

Andrzej Majde

AUTOMATYZACJA W FOTOGRAMETRII - OSIĄGNIĘTY POZIOM, TRENDY, PERSPEKTYWY

Streszczenie

Referat jest przeglądem osiągniętego już poziomu automatyzacji poszczególnych zadań fotogrametrycznych. W drugiej jego części dyskutowane są możliwe/obiecujące podejścia do zautomatyzowania zadań dotychczas nie rozwiązanych.

1. Wstęp

Dobrze jest wiedzieć co człowieka czeka, szczególnie jeśli jest młody (czyli długo jeszcze na chlebek zarabiać musi) lub ambitny (czyli chciałby czegoś w życiu dokonać, jakoś się zapisać). Tym wszystkim dedykuję poniższy krótki przegląd tendencji rozwojowych naszej dziedziny z nadzieją, że pomoże Im np. w wyborze tematyki i /lub narzędzi badawczych.

Wydaje się, że jedynym kierunkiem rozwojowym całej fotogrametrii jest dziś automatyzacja; innymi słowy przejście na techniki cyfrowe tam, gdzie jest jeszcze coś analogowego zostało oraz doskonalenie i rozwój metod obróbki cyfrowej tam, gdzie systemy nie są jeszcze wystarczająco samodzielne czy niezawodne. Zadanie to jest równocześnie obroną naszej pozycji przed techniką skanowania laserowego, które już z powodzeniem przejmuje generowanie NMT, a jego potencjał pozwala oczekiwać mocnego wejścia w całą sferę wektoryzacji obiektowej oraz NMPT. W tej drugiej sferze trzeba "tylko" zagęścić skanowanie i rozbudować oprogramowanie; a po tylu złamaniach granic automatyzacji i miniaturyzacji trudno postęp w tej technice uznać za niemożliwy. Jeśli to się naprawdę zdarzy – naszym jedynym produktem może się stać ortofoto.

Tak więc badacze i twórcy mają dalej swą działkę, ale dla rasowych fotogrametrów bardzo się ona skurczyła – prawdziwy postęp w naszej dziedzinie zawdzięczamy dziś elektronice i informatyce.

2. Obrazowanie terenu

W dziale tym współlistnieją dwie koncepcje – kamery tryliniowej i kadrowej; może któraś z nich zwycięży, a może obie doczekają się komercyjnej realizacji?

Pomysł kamery trzyliniowej to lata 70., ale w odniesieniu do pułapu lotniczego była to jeszcze utopia. Dziś, z pikselami CCD rzędu $10\ \mu\text{m}$ oraz z GPS i INS zdolnymi zarejestrować orientację z gęstością zbliżoną do częstotliwości skanowania, pomysł ten ma wszelkie szanse technicznej realizacji. Skomplikuje nam się wprawdzie geometria takich pasmowych zdjęć, ale skoro teoretycznych trudności nie widać, to coraz szybsze komputery poradzą sobie swobodnie nawet ze skomplikowanymi przeliczeniami.

Kamery cyfrowe $6 \times 6\ \text{cm}$ z pojedynczą płytką ok. $4\ 000 \times 4\ 000$ pikseli funkcjonują już w fotogrametrii bliskiego zasięgu. Jest to wprawdzie jeszcze 4×4 mniej niż standard lotniczy, ale spróbujmy przeliczyć cokolwiek:

- doświadczenia mówią, że skanowanie pikselem $22.5\ \mu\text{m}$ a nawet $30\ \mu\text{m}$ nie obniża dokładności opracowania (aerotriangulacja, NMT) w stosunku do rezultatów, uzyskiwanych ze zdjęć skanowanych pikselem $15\ \mu\text{m}$.
- biorąc za punkt wyjścia te $30\ \mu\text{m}$ oraz $10\ \mu\text{m}$ piksel płytki CCD, geometrię standardowej kamery szerokokątnej zachowałaby kamera o ogniskowej $50\ \text{mm}$, wymiarach kadru $77\ \text{mm}$ i liczbie pikseli $7\ 700 \times 7\ 700$. Czyli tylko dwukrotnie "pojemniejsza" od funkcjonującej w zadaniach naziemnych; wygląda to zatem bardzo realnie.

Jest jeszcze inna możliwość – powrót do koncepcji sprzężonych kamer obustronnie zbieżnych z epoki normalnokątnych obiektywów. Zbudowanie zestawu czterech funkcjonujących kamer już dziś dostarczyłoby zestaw zdjęć cyfrowych równoważnych współczesnej kamerze szerokokątnej.

Jedną tylko mam wątpliwość – czy czytelność zdjęć cyfrowych skanowanych pikselem $30\ \mu\text{m}$ będzie wystarczająca dla opracowań wielkoskalowych. Ale może to tylko konserwatyzm obserwatora sprzed niemal 40 lat? Tym bardziej, że poziom szumów zdjęć cyfrowych będzie zdecydowanie niższy!

