

**PRZEGLĄD I CHARAKTERYSTYKA WYBRANEGO DARMOWEGO
OPROGRAMOWANIA FOTOGRAMETRYCZNEGO DO CELÓW
DYDAKTYCZNYCH¹**

**REVIEW AND SPECIFICATIONS OF CHOSEN FREE
PHOTOGRAMMETRICAL SOFTWARE FOR TEACHING PURPOSES**

Regina Tokarczyk¹, Bogusława Kwoczyńska², Monika Ujma³

¹ Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, Wydział Geodezji
Górnictwej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

² Katedra Geodezji Rolnej, Katastru i Fotogrametrii, Wydział Inżynierii Środowiska
i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

³ Absolwentka Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: dydaktyka, fotogrametria cyfrowa, darmowe oprogramowanie, cyfrowa stacja
fotogrametryczna, ortofotografia

STRESZCZENIE: W procesie dydaktycznym w ramach zajęć praktycznych niezbędne jest zaznajomienie studentów z podstawowymi procesami technologicznymi fotogrametrii, związanymi głównie z pracą na komputerach z odpowiednim oprogramowaniem, przy czym oprogramowanie to winno odróżniać od komercyjnego wyposażenie w rozbudowane helpy, tutoriale, analizy poszczególnych etapów i ich wyników. W nauczaniu fotogrametrii przydatne są również programy uczące, pozwalające na usprawnienie procesu przyswajania wiedzy, w tym na samokształcenie. Generalnie wśród oprogramowania dydaktycznego można wyróżnić dwie grupy: podstawowe i uzupełniające. Podstawowe to programy tworzone specjalnie do celów dydaktycznych, na ogół bezpłatne i powstające w ramach większych projektów. Natomiast programy uzupełniające to programy darmowe, udostępniane na stronach internetowych uczelni lub też na stronach prywatnych, przez co są one łatwo dostępne i chętnie wykorzystywane do celów dydaktycznych. W pracy scharakteryzowano takie programy jak: DDPS, E-foto, AeroSys, Ilwis, DiMoTeP, Asrix oraz LDIP Inter. Programy te złożone są z „cegiełek” budujących operacje fotogrametryczne takie jak: transformacje 2D, 3D, wcięcie wstecz, wcięcie w przód, orientacja wzajemna, kalibracja kamery. Można z ich pomocą sporządzić podstawowe produkty fotogrametryczne takie jak: przestrzenny model z możliwością jego stereodigitalizacji, ortofotomapę, NMT. Porównano dwa programy pełniące rolę ćwiczebnej stacji cyfrowej: DDPS i E-foto oraz sprecyzowano wymagania odnośnie programów do celów dydaktycznych.

¹ W opracowaniu wykorzystano pracę dyplomową Moniki Ujmy „Przeгляд wybranego darmowego oprogramowania fotogrametrycznego do celów dydaktycznych”, pisaną pod kierunkiem Reginy Tokarczyk i obronioną na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie w 2009 roku

1. MOTYWACJA

W ostatnich latach Polska stała się potęgą w kształceniu w zakresie nauk technicznych. Obserwujemy unikalny w skali europejskiej napływ młodzieży na uczelnie techniczne. W tym roku zjawisko to przybrało na sile, co spowodowane jest zapewne obowiązkowym egzaminem maturalnym z matematyki jak i skuteczną reklamą studiów inżynierskich w mediach. Przybywa uczelni, na których studiuje się na kierunkach związanych z geodezją i kartografią – szczególnie uczelni niepaństwowych. W większości z nich fotogrametria (z teledetekcją lub bez) jest odrębnym, ważnym przedmiotem. Ponadto nauczana jest również w licznych jeszcze w Polsce technikach geodezyjnych.

W dobie cyfrowych technik obrazujących podstawowym sprzętem firm fotogrametrycznych jest komputer z odpowiednim oprogramowaniem oraz wyposażeniem umożliwiającym obserwację stereoskopową. Rozwój technik cyfrowych niestety nie pociągnął za sobą obniżenia cen, a zatem i dostępności oprogramowania komercyjnego. Jest to skuteczną barierą w wyposażeniu dydaktycznych pracowni fotogrametrycznych w niezbędne pomoce naukowe, jakim są programy fotogrametryczne. Zresztą wymagania odnośnie programów wykorzystywanych dla celów dydaktycznych są odmienne: nie muszą być zoptymalizowane pod względem obsługi olbrzymiej ilości danych, całkowicie lub w znacznej mierze zautomatyzowane, natomiast powinny być odporne na błędy obsługi, winny zawierać rozbudowane pomoce (helpy) oraz tutoriale.

