

Тема 2.27. Автоматизирани системи за цифрова фотограметрия. Системи за тримерно векторизиране и системи за цифрово ортофототрансформиране.

2.27.1. Основни принципи.

Растрните цифрови системи предлагат алтернативен подход към решението на основните технологични задачи във фотограметрията – тримерно картиране и ортофототрансформиране. При тях източник на информация се явяват растрни изображения, получени в резултат на сканиране на фотоснимките с помощта на прецизен скенер. Получаваните пикселни координати в изображенията се преобразуват в процеса на предварителна обработка в образни координати и се обработват по методите на аналитичната фотограметрия. Технологичната схема на работа не се различава от тази при използването на аналитични плотери, но обработваните изображения не са аналогови (снимки), а са цифрови. Тези системи се различават по начините на формиране на стереоизображението, което се наблюдава от оператора.

2.27.2. Методи за визуализация

При някои от тях се използват специални монитори с поляризирано излъчване и комутация на двете изображения от стереодвойката за времето на всеки полукадър, като синхронно с това се комутират и стъклата на поляризационните очила на оператора. Другият клас системи ползват разделяне на екрана на две части и наблюдение на стереоизображението със стереоскоп. Към първия клас системи спадат Digital Photogrammetric Workstation (DPW) на Helava, Digital Image Station на Intergraph, системата PHODIS на ZEISS. Към втория клас системи се отнася системата Digital Video Plotter (DVP) на Leica, както и вариант на DPW на Helava. Въпреки че, системите от първия клас осигуряват по добър обзор на цялото изображение и позволяват работа на няколко оператора едновременно, то тяхната цена е значително по-висока, поради необходимостта от използване на специализирани видеоплатки и допълнително оборудване.

2.27.3. Основни функционални характеристики на системите за цифрова фотограметрия

Някои основни апаратни характеристики на системите за растрна фотограметрия са показани в таблица 3.

Таблица 3

Модел	Производител	Компютър	Операционна система	Визуализация	Сканер
DVP	Leica (DVP Geomatic Inc.)	PC 80486 16MB RAM 540MB диск	MS-DOS	Leica StereoViewer стереоскоп	Sharp JX600
DPW 710	Leica Helava	PC 80486 16MB RAM 1,6GB диск	UNIX X-Window Motif	стерео очила SGS 625	DSW100
DPW 750	Leica	Sun SPARC	UNIX		

	Helava	32MB RAM 540MB диск VI-30 видео-процесор	X-Window Motif	стерео очила SGS 625	DSW 300
PHODIS	CARL ZEISS	RISC 4400 64MB RAM 2GB диск	UNIX X-Windows	стерео очила с течен кристал Crystal Eyes	PS1 SCAI
IMAGINE Orthomax	ERDAS	Indy Silicon Graphics R4400 SC 32MB RAM 1GB диск	UNIX	стерео очила с течен кристал	--
Photogrammetric Image Station	Intergraph	InterMAP 6487 RISC C400 32MB RAM VI-50 видео-процесор	UNIX	стерео очила с течен кристал Crystal Eyes	PS1
Image Station Z	Intergraph	4xPentium Pro 128MB RAM 3x4GB диск Z25 3D графичен ускорител	Windows NT 4.0	стерео очила с течен кристал Crystal Eyes	Photo Scan TD Scanner

Функционалните възможности на съвременните системи за растрерна фотограмметрия зависят от възможността за решаване на следните групи задачи: ориентиране на стереомодела, въвеждане на тримерна информация за дискретни точки, фототриангулация, регистриране на векторна информация, регистриране на данни за терена, ортотрансформиране и формиране на фотомозайка. Специфични са особеностите, предназначени за регистриране на геометрични обекти с правилна форма (правоъгълници, дъги от окръжности). Важно значение има връзката с ефективна информационна система за регистриране и обработка на графична информация. В повечето случаи това са мощни Географски информационни системи, в които по-нататък да продължи обработката на получаваната информация. Обикновено всички такива фотограмметрични системи освен изход на информацията към основна система позволяват и нейното конвертиране към няколко от популярните информационни системи. Повечето системи за растрерна фотограмметрия са изградени на модулен принцип и позволяват тяхното конфигуриране в зависимост от решаваната задача. Сравнение на някои от основните функционални възможности на съвременните системи е дадено в таблица 4.

