

# Kalibracja map?

Dyskusje o wyższości wektoryzacji nad digitalizacją mamy już chyba za sobą. Szeroka oferta sprzętowa i programowa oraz różnorodność proponowanych technik skanowania i kalibracji zbiorów rastrowych powoduje, że przed przystąpieniem do pracy należy się zastanowić nad poprawnością przyjętej technologii. Chcę się z Państwem podzielić swoimi przemyśleniami na ten temat.

Wierny czytelnik „CadCam Forum” być może skojarzył powyższy wstęp z artykułem „Kalibracja map”, który ukazał się w numerze III/IV '94. I słusznie. Niniejszy artykuł będzie nie tyle kontynuacją, co uzupełnieniem artykułu pana Fink-Finowickiego (autor przedstawił zarys technologii skanowania i kalibracji map topograficznych) o zagadnienia związane z mapą zasadniczą.

Różnice pomiędzy mapą topograficzną w skali 1:50 000 a mapą zasadniczą powodują, że określając technologię należy przyjąć pewne specyficzne kryteria. Poza skalą opracowania istotną różnicą jest sposób redakcji tych map. Arkusz mapy topograficznej może być opracowany w jednym ciągu technologicznym i nie podlega aktualizacji. Natomiast w procesie redakcji i użytkowania mapy zasadniczej może brać udział nawet kilkadziesiąt osób. Nie trzeba więc chyba przekonywać, jak ważnym, w odniesieniu do dalszego opracowania numerycznego, jest etap skanowania mapy i kalibracji zbioru rastrowego.

Pan Fink-Finowicki w swoim artykule postawił pytanie: *czy można wierzyć zeskanowanej mapie?* Proponuję postawić inne pytanie:

## Czy możemy sobie pozwolić na brak zaufania do zeskanowanej mapy?

Średni błąd położenia punktu sytuacyjnego na mapie jest określony wzorem:

$$m_s^2 = (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 + m_6^2), \text{ gdzie:}$$

$m_1, m_2, m_3$  – odnoszą się do pomiaru terenowego;

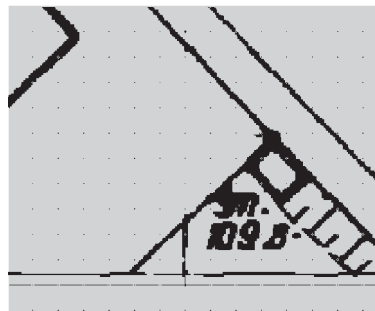
$m_4, m_5, m_6$  – odnoszą się do kartowania i kreślenia [1].

Instrukcja techniczna K1 – Mapa Zasadnicza mówi, że dokładność graficzna pierworysu mapy zasadniczej charakteryzuje się średnim błędem położenia szczegółu sytuacyjnego pierwszej grupy dokładności w stosunku do najbliższego punktu poziomej osnowy geodezyjnej nie większym niż 0,3 mm w skali mapy. [2]

Jest możliwe i konieczne przyjęcie takiej technologii skanowania i kalibracji, aby wartość  $m_s$  dla każdego punktu w zbiorze rastrowym pozostała nie zmieniona.

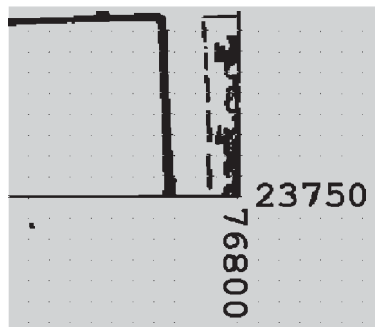
## Skanowanie

Na jakość rastra ma wpływ typ zastosowanego skanera oraz rozdzielczość i tryb skanowania. Są różne rodzaje skanerów. Najbardziej popularne to skanery rolkowe i tablicowe. Właściwie należałoby absolutnie wykluczyć skanery rolkowe. Przy skanowaniu cienkich folii mogą się zdarzyć jałowe poślizgi rolek (z moich doświadczeń wynika, że zdarzają się one nader często). Poślizgi rzędu 1-2 mm są trudne do wykrycia. Tym samym do dalszej obróbki zostają przyjęte rastry z błędem wielokrotnie przewyższającym dokładność graficzną opracowania mapy. Ponadto w skanerze rolkowym nie można skanować map wykonanych na planszy aluminiowej.



Rys. 1. Fragment mapy zasadniczej po zeskanowaniu na skanerze rolkowym i „wpasowaniu na cztery punkty”. Na rysunku widać, że „ramka rastrowa” nie pokrywa się z „ramką wektorową”

Jedynie słusznym rozwiązaniem wydaje się być użycie skanera tablicowego o dużym formacie (skanerem takim dysponuje CODGiK w Warszawie). W tym przypadku produktem będzie matryca pikseli stanowiąca prawie wierną kopię skanowanej mapy. Prawie, ponieważ obraz rastrowy jest skończonym zbiorem elementów o określonych wymiarach. Wobec tego przy zamianie mapy na postać rastrową występuje pewna generalizacja treści. Zwiększając rozdzielczość skanowania tak, aby wielkość piksela była mniejsza od rozmiarów najmniejszego elementu na mapie, można osiągnąć wierną kopię.



