD

В начале 2003 г. ГИС СОФИЯ получила от компании РАКУРС одномесячную лицензию на право пользования цифровой фотограмметрической системой *PHOTOMOD 3.11*.

3.1. PHOTOMOD для аэрофотограмметрии. Усилия специалистов в отделе Фотограмметрии были направлены на полную фотограмметрическую обработку

объекта “Младост”, при помощи снимков, полученных аэрофотокамерой RMK A 15/23.

После введения и трансформирования снимков в определенном внутреннем для программы формате, проведено вручную и автоматически внутреннее ориентирование. Введены координаты опорных и контрольных точек, избраны связующие. Для каждой стереопары проводилась оценка избранных связующих точек, на основе вычисленной средней квадратической ошибки и поперечного паралакса. Проведено сравнение аэрофототриангуляции, полученной в системе PHOTOMOD, с аэрофототриангуляцией, полученной на основе метода уравнивания связей. Для оценки результатов аэротриангуляции использованы 9 опорных точек и 9 контрольных точек.

Получены следующие результаты:

- Для опорных точек: по оси $X \pm 4.8$ см,
по оси $Y \pm 5.6$ см,
по оси $Z \pm 20.5$ см.
- Для контрольных точек: по оси $X \pm 4.0$ см,
по оси $Y \pm 4.9$ см,
по оси $Z \pm 18.9$ см.

3.2. PHOTOMOD для наземной фотограмметрии. С помощью системы *PHOTOMOD Lite* проведен эксперимент, в задачи которого входило определить точность, которую можно достичь с помощью наземной фотограмметрии при использовании неметрической аналоговой фотокамеры и неметрической цифровой камеры. Объект эксперимента - фасад жилого дома в центре города Софии. С помощью тотальной станции *Leica TC 1610* на фасаде определены 50 немаркированных опорных и контрольных точек со средней квадратической ошибкой ± 0.5 см.

Проведена фотосъемка фасада дома следующими неметрическими (любительскими) камерами:

- Аналоговая фотокамера *Olympus AF-1*, фокусное расстояние 35 мм, светосила 1:2.8, объектив *ZUIKO*, использована пленка *Fudjifilm Superia 100*.
- Цифровая камера *Canon S230*, объектив *ELPH*, 3 мегапикселя.

Фотографирование производилось при отстоянии 16 и 20 м, с теодолитного штатива на высоте 1.60 м от земли и с базисом 4 м. Главные съемочные лучи параллельны, наклонены в вертикальной плоскости. Негативы с фотокамер отсканированы в профессиональной фотолаборатории. Снимки трансформированы в *.BMP формат, на основе требований системы *PHOTOMOD Lite*. В результате были получены четыре стереомодели. Ориентирование стереомodelей выполнено по 8 опорным и 30 связующим точкам. Проведено относительное ориентирование с самокалибровкой фокусного расстояния и абсолютное ориентирование с самокалибровкой всех параметров. На основе полученных стереомodelей измерены координаты 33 геодезически определенных точек. Была найдена разница между геодезическими и фотограмметрически определенными координатами, на основе которой вычислены следующие средние квадратические ошибки в фотограмметрически определенных координатах:

- В плоскости фотографии (в плоскости фасада) ± 1.9 см.
- По оси, перпендикулярной плоскости фасада ± 6.1 см.

Фасад здания векторизован в стереорежиме. Создана трехмерная модель (*DTM*). На основе полученной модели создано ортотрансформированное изображение. Средняя квадратическая ошибка в положении 30 точек составляет ± 2.2 см. При сравнении координат стереомодели и координат соответствующих точек на ортофотоплане получена средняя квадратическая ошибка в положении точек ± 1.4 см.

В апреле 2003 г. ГИС СОФИЯ купила у фирмы РАКУРС следующие модули цифровой фотограмметрической системы **PHOTOMOD 3.11**:

- PHOTOMOD AT (*создание блоков изображений, триангуляция, уравнивание*).
- PHOTOMOD StereoDraw (*3D стереорисовка*) - 2.
- PHOTOMOD DTM (*создание и редактирование ЦМР, ортофото, изолиний*) - 2.
- PHOTOMOD Mosaic (*ортотрансформация и создание мозаики изображений*).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

PHOTOMOD - это современная система для цифровой фотограмметрии, которая вполне удовлетворяет потребности современного фотограмметрического производства. PHOTOMOD обладает легким и удобным интерфейсом. Работа с каждым модулем программы облегчается с помощью прилагаемого детального руководства пользователя. Большая часть процессов ручная или полуавтоматическая. У PHOTOMOD хорошая собственная система векторизации. К проблемам системы можно отнести создание и редактирование TIN в связи с трудоемкостью процесса.

PHOTOMOD вполне сопоставим с другими известными цифровыми фотограмметрическими системами, а некоторые из них он превосходит. Особенное техническое и экономическое достоинство PHOTOMOD - это оптимальный баланс между ценой и возможностями системы.

Литература

1. Katzarsky, I. Development and State of Photogrammetry in Bulgaria. ISPRS XVIII Congress, Vienna, 1992. International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B6, Commission VI.
2. Lazarov, A., H. Dechev. Cadastral Information System of Sofia. XXII FIG Congress, Commission 7, Washington DC, 2002.
3. Software PHOTOMOD 3.11, Users Manuals. RACURS, Moscow, 2002.