Таблица 4

Система	DVP	DPW	PHODIS	IMAGINE Orthomax	Image Station
Подобряване	-	DPW (CORE)	-	ERDAS Imagine	MGE Base Imager
Класификация	-	ER Mapper	-	ERDAS Imagine ESIS	MGE Advanced Imager
Ориентиране на модела и регистриране на точки	DVPO	DPW (DCCS)	PHODIS - ST	Orthomax (Standard)	IS Digital Mensuration
Триангулация	-	HATS	PAT-MR	Orthomax	MATCH-AT

		PATB PATC	PATB-RS	(Standard)	
Набиране на данни за ситуацията	DVPN (Vectorize)	Feature-GIS (CADMAP) (PRO600)	PHOCUS	Vector Query	MS Feature Collection
Набиране на данни за терена	DVPN (DEM)	DPW TERRAIN	TopoSURF	ERDAS DTM	IS DTM Collection
Фототрансформиране	DVR-3	DPW ORTHO-IMAGE	PHODIS - Orthophoto	Orthomax (Rectification)	IS Image Rectifier
Директна връзка с ГИС	LISCAD PLUS	чрез системите за картиране	CADMAP	Arc Info	MGE на Intergraph
Конвертор към графични системи	AutoCAD Micro-Station	AutoCAD Micro-Station ARC/INFO ARC-GEN	Micro-Station	-	AutoCAD

Повечето системи притежават сходни функционални възможности, но те са развити в различна степен. За повечето системи функциите на подобряване на точковите характеристики (градационни и цветови корекции, филтрация на шума и подчертаване на контурите) както и класификацията на изображенията се реализират посредством други системи (за цифрова обработка на изображения). Аналогично е решен и въпросът за блоковата триангулация, за която се ползват универсални програмни продукти. Съществуват някои групи характеристики, които обаче не са така съществени при използването на горните системи за набиране на графична информация за целите на кадастъра. Такива са възможностите за работа с космически изображения, формиране на мозайка от изображения, формиране на перспективни изображения на терена.

2.27.4.Класификация на системите за цифрова фотограметрия.

Цифрови видеоплотери и цифрови фототрансформатори

Според своите функционални възможности системите се делят на системи за тримерно векторизиране (тримерни цифрови плотери) и системи за генериране на цифрово ортофото (цифрови фототрансформатори).

Според степента на автоматизация системите за цифрова фотограметрия могат да се разделят на три основни класа:

- - системи за визуална регистрация, с възможности за тримерно векторизиране;
- - системи за полуавтоматична регистрация, които позволяват да се автоматизира измерването на рамковите марки и на свързващите точки в цифровите снимки, както и да се генерира автоматично цифров модел на терена;
- - системи, ползващи възможностите на системите за разпознаване, което позволява да се подобри както автоматичното формиране на модела на

терена, така и да се откриват автоматично структурни елементи в изображенията и в крайна сметка да се автоматизира векторизирането.

DVP

DVP е система за дигитална фотограметрия, използваща растерни изображения на сканирани фотоснимки (въздушни или земни), и следваща стъпките при работа с класическите аналитични картировъчни апарати (аналитични плотери). Тя е съвременна компютърна система, с помощта на която е възможно да се автоматизира, опрости, ускори и поевтини процеса на картиране във фотограметрията.

Системата **DVP** е съставена от различни модули, всеки от които е предназначен за определен вид дейност: **DVPO** - предназначен е за ориентиране, **DVPN** - модул за векторизиране, включени са още модули за калибриране на сканираните изображения **DVPS**, за геометрична трансформация на цифрови изображения със и без отчитане на модела на терена - **DVRO** и **DVPR**.

Системата DVP се предлага понастоящем и във вариант за Windows. Нейни основни характеристики са:

Калибриране на сканера

- лесно обучение в реално време;
- автономно въвеждане на калибриращите марки.