Rys. 2. Fragment mapy zasadniczej po zeskanowaniu na skanerze tablicowym i transformacji metodą Helmerta (10 par punktów dostosowania). „Ramka rastrowa” pokrywa się z „ramką wektorową”

## Rozdzielczość skanowania

Na wybór rozdzielczości skanowania mają wpływ dwa czynniki. Po pierwsze, nie należy jej przesadnie zwiększać, ponieważ pliki mogą osiągnąć nieuzasadnioną ekonomicznie wielkość. Rozmiar pliku zależy również od przyjętego formatu zapisu i zastosowania kompresji.

Po drugie, rozdzielczość skanowania powinna zapewniać wielkość piksela kilkakrotnie mniejszą od dokładności graficznej opracowania mapy (0,3 mm). Przy rozdzielczości 300 dpi (punktów na cal) rozmiary piksela wynoszą 0,08 x 0,08 mm, co w zupełności wystarczy, aby spełnić postawiony wymóg.

## Tryb skanowania

Tryb skanowania ma związek z rodzajem mapy poddawanej przetworzeniu. Jeśli jest to mapa z rysunkiem czarno-białym, należy zastosować tryb binarny (bit na piksel). Na czytelność obrazu rastrowego ma wtedy wpływ wartość przyjętego progu (ang. threshold).

Jest to wartość poziomu cyfrowego (poziomu szarości), w którym obraz zostaje „złamany” (podzielony) na tło i rysunek. Problematyczne może być ustalenie progu, gdy mapa jest zabrudzona

lub rysunek zniszczony. Zazwyczaj jednak po kilku próbach można osiągnąć zadowalający rezultat.

Program Ldscan dostarczony ze skanerem LDS 4000 plus dysponuje opcją „dynamic threshold” (dynamiczne progowanie). Mapa jest wtedy skanowana dwukrotnie. Za pierwszym razem jest ustalana mapa bitowa rozkładu poziomów szarości w tle. W drugim, zasadniczym skanowaniu program reguluje wartość progów w zależności od lokalnych wartości poziomów cyfrowych tła. Uzyskany rysunek jest wtedy nieporównywalnie bardziej czytelny niż w przypadku ręcznego ustalenia wartości progów. Niestety, LDS 4000 plus jest skanerem rolkowym.

Inny tryb skanowania należy zastosować w przypadku map wykonanych w kolorze (na przykład mapa zasadnicza na planszy aluminiowej z wykreśloną w kolorze treścią uzbrojenia technicznego terenu). Tryb binarny będzie tutaj zupełnie nieprzydatny, ponieważ nie zostaną odczytane „kreski” w jasnych kolorach. Oczekiwany rezultat można uzyskać skanując w trybie „kolorowym” (najlepiej 24 bity na piksel). Mankamentem tego trybu jest nawet kilkakrotny wzrost objętości pliku. Można temu zaradzić stosując filtrację kolorów, co poprzez redukcję określonych przedziałów z przestrzeni RGB na dwa poziomy cyfrowe prowadzi do konwersji na postać binarną. Takim skanerem tablicowym o formacie A1 również dysponuje Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie.

### Kalibracja

Po zapewnieniu odpowiedniej jakości rastra następnym ważnym etapem w przygotowaniu zbiorów rastrowych do wektoryzacji jest tzw. kalibracja. Można toczyć spór, czy jest to właściwe określenie. Niektórzy mówią korekcja geometryczna, a trafniej byłoby w tym wypadku powiedzieć transformacja.

W Polsce używa się kilku programów do wektoryzacji. Są to m.in.: MicroStation + I/RAS, AutoCad + CadRaster, AutoCad + RasterEdit, CadCore. Każdy z tych programów oferuje kilka różnych sposobów transformacji (CadCore tylko jeden). Jaki sposób transformacji wybrać do opracowania mapy zasadniczej? Zastanówmy się, co chcemy osiągnąć w wyniku transformacji. Zrozumiałe jest, że ma to być obraz rastrowy w odpowiedniej skali i umieszczony w układzie współrzędnych.

Przede wszystkim musi to być jednak wierna matryca bitowa materiału wyjściowego.