Niestety, ilość i jakość darmowego oprogramowania fotogrametrycznego daleko odbiega od potrzeb i oczekiwań. Rzadko podejmowana jest inicjatywa utworzenia takiego oprogramowania, zwykle pod auspicjami ISPRS lub też promowana przez tą organizację. Na stronie <http://www.isprs.org/education/software.aspx> znajduje się tylko kilkanaście odnośników do darmowego oprogramowania potencjalnie przydatnego do dydaktyki, do nauczania fotogrametrii – zaledwie kilka.

Ale chyba nie jest aż tak źle.

W artykule tym chcemy przedstawić kilka systemów i programów, które udało nam się znaleźć i przetestować, niektóre z nich z powodzeniem używamy w naszej pracy ze studentami. Porównujemy dwa programy będące w zamyśle ich twórców podstawą fotogrametrycznych stacji dla celów dydaktycznych. Chcemy również sformułować zestaw cech, które powinny charakteryzować programy używane w dydaktyce i zachęcić do inicjatyw tworzenia takiego oprogramowania.

Programy, które opisujemy w naszym opracowaniu zapewne nie wyczerpują listy darmowego oprogramowania. Dopisać można do niej np. darmowe programy demonstracyjne niektórych firm komercyjnych, choć są to zwykle tzw. *triale* (np. ASRIX) lub też programy, z których nie da się wyprowadzić wyników opracowania (np. PI3000 Topcon).

2. PODZIAŁ I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANEGO OPROGRAMOWANIA

Generalizując, wśród oprogramowania dydaktycznego można wyróżnić dwie grupy: oprogramowanie podstawowe i uzupełniające. Pierwsze, tworzone specjalnie do celów dydaktycznych i zarazem bezpłatne, na ogół powstały w ramach większych projektów zwykle międzynarodowych lub z inicjatywy ISPRS. Natomiast programy uzupełniające to programy darmowe, udostępniane na stronach internetowych uczelni lub też na stronach prywatnych, z reguły dotyczące wąskiego zagadnienia.

Grupa podstawowa dotyczy realizacji najważniejszych etapów opracowań fotogrametrycznych, niektóre z programów powstały z ambicją utworzenia dydaktycznej stacji roboczej, inne – realizują „cegiełki” poszczególnych etapów technologicznych: orientację wewnętrzną, wzajemną, bezwzględną, automatyczny pomiar danych do NMT, aerotriangulację, generowanie ortofoto.

Aspirujących do miana stacji roboczej są tylko dwa programy: **DDPS** oraz **E-foto**. Obydwa powstały jako rezultat projektów: DDPS – międzynarodowego (belgijsko-polskiego), E-foto był i jest nadal tworzony w *The Military Institute of Engineering* w Rio de Janeiro w Brazylii.

Do pierwszej grupy zaliczyć należy też **AeroSys** (Aerosys 2010), program komercyjny stworzony przez AeroSys Consulting, związany z firmą Aero Geomatics Group z USA, przeznaczony do aerotriangulacji analitycznej, ale posiadający również wersję darmową (<http://www.aerogeomatics.com/aerosys/software/>), ograniczającą przede wszystkim ilość wykorzystywanych zdjęć w wyrównaniu sieci oraz niektóre funkcje. Oprócz wyrównania aerotriangulacji metodą wiązki AeroSys oferuje szybki i wygodny *pre-processing*, rozbudowaną detekcję i analizę błędów aerotriangulacji. W module Close-Range znajduje się *pre-processing* służący uzyskaniu przybliżeń do wyrównania sieci zdjęć naziemnych. Z użyciem AeroSys'a można wykonać kalibrację kamery trzema metodami: w oparciu o jedno zdjęcie z równania kolinearności, przy wykorzystaniu DLT oraz metodą wyrównania sieci zdjęć z samokalibracją. W module *Utils* programu znajduje się wiele przydatnych w praktyce fotogrametrycznej funkcji: orientacja wzajemna pary zdjęć, bezwzględna modelu, fotogrametryczne wcięcie wstecz i w przód, różne transformacje 2D, transformacja 3D przez obrót, generowanie fikcyjnych współrzędnych tłowych, obliczenie współczynników dystorsji na podstawie przesunięć radialnych, generowanie symulowanych danych GPS, itd.