Nasza w tym dziale rola zdefiniowana jest precyzyjnie - być przygotowanymi na przyjęcie nowych rozwiązań sprzętowych, bo uczestniczyć w ich budowie nie mamy szans! Ale czy wybrać bierne czekanie, czy spróbować pogłębić to przygotowanie np. przez zajęcie się opisem geometrii?????

3. Opracowanie zdjęć

Dla uporządkowania tematyki wyróżnię dalej: orientację zdjęć, ortofoto, NMT, NMPT wraz z wektoryzacją obiektową.

3.1. Orientacja zdjęć

Orientację zdjęć rozumiem, w najszerszym możliwym zakresie, z ewentualną aerotriangulacją włącznie.

Niemal (?) pełną automatyzację tego etapu, i to w różnych wariantach, mamy już w zasięgu wzroku. Lada moment człowiekowi pozostanie już tylko pomiar naturalnych fotopunktów; i to wyłącznie w super precyzyjnych opracowaniach, w których zarejestrowane w czasie lotu dane orientacyjne uznane zostaną za niewystarczające dokładnościowo.

3.2. Ortofoto

Nie ma o czym mówić w odniesieniu do tradycyjnego ortofoto - zadanie jest już całkowicie zautomatyzowane. Co innego z ortofoto, uwzględniającym również przestrzenność obiektów (ang. *true ortho*) – uzyskanie tego produktu to sprawa znacznie bardziej skomplikowana a w dodatku interdyscyplinarna; bez kartografii, wspomagającej nas w wypełnieniu nieuniknionych „dziur”, raczej się nie obejdzie. Pracują nad tym ludziska, ale do akceptowalnych rozwiązań jeszcze dość daleko; tematyka wdzięczna, aż się prosi o podjęcie.

3.3. NMT

Algorytmy dopasowania par homologicznych na powierzchni terenu skutecznością, precyzją i sprawnością dawno już pobiły człowieka. Nie są one jednak jeszcze wbudowane w inteligentne systemy, stąd pewne kłopoty z przestrzennymi obiektami lub z nieciągłościami powierzchni - mimo dość skutecznych filtracji czyszczenie automatycznie wygenerowanego NMT ciągle jeszcze zabiera sporo czasu.

Prawdziwym, wysoce niezawodnym rozwiązaniem może być chyba dopiero kompleksowe opracowanie sytuacyjno-wysokościowe (patrz niżej). Kłopot tylko w tym, że będzie ono bardzo czasochłonne, a więc technologicznie nie do zaakceptowania w sytuacjach, gdy klient żąda tylko NMT lub /i ortofotomapy.

Rozwiązanie samodzielne pojawić się więc musi. Kto wie, czy nie będzie nim zmiana strategii dopasowania, np. z dość standardowej siatki na wypróbowane w pierwszym automacie *Helavy* dopasowanie ciągle? Albo wstępne, automatyczne wycięcie stref, podejrzanych o "bycie" przestrzennymi obiektami terenu?

Rozumiem, że jest to wdzięczny obszar badawczy, z niemałymi szansami na spektakularny sukces.

3.4. NMPT wraz z wektoryzacją obiektową

Na wygenerowanie NMPT przez którykolwiek z dotychczas istniejących systemów nie ma co liczyć. Ale automatyzacja wektoryzacji obiektów, m.in. budynków, to jeden z najczęściej podejmowanych przez badaczy tematów, nie jest zatem wykluczone że w niedługim czasie będziemy mogli generować automatycznie choćby "twarde" przeszkody (nie zauważyłem jakoś prób automatycznego pomiaru drzew i krzewów). Być może sporo czasu upłynie (wieczności nie wykluczając) zanim osiągniemy poziom dokładnościowy wymagany przez szczegółowy GIS (umownie – poziom dotychczasowej mapy wielkoskalowej), ale automatyczne wykrywanie brył przestrzennych na poziomie dokładnościowym wystarczającym łączności bezprzewodowej może być już niedługo realne.

Pełna automatyczna wektoryzacja treści wielkoskalowej to chyba jeszcze, mimo szeregu pozytywnych osiągnięć cząstkowych, stosunkowo odległa przyszłość.

I w tej sferze badacze (a raczej twórcy) znajdują więc jeszcze pole do popisu.

4. Typy oprogramowania i ich rola w fotogrametrii przyszłości

Wydaje się, że przydatne fotogrametrii oprogramowanie można podzielić na trzy grupy:

1. Oprogramowanie nieinteligentne, typowo deterministyczne, realizujące z góry zadane procedury, sekwencje, ...; ewentualne "decyzje" sprowadzają się do fortranowskiego zdania "if ... then ...".

Przykłady skutecznego zastosowania w fotogrametrii – pomiar NMT, aerotriangulacja, generowanie ortofoto. Zastosowania mniej skuteczne – wspomniane wcześniej cząstkowe rozwiązania automatycznej wektoryzacji obiektów. Perspektywy – chyba jednak raczej procesy pomiarowe – w elementach rozpoznawczo-decyzyjnych lepiej zapewne sprawdzą się metody z następnych grup.