Ориентиране

- автоматично откриване на рамковите марки с използване на калибровъчните файлове за камерите;
- вътрешно ориентиране на основата независими изображения, което позволява при генерирането на модела използване на две изображения, заснети с две различни камери;
- автоматично позициониране върху точките за взаимно ориентиране (фон Груберовите точки) за изчистване на паралакса;
- опция за въвеждане на допълнителни точки за взаимното ориентиране;
- автоматична корелация върху точките за взаимно ориентиране;
- автоматично въвеждане на теренните опорни точки, когато са зададени в ASCII файл;
- автоматично позициониране върху теренните опорни точки след втората точка;
- възможност за използването на съществуващи векторни файлове като теренни опорни точки за абсолютното ориентиране, като по този начин

се поддържа интегрирането на предварително съществуващите данни в процеса на обновяване на картата;

- набиране на координатите на точка по точка в пикселни, моделни или теренни измерителни единици.

Подготовка на аеро триангулацията

- автоматично генериране на индекси;
- цифрово маркиране (pugging);
- изход към различни пакети за изравнение по метода на независимите модели или координатните връзки (SPACE-M, PATM-3D, Visual Giant и др.);
- идентификация на параметрите за ориентиране и данните за позициониране.

Векторизиране с DVP

- дву-посочен интерфейс с DVP;
- дву-посочен интерфейс с AutoCAD;
- опция на фиксиран курсор / фиксирано изображение;
- поддръжка на дисплей с не полукадрова (припокриваща) се и полукадрова развивка и работа в режим на разделяне на екрана;
- съвместимост с правоъгълна мозайка от TIFF изображения;
- въвеждане на елементите на външно ориентиране – ъглови (ϕ , ω , κ) координатни (X, Y, Z) на проекционните центрове;
- установка и редактиране на атрибутите на елементите (цвят, тип, размер, ширина, тежест, дебелина, височина, код на слоя и др.);
- избор на типа на елемента (точка, линия, дъга, окръжност, символ, височинна точка, текст и др.);
- 2-D и 3-D привързване;
- автоматично генериране на определени елементи (прави ъгли, затворени полигони, перпендикуляри и др.);
- автоматично построяване на дъгови преходи между две прави;

- редактиране на текст и графика (отстраняване/вмъкване, изтриване, копиране, преместване);
- въвеждане и филтрация в поточен режим
- вмъкване на групови елементи дефинирани като клетки (cell) при Micro Station или блокове при AutoCAD;
- въвеждане и извеждане на DGN, DXF и ASCII файлове;
- възможност за едновременно отваряне на няколко референтни графични (векторни) файла – максимално до 9;
- филтрация по цвят на кодирани графични елементи или векторни файлове;
- управление на визуализацията (скриване) на кодираните елементи;
- автоматично преместване на изображението;
- увеличение (до отношение 1:8) и неогранично намаление;
- дефиниране на макро-команди;
- автоматична корелация;
- почти изцяло автоматично или полу-автоматично генериране на цифров модел на терена (DEM);
- въвеждане и визуализиране на 2-D векторни файлове за произволно дефинирана височина в модела;
- обмен на информация със съществуващ теренен файл, получен с геодезически средства (т.е. добавяне на графични обекти към въведения в DVP теренен файл и тяхното обратно извеждане към теренния файл);
- автоматична навигация по моделите на проекта по време на дигитализиране;
- Undo и Redo функции (отмяна и възстановяване на операция);
- настройка на яркостта, независимо от изображенията;
- дефиниране на палетки.

DVP Geomatic Systems Inc. е разработила стерео визуализатор, който автоматично чете данните за ориентиране на камерата от системите за позициониране (дължина, ширина, X, Y, Z, ϕ , ω , χ) и данните за аеротриангулацията и автоматично

създава за тях индекс за визуализиране на въздушните снимки в тяхното истинско положение. Потребителят, който желае да наблюдава в стерео, която и да е част от този индекс просто щраква два пъти върху желаната област и съответният стерео модел ще се визуализира автоматично в зададения прозорец.

Основни характеристики на DVP визуализатора

- множество прозорци за визуализация;
- засветяване в индекса на стерео модела, подлежащ на визуализация;
- изчистване в мозайката от изображения на изображаваната област от стерео модела;
- добавяне по всяко време на работната сесия на нови фотографии към съществуващата работна област (индекс);
- достъп до четири главни менюта, между които:
 - “Настройки на изображението”, които позволяват на потребителя да избира режима на визуализация (интерлейсно с поляризационни очила или анаглифно) да се увеличава или намалява яркостта на дадено изображение, да се инициализират прозорците и др.
 - “Инструменти”, които показват инструментите за чертане достъпни за потребителя Add target (добавяне на знак за точка), Add Line (добавяне на линия), Add Polyline (добавяне на полилиния), Information (информация) и др.