Należy dodać, że autor programu, Matt Stevens zawsze jest gotów udzielić konsultacji i pomóc w zakresie działania programu.

Do grupy programów uzupełniających dla dydaktyki fotogrametrycznej zaliczyć należy bardzo dobre teledetekcyjne i GIS-owskie wolne oprogramowanie – **Ilwis** (Integrated Land and Water Information System) powstałe w International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) z Holandii. (Ilwis 2010). Z pomocą tego programu można wykonać przetworzoną w oparciu o transformację rzutową 2D fotomapę oraz ortofotomapę z obrazów lotniczych i satelitarnych oraz nadać im georeferencję. Program wygeneruje NMT w postaci rastrowej na podstawie współrzędnych punktów terenu umieszczonych w pliku tekstowym. Elementy orientacji zdjęć potrzebne do ortorektyfikacji uzyskuje się tu drogą fotogrametrycznego wcięcia wstecz zorientowanego wewnątrz zdjęcia i współrzędnych fotopunktów w układzie odniesienia. Można też sporządzić zdjęcia epipolarne, wygenerować stereogram na podstawie jednego zdjęcia i NMT, udrapować zdjęcie na NMT. Użytkownik programu ma zapewnioną kontrolę każdego etapu tworzenia produktu poprzez analizę dokładności.

Do rektyfikacji zdjęć drogą przekształcenia rzutowego można też wykorzystać **Asrix** (Asrix 2010), którego starsza, całkowicie darmowa wersja obsługiwała zdjęcia 8-bitowe tylko w formacie BMP. Obecna wersja – już ograniczona czasowo do 50 dni pracuje na obrazach w różnych formatach: BMP, TIFF, JPG, monochromatycznych i kolorowych. W trakcie pomiaru fotopunktów pojawia się tabelka, w której można skontrolować nie tylko odchyłki sytuacyjne, ale również wysokościowe fotopunktów w odniesieniu do zdefiniowanej płaszczyzny.

Do programów typowo uczących należy dość już „leciwy” **LDIP Inter (Learning Digital Photogrammetry)**, autorstwa J.Höhle z Uniwersytetu w Aalborgu (Dania), pozwalający na zrozumienie mechanizmu automatycznego pomiaru na zdjęciach wykorzystując tutorial oraz przez samodzielne wykonanie przykładów obliczeniowych z użyciem kalkulatora lub arkusza kalkulacyjnego, które są częścią składową programu. W programie poruszone są następujące tematy: pomiary automatyczne, korelacja z podpikselową dokładnością 1D i 2D, pomiary automatyczne dla zdjęć Reseau i automatyczna orientacja zdjęć lotniczych (Ldipinter 2010).

Zasad *monoplottingu* można nauczyć się z pomocą **DiMoTep (Digital Monoplotting Teaching Program)**, powstałego w ETH w Zurychu w ramach pracy dyplomowej. Ma on dwie części: uczącą w postaci hiperlinku oraz praktyczną, w której w czasie rzeczywistym wykonywany jest monoplotting z użyciem NMT, zdjęcia lotniczego o znanych elementach orientacji wewnętrznej i zewnętrznej lub ortofotomapy z georeferencją. Numeryczny Model Terenu oraz obraz wraz z pomierzonymi punktami bądź liniami mogą być wyeksportowane do formatu VRML, który można następnie zwizualizować przez programy typu VRML Viewer (Dimotep 2010).