2. Oprogramowanie z wbudowaną "wiedzą" w z góry ustalonym zakresie oraz szcążkową "inteligencją", pozwalającą na poszerzanie tejże wiedzy, np. przy okazji pracy z systemem. Ogólna nazwa tej kategorii to systemy ekspertowe, w założeniu mające wspomagać szeregowego profesjonalistę wbudowanym w system doświadczeniem tych najlepszych.

Jakość tak pomyślanego systemu zależy oczywiście od poziomu ekspertów którzy załadowali do niego swą wiedzę, ale chyba w jeszcze większym stopniu od uświadomienia (a potem wymodelowania i oprogramowania) przez twórców systemu ich własnych procesów analityczno-syntetyczno-decyzyjnych (w tym bowiem sensie systemy ekspertowe są raczej deterministyczne).

Wydaje się, że do tej właśnie grupy należy szereg ogłoszonych już i dalej doskonalonych, metod wektoryzacji obiektów. Sądzę ponadto, iż dla niektórych klas obiektów może to być podejście docelowe; docelowe rozwiązania kompleksowe będą chyba jednak musiały sięgnąć do metod następnej grupy.

3. Systemy modelujące przepływy danych w mózgu człowieka, modelujące zatem raczej strukturę przyszłej inteligencji niż jej ukierunkowanie wg reguł jakiegokolwiek profesji. Zdolne do uczenia się, ale wg własnych zasad; ba – w procesie uczenia się – zaskakujące twórczych je informatyków i profesjonalistów skojarzeniami, jakie człowiekowi nigdy nie przyszły by do głowy. Innymi słowy - sieci neuronowe.

Sieci neuronowe są już stosowane w teledetekcji satelitarnej, z tradycyjnym wejściem w postaci poziomu odpowiedzi spektralnej w różnych kanałach. Gdybyśmy chcieli się ograniczyć w naszym rozpoznawaniu potencjalnych budynków, drzew, dróg, ... na gęstości – nic z tego nie wyjdzie; w rozpoznaniu fotogrametrycznym decyduje kształt (i to często przestrzenny), mikrofaktura, współzależność stowarzyszonych obiektów i tysiące innych rzeczy. Opisać procesu wyłapania obiektu oraz wyselekcjonowania jego elementów podlegających pomiarowi chyba nikt nie będzie w stanie - zbyt dużo elementów w różnych uporządkowaniach i hierarchiach wpływa na każdą obserwatorską decyzję. Skoro jednak istnieją już systemy modelujące dynamiczną strukturę wnioskowania, to może one właśnie zrobią to, czego my nie jesteśmy w stanie? Może uporządkują po swojemu to, co robi każdy obserwator i zaczną rozpoznawać obiekty podlegające wektoryzacji? A jeśli to zrobią, to w tym momencie przywołają deterministyczne pakiety pomiarowe, generujące płaskie lub przestrzenne modele tych obiektów wg sprawdzonych już, sprawnych i szybkich algorytmów.

Pytanie tylko, co powinno znaleźć się na wejściu, jakie sygnały należałoby dostarczyć systemowi, aby umożliwić mu wiarygodne rozpoznanie obiektów. Zamykając oczy i przywołując pole widzenia autografu powiedziałbym, że:

- koncepcja piramidy wydaje mi się niezbędna – trzeba zacząć od ogółu i od otoczenia;
- częstotliwość zmian tonalnych oraz ich uporządkowanie to chyba następny mocny argument;
- sądzę że i gęstość optyczna będzie argumentem nie do pogardzenia;
- ????????????

5. Kompleksowo zautomatyzowana wektoryzacja obiektów?

System taki prędzej czy później powstanie i od pewnego momentu będzie na tyle niezawodny, że będziemy mogli poprzestać na przeglądzie produktu i wprowadzeniu koniecznych poprawek.

Jak będzie wyglądał? Sądzę, że będzie to bardzo kompleksowe oprogramowanie, wykorzystujące jako elementy/procedury pakiety należące do wszystkich trzech wyżej wymienionych grup. Głębokie przeświadczenie o tym, że poniżej sieci neuronowych akceptowalnego rozwiązania nie uzyskamy, opieram na tym, że zastanawiając się nad pełnym zestawem poszlak wskazujących na to, że obiekt jest budynkiem, nie potrafiłem wszystkich wyartykułować. Jeśli więc nie potrafię kogoś nauczyć, jak zrobić coś, co zrobić potrafię - niech się sam ode mnie nauczy!

Autor

prof. dr hab. Andrzej Majde
Instytut Geodezji i Kartografii
00-950 Warszawa, ul. Jasna 2/4
tel./fax (0-22) 827 03 28
e-mail: majde@igik.edu.pl

Recenzował prof. dr hab. Józef Jachimski