Настройки на изображението (Image settings)

- Interlace mode (режим на последователна смяна на лявото и дясното изображение) - стерео изображението може да се наблюдава със специални поляризационни очила;
- Anaglyph mode (анаглифен режим) – стереоизображението може да се наблюдава с анаглифни очила (лявото стъкло червено, а дясното стъкло синьо);

Инструменти (Tools)

- визуализира в реално време 3D координатите на курсора;
- изчисление и визуализиране на дължината на различни елементи от линията (Δx , Δy , Δz , Δxy , Δxyz);

- изчисление и визуализиране на азимуталната проекция на линията и нейния наклон в проценти;
- изчисление и визуализиране на периметъра и площта на затворена полилиния (полигон);
- изтриване на избрани линии или полилинии;
- изтриване на всички графични елементи генерирани по време на работната сесия;
- привързване към мишена или точка.

Характеристики за визуализация (Viewing Features)

- увеличение или намаление на стерео модела, включващо “Home” функция, която визуализира целия избран стереомодел, както и бутона “End”, който визуализира изображението при разрешението, при което е сканирано;
- центрира стерео модела или част от него според позицията на курсора;
- премества във всяко направление (N, E, S, W, NE, SE, SW, NW) в модела (виж жълтата стрелка на предишното изображение);
- позициониране върху всяка част от стереомодела чрез двукратно щракване върху произволна област от мозайката, показана в долния ляв ъгъл на програмния прозорец;
- издига или спуска курсора (плаващата марка) в стереомодела, за да измери височините;
- визуализира отношението на разрешението върху монитора по отношение на разрешението при сканиране (1:1 означава, че разрешението при визуализиране и при сканиране е едно и също, 2:1 означава намаление на стерео модела с фактор 2);
- избор на стерео курсор (плаваща марка) и неговия цвят;
- извежда списък на снимките, формиращи работната област (индекс).

Друга система от този клас е системата VirtuoZo.

VirtuoZo

Тази система има сходни функционални характеристики. Тя е разработка на фирмата Supresoft Inc. Тя позволява да се реализират следните процеси:

- измерване на рамковите марки;
- измерване на свързващи и опорни точки;
- автоматично измерване на рамковите марки;
- автоматично измерване на свързващи точки;
- блокова аеротриангулация;
- възможност за автоматично генериране на модел на терена;
- визуализиране на модела на терена;
- цифрово ортофототрансформиране;
- тримерно векторизиране с използване на функционалните възможности на графичния редактор MicroStation;
- разширени функции на тримерно векторизиране;
- поддържа функции за подобряване качеството на изображенията, които облекчават визуалната интерпретация и автоматичната обработка.

Z/I Imaging

Z/I Imaging представлява мощна система за работа в областта на Фотограметрията и Геоизобразяването. Z/I Imaging е свързващо звено между Intergraph и Carl Zeiss, комбинира експертизата на Carl Zeiss в областта на оптиката и прецизната техника със значителния опит на Intergraph в областта на работните станции и разработването на софтуер.

- Z/I Imaging предоставя широк спектър от решения, включващ въздушни камери за фотограметрична стереофотография и въздушна военна разработка, аналитични стереоплотери, фотограметрични сканери, цифрови системи, работни станции и фотограметрична обработка на данните, мениджмънт и разпространение на софтуера.
- Доставя най-добрия клас решения от получаването на данни до експлоатацията им и цифровото им разпространение.
- Предлага не само продукти, но и необходимата подготовка за работа и поддръжка на системите, целящи да подпомогнат желанието икономически успех.

Image Station Digital Mensuration (ISDM) предоставя много мощен мулти образен трансфер и среда за измервания за разработка на фотограметрична фототриангулация. Координатите на точката от изображението генерирани от ISDM могат да бъдат използвани директно или форматираны от Image Station. Фотограметричният мениджър за въвеждане в една от поддържащите програми на Z/I Imaging, представлява една трета част от пакета за обработка на триангулации. Много гъвкаво изображение под формата на прозорец показва различни изображения и осигурява трансфер и измерване на точките в райони с многообразно надлъжно застъпване. Използването на аутокореция и подобрените проверки подобряват точността, увеличават производителността и надеждността. Достъпността до

изображението и възможността за обработка подпомагат чувствително оператора при извършване обработката на измерванията.