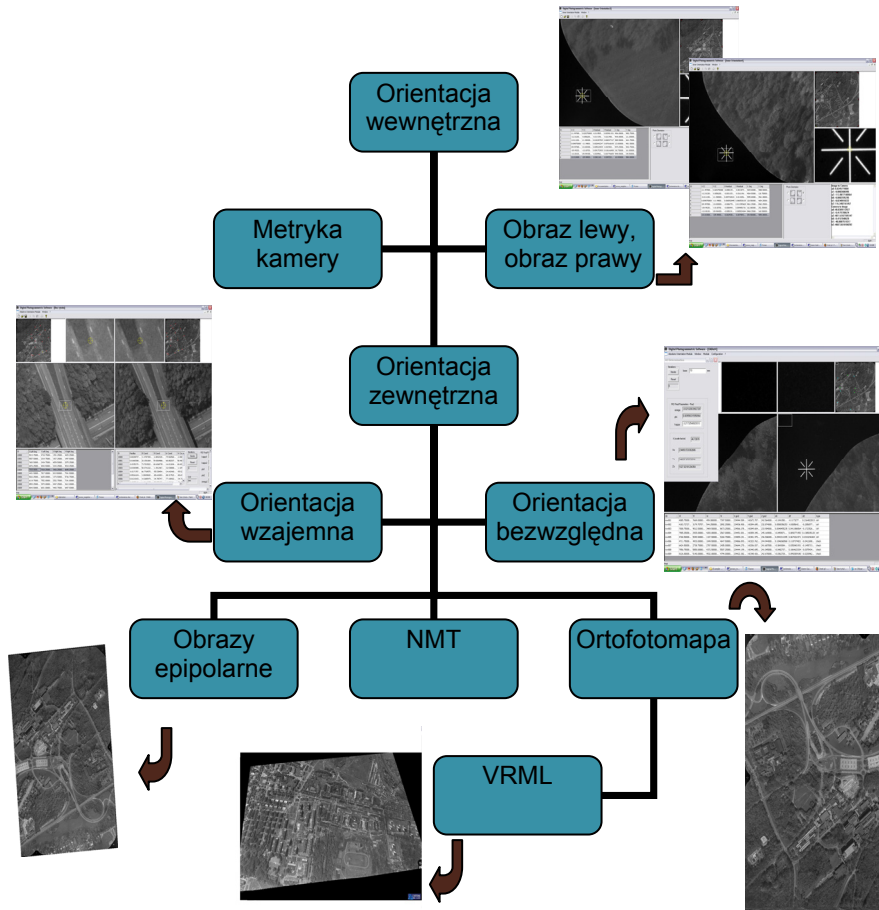
3. PORÓWNANIE DDPS I E- FOTO

Ze względu na to, że programy te są jedynymi, które pretendują do miana cyfrowej stacji fotogrametrycznej, przedstawiamy tu obszerniejszą, niż w poprzednim rozdziale ich charakterystykę, pewne spostrzeżenia poczynione w pracy z tymi programami (Ujma, 2009) oraz próbę ich porównania.

DDPS (Didactic and Digital Photogrammetric Software) jest programem przeznaczonym do celów dydaktycznych, będącym rezultatem współpracy naukowej *Surfaces Laboratory* na Wydziale Geomatyki na Uniwersytecie w Liege w Belgii oraz Instytutu Geodezji i Kartografii (IGiK) w Warszawie. Został napisany w języku C⁺⁺, posiada wygodny w użyciu interfejs graficzny, menu w języku angielskim. Realizuje podstawowe etapy pracy fotogrametrycznej stacji roboczej (Rys. 1).

Program wykorzystuje 8-bitowe obrazy skanowanych zdjęć lotniczych w formacie BMP. Operator może pracować na zdjęciach dołączonych do programu lub własnych, po kolei wykonując: orientację wewnętrzną, wzajemną, bezwzględną, pomiar danych do NMT, aż do sporządzenia ortofoto. DDPS nie jest przystosowany do obserwacji stereoskopowej, posiada implementowany automatyczny *matching*, pozwalający na pomiar punktów homologicznych, który może być wykorzystany do pomiaru danych do NMT.

Ułatwieniem dopasowania obrazów są wygenerowane po orientacji wzajemnej lub bezwzględnej obrazy epipolarne. Dane pomiarowe pozwalają na utworzenie NMT w postaci siatki, w jej obrębie można sporządzić ortofoto. Wizualizacja i generowanie modelu VRML pozwala na przedstawienie danych 3D. W programie można wykonać superpozycję ortofotomapy na NMT w celu ewentualnego zwizualizowania za pomocą programów typu *VRML Viewer*, dostępnych w sieci. Program ten był porównywany z komercyjnymi stacjami roboczymi przez M. Kędzierskiego w 2004 roku (Kędzierski, 2004). W pracy z DDPS wykorzystano zdjęcia zarówno dołączone do programu (zdjęcia analogowe w skali 1:5000, wykonane kamerą LMK ze stożkiem szerokokątnym i zeskanowane pikselem 24 μm), jak i własne.



Rys. 1. Schemat procesów w DDPS (Ujma 2009)

Pracę z programem rozpoczyna się od założenia projektu, wczytania zdjęć dołączonych do programu lub własnych, wczytania pliku z parametrami metryki kamery, który można przeglądać i modyfikować w module New Calibration Certificate.