W związku z tym należy zrezygnować z korekcji ewentualnej deformacji materiału, który był skanowany. Jeśli mapa jest wykonana na planszy aluminiowej, problem deformacji można właściwie zaniedbać. Inaczej jest w przypadku mapy zasadniczej wykonanej na folii w systemie nakładkowym, która w dodatku jest w obiegu przez kilka lat. Z założenia treść nakładki uzbrojenia technicznego terenu jest geometrycznie i tematycznie spójna z uzbrojeniem naziemnym i nadziemnym wykreślonym na matrycy mapy zasadniczej. Jeżeli od pewnego czasu szczegóły były wkreślane na już zdeformowany materiał, to usunięcie deformacji wyznaczonej przez pomiar krzyży siatki kwadratów niczego nie naprawi, a wręcz może zakłócić zgodność treści zawartej na wymienionych nakładkach. Przysporzy to problemów przy wektoryzacji oraz w późniejszej eksploatacji zasobu numerycznego. Wróćmy więc do sposobu transformacji. Błędem jest definiowanie transformacji przez liczbę par punktów dostosowania (choć są w obiegu programy, w których jest to jedyna definicja dostępnej transformacji). (Rys. 1)

Ilość punktów użytych do transformacji jest kwestią drugorzędną. Ważne jest, jaki model transformacji zostanie przyjęty (Hel-

merta, afiniczna, wielomianem wyższego rzędu itd.). Minimalna liczba punktów dostosowania określa się według wzoru:

$$k = ((n+1)(n+2)) / 2, \text{ gdzie } n - \text{stopień wielomianu.}$$

Tylko transformacja Helmerta zapewnia uzyskanie wiarygodnego rezultatu, gdyż jest to model równoskalowy, który realizuje obrót, przesunięcie oraz zmianę skali. Przy tym zmiana skali następuje jednakowo we wszystkich kierunkach. Do zdefiniowania modelu należy wskazać przynajmniej dwie pary punktów dostosowania. Aby wyrównać wskazania operatora, potrzebne są obserwacje nadliczbowe. Natomiast przy kilkunastu parach punktów będzie możliwe statystyczne określenie średniego błędu wyznaczenia parametrów transformacji. (Rys. 2)

Jednym z rozwiązań może być zastosowanie następującej technologii:

- skanowanie na skanerze tablicowym dużego formatu z opcją „dynamic threshold” w trybie binarnym lub z filtracją w trybie kolorowym;
- do ustalenia parametrów transformacji wskazanie 8 do 16 punktów oraz wyrównanie wskazań metodą najmniejszych kwadratów;
- zastosowanie transformacji Helmerta, w której zamiast przeliczenia całego pliku nastąpi zmiana wartości bajtów nagłówka odpowiadających za skalę, umiejscowienie w układzie współrzędnych oraz orientację rastra w przestrzeni wektorowej. Efektem zastosowania takiej technologii będzie przygotowany do wektoryzacji, skalibrowany zbiór rastrowy, będący wierną kopią materiału wyjściowego. Proces transformacji nie wprowadzi żadnych zmian do geometrii wewnętrznej obrazu, a w dalszej eksploatacji zasobu numerycznego wykonawcy (w liczbie kilkudziesięciu) będą mieli nadal do czynienia z tym, co sami stworzyli. Oczywiście przy założeniu poprawnie wykonanej wektoryzacji.

Szkoda, że nowa instrukcja techniczna K1 nie reguluje warunków związanych z założeniem mapy zasadniczej w postaci numerycznej [3]. Wiadomo, że można to zrobić na trzy sposoby:

- wykorzystanie danych z pomiaru,
- wektoryzacja,
- digitalizacja.

Myślę, że odnośnie digitalizacji instrukcja powinna określać m.in. jakie materiały źródłowe można wykorzystywać do konkretnych opracowań oraz dopuszczalne przełożenie pomiędzy skalą materiału źródłowego a skalą opracowania numerycznego.

Natomiast w przypadku wektoryzacji powinny być określone materiały źródłowe w docelowych opracowaniach, typy skanerów, sposoby transformacji zbiorów rastrowych oraz dopuszczalny błąd wyznaczenia parametrów transformacji. Dopóki te ważne elementy nie będą obligatoryjne, będziemy skazani na żywiołową numeryzację zasobu kartograficznego.

Wybierając programu do przygotowania rastrowych do wektoryzacji pamiętajmy o jednym: sam fakt wykonania opracowania na komputerze nie oznacza poprawności tego opracowania.

**Janusz Kosakowski**

*Institut Gospodarki Przestrzennej ART Olsztyn*

Skanowana mapa została udostępniona przez WODGiK w Olsztynie.

Literatura:

- [1] - Andrzej Hopfer, Marek Urban „Geodezyjne urządzenie terenów rolnych”;
- [2] - Instrukcja techniczna K1 – „Mapa zasadnicza”, GUGiK, Warszawa 1978 r.;
- [3] - Instrukcja techniczna K1, „System Informacji o Terenie - Podstawowa Mapa Kraju”, GGGK, Warszawa 1995 r. (obowiązuje od 1 czerwca 1995 r.)