Основни характеристики са:

- многоснимков режим на показване под формата на прозорец с възможност за табулация (изместване);
- работа в моноскопичен или стереоскопичен режим;
- автоматично или ръчно вътрешно ориентиране;
- абсолютно Ориентиране при обработка на единична снимка;
- обезпечено от компютъра идентифициране на идентичните точки на етапа на взаимното ориентиране (чрез използване на корелация и уточняване по МНМК);
- планиране в реално време за движение на изображението в моно или стерео;
- интегриран bundle adjustment (Photo T);
- автоматична и итеративна обработка на изображението и подобрени инструменти;
- извършване на въздушна триангулация и получаване на изходни резултати за триангулационни пакети чрез ISPM;
- възможност за избор от потребителя на статистически индикатори и методи за разкриване;
- показва графични символи на точки, които трябва да бъдат измерени от изображения и състоянието на процеса на обработка на всяка точка.

Предимства на системата са:

- предлага гъвкав, под формата на изображение прозорец за да позволи едновременно показване на толкова прозорци, колкото са необходими или до шест изображения (CLIX) от еднакви или различни данни за различни мащаби за определено местоположение, идентификация, трансфер и измерване на точки в района на надлъжно застъпване;
- позволява използването на bundle adjustment и ползване на контролен файл без да трябва да се препращат точки към други продукти;

- използването на вградените проверки спестява време, а също така се откриват грешки докато изображението е в работната станция и не се налага изчисляване с допълнителни устройства;
- предоставя изменен, лесен за използване пакет за обработка на измерванията, така че точките могат да бъдат измерени, обработени, прибавени, изтрети или променени. Една определена точка може да бъде избрана за редактиране чрез посочването и в списък, чрез избиране на ключ или чрез посочването и в изображението;
- изходните данни получени след оптимизираното представяне на точката са лесни за използване и чрез предварително планиране имаме възможност за по голяма степен на автоматизация за представяне в изображението;
- възможността за едновременно извършване на bundle adjustment осигурява добро контролиране на измерените точки;
- високата степен на гъвкавост, свързана с измерването позволява на потребителя лесно да се адаптира към системата за работа;
- избраните от потребителя статистически индикатори и методи за разпознаване на груби грешки обезпечават по точни измервания.

Модулът Image Station Automatic Elevation (ISAE) предоставя автоматично извличане височинни точки за цифров модел на релефа (ЦМР) от цифрови въздушни стерео изображения. Осигурява се висока степен на автоматизация чрез използването на йерархична структура на данните и методи за обработка на изображение. Този продукт работи в комбинация със софтуерния пакет Image Station DTM Collection (ISDC). ISDC също се използва за стереоредактиране на извлечените точки на ЦМР от ISAE. ISDC и ISAE могат да бъдат използвани с Image Station Feature Collection и AEC продукти, такива като InRoads и InSurv, за да създадат техника на функциониране и MGE продукти за създаване на цифрова земна основа (landbase) и преработка.

Ключови характеристики на системата са:

- генериране на точки за ЦМР в моделна, обектна (геодезическа) или локална координатна система, дефинирана от потребителя;
- генериране на точки за ЦМР от цветни или черно бели образи;
- събиране и съхраняване на ЦМР-и получени от сателитни снимки използвайки Рационални Функции;

- извършване на група обработки;
- дава група продукти от ISMT-генерирани точки в проектен файл;
- подобрен свързващ алгоритъм;
- незадължително съдържаща се мрежа от точки близо до линията на прекъсване;
- предлага отделен клас дефиниции и символи за точки от различен статистически произход.
- използват се съществуващи точки от ЦМР за подобряване на автоматично генерирания ЦМР;
- използва повърхностно възстановяващ модул за събиране и съхранение на точки от ЦМР в области с лошо качество;
- включва инструменти за визуализация на монитор на характерни точки от ЦМР;
- дискретизира границите за да се избегне въздействието на ивицата с данни на камерата;
- осигурява висока надежност на точките от ЦМР;
- генерира ефективен формат на модела на релефа;
- създава стабилни данни за ЦМР (открива груби грешки, отделни постройки и дървета);
- използва гъвкав потребителски интерфейс с ISDC за установяване на параметри и дигитайлизиране на точки и линейни характеристики, ако е необходимо;
- съкращава натрупаното време за определяне на набраните площи и пропуска отхвърлените области;
- контролиране на съответствието на ЦМР-и за откриване на области с лошо качество и определяне на зададени параметри.