Orientacja wewnętrzna w module Inner Orientation wykonywana jest przez pomiar znaczków tłowych w ustalonym układzie współrzędnych, z dokładnością podpixselową. Dostępną transformacją z układu pikselowego do układu ramki tłowej jest transformacja afiniczna, toteż odchyłki na znaczkach pojawiają się po pomiarze trzeciego znacznika. Na ekranie poniżej okna obrazu pojawiają się obserwacje i współrzędne wzorcowe. W okienku tekstowym przedstawione są parametry transformacji zdjęcie-kamera jak i transformacji odwrotnej. Obliczone parametry należy zapisać ręcznie w pliku o rozszerzeniu *.Olparam, aby móc przejść do następnego etapu opracowania: orientacji wzajemnej.

Wykonywana jest ona w układzie modelu definiowanego przez bazę zdjęć, po pomiarze punktów homologicznych w rejonach Grubera i uruchomieniu obliczeń pokazują się

obserwacje i paralaksy w układzie tłowym, niestety bez obliczonej ich średniej, co utrudnia podjęcie szybkiej decyzji, co do prawidłowości wyników tego etapu.

W celu obliczenia orientacji bezwzględnej należy wprowadzić nazwy plików ze współzrędnymi modelu oraz współzrędnymi fotopunktów, w którym można zadeklarować, które punkty mają być wyłączone z wyrównania. Współzrędnymi fotopunktów i odchyłki na nich pojawiają się po wykonaniu orientacji, dostępne są też parametry transformacji i elementy orientacji zewnętrznej zdjęć. Brak wartości średniokwadratowej odchyłki utrudnia szybkie oszacowanie jakości orientacji. Współzrędnymi terenowe punktów wiążących wykorzystywanych w orientacji wzajemnej nie są na tym etapie obliczane, jeśli chcemy je wyznaczyć, należy posłużyć się odrębną funkcją.

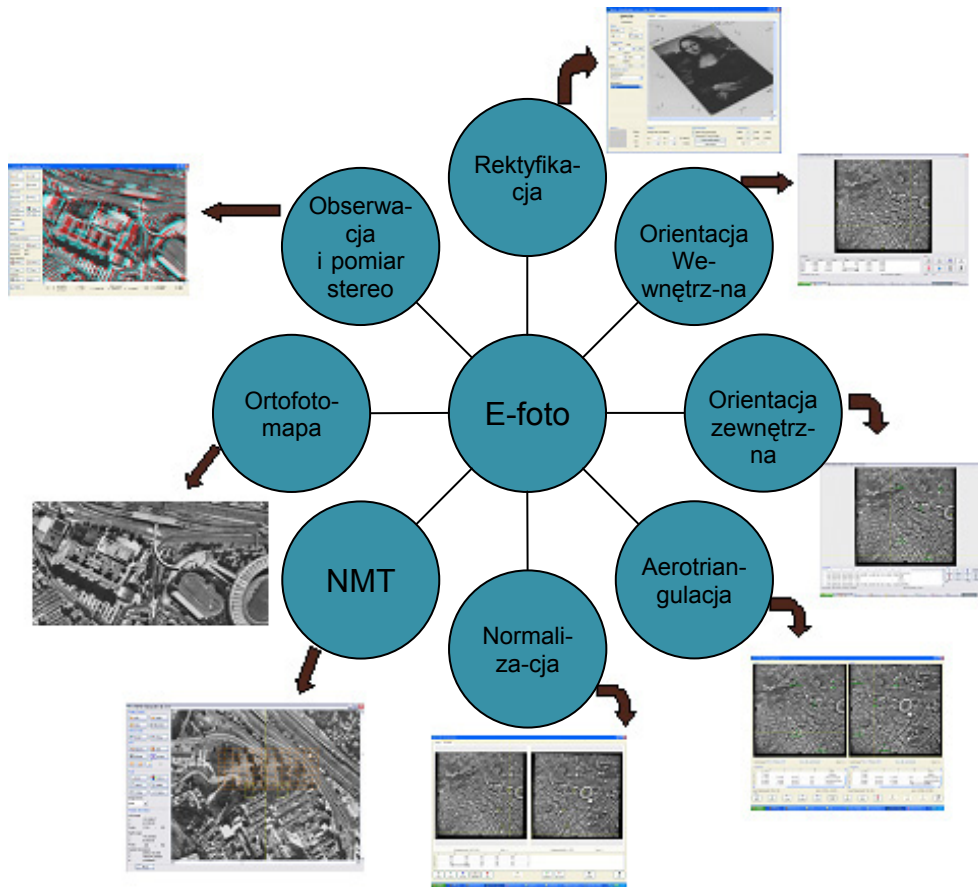
Automatyczny pomiar do NMT przy niewłaściwym doborze parametrów może dać niewłaściwe dopasowania, bezpieczniej jest wykonać go manualnie. Oczywiście nie jest to proste, ponieważ nie ma możliwości pracy na modelu stereoskopowym. Jak wykazały badania Kędziarskiego (Kędziarski 2004), utworzona ortofotomapa jest w porównaniu z analogicznym produktem stacji komercyjnych mało dokładna.

E-foto jest stacją cyfrową do celów kształcenia, tworzoną przez pracowników i studentów IME od 2002 roku. Można go pozyskać ze strony <http://www.efoto.eng.uerj.br/doku.php?id=en:start>, niestety rzadko aktualizowanej i od kilku lat niedokończonej. Inaczej niż DDPS, program nie jest ciągiem technologicznym tworzenia docelowego produktu – ortofotomapy, a składa się z niezależnych modułów poszczególnych etapów tworzenia mapy wektorowej i rastrowej (Rys. 2). To znaczy, że jakość wykonania każdego etapu nie wpływa na jakość innych etapów. Poszczególne moduły mogą być wykorzystywane w dowolnej kolejności, zatem proces uczenia się można przerywać i zaczynać w dowolnym miejscu. Niezależność modułów programu spowodowana jest zapewne tworzeniem ich przez kilka różnych zespołów, od 2007 roku program osiągnął docelową ilość modułów. Są to: *Rectification*, *Interior orientation*, *Exterior orientation*, *Phototriangulation*, *Digital restitution*, *Stereogram normalization*, *Numeric model extraction and ortho-rectification*.

Oprócz programu tworzony jest *online help* oraz *E-book*, który składa się z rozdziałów, w których omówione są podstawy fotogrametrii cyfrowej oraz poszczególne moduły oprogramowania i podzielony jest na następujące rozdziały: *Introduction*, *Basic principles of photogrammetry*, *Digital image processing*, *Interior orientation*, *Exterior orientation*, *Phototriangulation*, *Image rectification and normalization*, *DEM Extraction*, *Ortho-rectification and Digital stereo-plotting*. Niestety, i *help* i *E-book* do chwili obecnej dostępne są tylko w języku portugalskim.

Program może pracować tylko na obrazach dołączonych do pliku instalacyjnego, są to zdjęcia lotnicze wykonane kamerą RMK A ze stożkiem szerokokątnym w skali 1:8000, zeskanowane pikselem o wielkości 84 μm . Pomiaru na zdjęciach są dokonywane z dokładnością pikselową.

Orientacja wewnętrzna dokonywana jest w oparciu o cztery znaczniki tłowe o numeracji podanej w metryce kamery. Nie ma możliwości wyboru transformacji, sądząc po jednokrotnych odchyłkach dla współzrędnymi na znacznikach jest to transformacja afiniczna. Wynikiem orientacji jest raport w postaci tabelarycznej, w którym podane są: współzrędnymi wzorcowe znaczków tłowych, macierz współczynników niewiadomych, wyrównane wartości niewiadomych współczynników, odchyłki, wariancja, macierz wariancyjno-kowariancyjna niewiadomych i macierz wariancyjno-kowariancyjna obserwacji.



Rys. 2. Schemat działania E-foto (Ujma 2009)

Orientacja zewnętrzna jest wyznaczona z równania kolinearności na podstawie pomierzonych fotopunktów. Wskaźnikiem dokładności operacji są odchyłki na zdjęciu, a w tabeli wynikowej dostajemy: obserwacje na zdjęciach, macierz jacobianów, wyrównane parametry orientacji zewnętrznej, wariancje, macierze wariancyjno-kowariancyjne wyrównanych obserwacji i wyrównanych niewiadomych.