PHOTOMOD

Програмата PHOTOMOD е предназначена главно за извършване на относително и абсолютно ориентиране на стереодвоики въздушни снимки, създаване пространствени модели и извършване на пространствени измервания. За да бъдат

реализирани тези цели, е необходимо спазване на определена последователност на операциите:

- избор на оригинална стереодвойка от БД;
- въвеждане на параметри за вътрешно ориентиране;
- въвеждане на изходни данни;
- активиране на подсистемата за ориентиране;
- въвеждане на идентични точки;
- извършва се относителното ориентиране;
- свързване на идентичните точки;
- определяне на абсолютното ориентиране;
- визуализиране на трансформираните снимки;
- правят се контролни измервания (които не са задължителни);
- съхраняват се резултатите и се излиза от подсистемата за ориентиране.

След правилната реализация на всяка една от тези стъпки, е възможно да бъдат правени пространствени измервания.

Параметрите на вътрешно ориентиране се задават чрез избиране на бутона *Internal orient* от прозореца с Базата с данни. Ако първоначално се стартира тази процедура, без да е дефинирана разделителната способност на снимката на изходните изображения, ще се появи диалоговият прозорец *Original images sampling rate*.

Определят се следните параметри:

- $Xs1, Ys1$ координати на главната точка на лявата снимка;
- $Xs2, Ys2$ координати на главната точка на дясната снимка;
- F фокусно разстояние на камерата.

Възможните единици, в които параметрите се определят са: mm; pixel X; orig.pixel X.

Дава се възможност да се въведат стойности за дисторзиите на лещите.

За да бъде въведен нов обект в текущата БД се извиква прозореца с БД и се избира бутона New, като към края на БД се добавя нов обект, който става текущ. След това, се въвежда лявото и дясното изображение на стереодвойката и се указва, специфичен път и името на *bmp* – файла с изображението. Ако е необходимо се извършва вторична дискретизация в диалоговия прозорец *Select scale factor* и се дефинират специфични файлови имена за тези изображения.

Указва се връзка между текстовото описание на файла и обекта, като се избира бутонът *Description* от прозореца с базата с данни и се задава специфичният път и името на текстовото описание на файла.

Задава се име на обекта от прозореца *Object Name*.

Възможно е да се въведат референтни данни: координатна система, базисни координати, референтни точки или разстояния.

В прозореца за Координатната система се въвеждат детайлите на координатната система.

Въвеждат се точки от референтната повърхнина и разстояния, както и базисни координати.

В текстовите полета се съдържа информация относно референтните данни въведени преди ориентирането на координатната система, броят изходни точки и разстояния, които са въведени или не са въведени в базисните координати.

За да се активира подсистемата за ориентиране, се избира бутон за Ориентиране от Прозореца на Базата данни.

В текстови блок се дава информация, ако ориентирането е било вече извършено и вида на пространствения модел, който е бил създаден.

За да се направи относително ориентиране, е необходимо да се въведат поне 8 свързващи точки. Техният избор може да стане в ръчен или автоматичен режим, като за да се инициира автоматичният режим е необходимо да се измерят ръчно поне три свързващи точки. След въвеждането на свързващите точки, тяхното положение може да бъде коригирано. Взаимното ориентиране може да се извърши при измерени 8 или повече свързващи точки. Ако са зададени пространствени координати на опорни точки след взаимното ориентиране се извършва и абсолютно. Следваща стъпка от обработката изчислява еиполярни координати чрез преобразуване на изображенията в равнина, успоредна на координатната система на базата. При извършване на трансформирането новите стойности могат да се изчисляват чрез интерполация по метода на билинейната интерполация или по метода на вторичната дискретизация. При ориентиран модел може да се извършва измерване на пространствените координати на нови точки, както и разстоянията между тях.

Системата PHOTOMOD допуска и векторизиране в тримерен режим.