Aerotriangulacja (moduł *Phototriangulation*) w E-foto dokonywana jest w wersji mini, bo dla szeregu składającego się z trzech zdjęć. Pomiar współrzędnych tłowych dokonywany jest dla fotopunktów, które można znaleźć dzięki opisom topograficznym oraz punktów wiążących znajdujących się w zaznaczonych na zdjęciach rejonach. Program dopuszcza kilka wersji rozmieszczenia punktów wiążących. Niestety, nie udało się przeprowadzić obliczenia i wyrównania sieci w tym module – albo nie jest dopracowany, albo też intuicyjna praca na nim nie jest pozbawiona błędów (przypominamy, że instrukcja dostępna jest tylko w języku portugalskim).

Aby zrozumieć przyczynę generowania obrazów epipolarnych, w module *Normalization* dokonuje się pomiaru punktów homologicznych, liczona jest paralaksa poprzeczna, jej

średnia i odchylenie standardowe. Dla porównania należy to samo zrobić ze zdjęciami oryginalnymi. Wyniki pomiarów i obliczeń umieszczone są w raporcie na ekranie i zapisywane w pliku. Jednak znormalizowane zdjęcia generowane są niezbyt dokładnie, średnia paralaksa poprzeczna jest zbyt duża, rzędu kilku pikseli.

Wykonanie ortofoto poprzedzone jest wczytaniem zdjęć, ich elementów orientacji z pliku oraz wykonaniem pomiaru punktów do utworzenia NMT. Dane do NMT można pozyskać w sposób automatyczny lub manualny, przy czym ten drugi ułatwia obserwacja stereoskopowa z użyciem anaglifów. Wcześniej należy zaznaczyć prostokątny fragment terenu objęty modelem wysokościowym, podać zakres wysokościowy terenu, oczko siatki modelu. Automatyczny matching radzi sobie całkiem nieźle na terenie odkrytym, program dopuszcza edycję pomiarów. Ortofoto powstaje po podaniu rozdzielczości terenowej zdjęć i zadeklarowaniu rozdzielczości ortofotomapy.

Moduł *Stereoplotter* umożliwia wektoryzację treści modelu obserwowanego stereoskopowo w opcji anaglifowej lub z użyciem stereoskopu. Orientacja zdjęć jest odtworzona na podstawie parametrów wprowadzanych bezpośrednio lub czytanych z pliku, wstępne położenie znacznika pomiarowego na terenie ułatwia polecenie jego centrowania. Wektoryzacji podlegają obiekty punktowe, liniowe i poligony, można nadawać im odpowiednie atrybuty, modyfikować i zapisywać.

Rektyfikacja pojedynczego zdjęcia – tu dołączonego do programu obrazu malunku Leonarda da Vinci „Mona Lisa” jest dokonywana po przekształceniu rzutowym w oparciu tylko o cztery punkty, jest to najmniej skomplikowany moduł E-foto.

Podsumowując: oba programy, tak różne w swoich założeniach w znacznym stopniu spełniają rolę dydaktycznej stacji cyfrowej.

DDPS umożliwia wykonanie produktu docelowego, jakim jest ortoobraz cyfrowy przez przejście w odpowiedniej kolejności przez etapy jego tworzenia, przy czym produkt końcowy zależy od jakości ich wszystkich. Słabym punktem programu jest automatyczny *matching* wykorzystywany przy tworzeniu NMT, a pomiar manualny utrudnia brak stereoskopii. Do programu dołączone są dane demonstracyjne, ale można również pracować na materiałach własnych.

E –foto zabezpieczone jest przed błędami etapów pośrednich autonomizacją poszczególnych modułów, dzięki temu można uzyskać prawidłowy NMT na podstawie pomiaru automatycznego, nawet, jeśli w module *Normalization* zdjęcia epipolarne nie są wygenerowane prawidłowo. Tak przyjęta konstrukcja E-foto pozwoliła na udostępnienie programu nieukończonego. Ponadto ułatwiło programistom zabezpieczanie programu przed błędami danych pozyskanych z etapów wcześniejszych.

Jednak brak anglojęzycznego helpu i podręcznika użytkownika powoduje, że nie wiadomo, czy złe wyniki lub ich brak w pewnych modułach są spowodowane złą obsługą, czy błędami programu.

4. PODSUMOWANIE

Nauczanie fotogrametrii, a co za tym idzie, zapoznanie studentów z podstawowymi procesami technologicznymi fotogrametrii wymaga stosowania różnego rodzaju oprogramowania, nie zawsze komercyjnego.

Przedstawiona w publikacji krótka charakterystyka darmowego oprogramowania fotogrametrycznego oraz wieloletnie doświadczenie w pracy dydaktycznej pozwala autorkom

na sprecyzowanie wymagań, jakim powinny sprostać ogólnie udostępniane fotogrametryczne, dydaktyczne stacje cyfrowe.

Podstawową i zarazem najważniejszą cechą oprogramowania stosowanego dla celów dydaktycznych powinna być jego niezawodność i odporność na błędy użytkownika. Programy te w odróżnieniu od oprogramowań komercyjnych powinny być wyposażone w rozbudowane helpy oraz tutoriale co w znacznym stopniu ułatwiałoby naukę. Możliwość pracy na danych demonstracyjnych, jak również na własnych materiałach, to kolejne wymagania wobec programów dydaktycznych w zakresie fotogrametrii. Bardzo istotnym wymaganiem jest możliwość prowadzenia obserwacji stereoskopowej, która pozwala na manualny pomiar danych do NMT (co jest wskazane przy nauce wyboru punktów pomiarowych). Dydaktyczne stacje fotogrametryczne powinny zapewniać automatyczny pomiar do NMT z możliwością ręcznego poprawiania punktów oraz generowanie siatek o różnych parametrach. Liniowość poszczególnych etapów (nie tak, jak w E-foto), pozwoli na ocenę wpływu błędów tych etapów na produkt końcowy. Każdy z nich powinien kończyć się raportem z obliczeń, w którym winny być zamieszczone: obserwacje, macierze równań normalnych, obliczone niewiadome z błędami. Dydaktyczne, fotogrametryczne oprogramowanie powinno również zapewnić możliwość wektoryzacji i tworzenia ortofotomap.

5. LITERATURA

Aerosys 2010: <http://www.aerogeomatics.com/aerosys/software/>

Asrix. 2010: <http://nickerson.icomos.org/asrix/>

Dimotep. 2010: <http://www.photogrammetry.ethz.ch/research/student/monoplotting.html>

Ilwis 2010: <http://www.itc.nl/ilwis/downloads/ilwis33.asp>

Kędzierski M., 2004. Porównanie edukacyjnego oprogramowania do lotniczej fotogrametrii cyfrowej z profesjonalnymi systemami fotogrametrycznymi. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 14, s. 309–314.

Ldipinter. 2010: <http://ldipinter.dotsrc.org>

Ujma M., 2009. Przegląd wybranego darmowego oprogramowania fotogrametrycznego do celów dydaktycznych. Praca dyplomowa magisterska pisana pod kierunkiem Reginy Tokarczyk, obroniona na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH w Krakowie w 2009 roku, niepublikowana.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.150.949

REVIEW AND SPECIFICATIONS OF CHOSEN FREE PHOTOGRAMMETRICAL SOFTWARE FOR TEACHING PURPOSES

KEY WORDS: teaching, digital photogrammetry, free software, digital photogrammetric station, orthophotography

SUMMARY: In the process of teaching, within practical exercises it is significant to get students familiar with the basic photogrammetric technology processes, related mainly with using specific software. However, the software should differ from the commercial one in being equipped with advanced help, tutorials and analysis of particular work-steps and results. During photogrammetry

teaching, the presence of a software assisting in the learning process (including self-learning), can be very useful.

Generally, amongst the teaching software one can distinguish two groups: basic and complementary. The first one is the software made directly for teaching purposes, usually made as a freeware and developed in the frame of larger projects. The latter one is also a free software, but is usually shared on the private websites or university websites, thus being easy to access and eagerly used for teaching purposes.

In this paper, free software has been described, in particular: DDPS, E-foto, AeroSys, Ilwis, DiMoTeP, Asrix and LDIP Inter. This software is built of different photogrammetric modules, such as: 2D and 3D transformations, space resection, inverse space resection, relative orientation and camera calibration. Using those modules it is possible to create the basic photogrammetric products, particularly: 3D model with the possibility of its stereodigitization, ortophoto, DTM. In this paper we compared two pieces of software serving as an exercise-digital-station: DDPS and E-foto. Moreover, the requirements for the teaching software were also defined.

dr hab. inż. Regina Tokarczyk
e-mail: tokarcz@agh.edu.pl, tel. 12 617 22 88

dr inż. Bogusława Kwoczyńska
e-mail: rmkwoczy@cyf-kr.edu.pl, tel. 12 662 45 05

mgr inż. Monika Ujma
e-mail: monika.ujma85@gmail.com