

JACEK DOMAŃSKI

Wykorzystanie rastrów cyfrowych w procesie komputerowej analizy obrazów

Zarys treści. Cyfrowe metody analizy obrazów są coraz powszechniej wykorzystywane w różnych dziedzinach nauki zajmujących się rozpoznawaniem i klasyfikacją przedstawianych na nich obiektów, między innymi w teledetekcji. Metody te charakteryzują się bardzo wysoką dokładnością w porównaniu z innymi technikami analizy obrazów oraz możliwością uzyskiwania powtarzalności wyników. Rezultatem cyfrowej analizy obrazów jest zwykle cyfrowa mapa tematyczna, zapisywana w bazie danych, zawierająca cyfrowy zapis wartości elementów obrazu, pogrupowanych do określonych klas. Tak sporządzone mapy tematyczne mogą być wizualizowane na ekranach monitorów interaktywnych, wchodzących w skład systemów służących do cyfrowej analizy obrazów. Obrazy te nie mogą być jednak kopiowane technikami drukarskimi, gdyż ich elementy charakteryzują różne tony szarości. Przygotowanie otrzymanych obrazów do druku wymaga ich odpowiedniego przygotowania, przede wszystkim zamiany na obraz składający się jedynie z białych i czarnych punktów, czyli na obraz rastrowy. Stosowane dotychczas metody rastrowania optycznego powodują powstawanie błędów w obrazie, które zniekształcają otrzymane wyniki analizy cyfrowej.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono metodę tworzenia rastrów cyfrowych, które są nakładane na analizowane obrazy bezpośrednio po zakończeniu procesu klasyfikacji. Metoda ta, opracowana w IGIK-OPOLiS, wykorzystuje system komputerowej analizy obrazów 2PAAC oraz przetwornik graficzno-cyfrowy OPTRONICS.

1. Wstęp

Cyfrowe metody analizy i klasyfikacji danych teledetekcyjnych, w odróżnieniu od metod fotograficznych, pozwalają na bardzo dokładne i kompleksowe badanie informacji dostarczanych przez różnego rodzaju urządzenia pozyskujące, zainstalowane na pokładach samolotów i sztucznych satelitów Ziemi. Urządzenia te dostarczają informacje w różnej postaci, w formie obrazów fotograficznych lub jako zapis cyfrowy na taśmie magnetycznej. Zarówno obrazy, jak i taśma magnetyczna mogą być nośnikami informacji, które są analizowane i przetwarzane w systemach cyfrowych. Główna część analizy cyfrowej przebiega za pomocą specjalnego oprogramowania lub w oparciu o procesory specjalizowane,

skonstruowane dla jej realizacji. Wyniki analizy cyfrowej, najczęściej mapy tematyczne dotyczące wybranych zagadnień, zapisywane są w bazach danych; mogą być one także wyświetlane na ekranach monitorów telewizyjnych lub drukowane znakowo na drukarkach wierszowych lub mozaikowych. Niniejszy artykuł ma na celu omówienie takiego opracowania postaci wyników cyfrowej analizy obrazów, które umożliwi otrzymanie materiałów graficznych nadających się do przygotowania matryc drukarskich, bez dodatkowej obróbki optycznej, na przykład fotografowania obrazu przez raster.

2. Zasady fotografii rastrowej

Obraz tonowy będący wynikiem cyfrowej analizy danych musi być odpowiednio przygotowany do druku. Sfotografowany obraz tonowy nie nadaje się do druku, gdyż niemożliwe jest skopiowanie go na powierzchni blach graficznych. Aby obraz tonowy mógł być wydrukowany, musi być zamieniony na obraz złożony z czarnych i białych drobnych punktów. Punkty te, ułożone w skupienia o różnej gęstości i wielkości, dają w efekcie wrażenie półtonów. Mniejsze punkty położone blisko siebie dają efekt ciemniejszego półtonu. Zamiana obrazu tonowego na obraz punktowy w kartografii odbywa się drogą fotografii oryginałów tonowych przez fotosiatkę. W zależności od tonów szarości oryginału tworzą się wówczas czarne punkty o różnej wielkości, a utworzony w taki sposób obraz punktowy nadaje się do kopiowania na blachy graficzne tak samo, jak każdy negatyw kreskowy [1].

3. Tworzenie rastrów cyfrowych

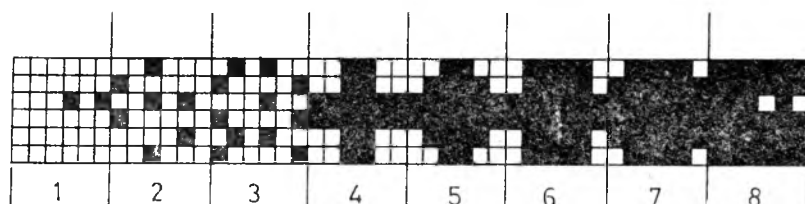
Jak wspomniano we wstępie, cyfrowa analiza obrazów jest najdokładniejszym sposobem zbadania zawartych w nich informacji.

W stosowanych optycznych metodach analizy obrazów teledetekcyjnych wraz ze zmianą skali zmienia się dokładność otrzymywanych wyników. Powiększenie obrazów ograniczone jest ich czytelnością (na przykład powiększenie obrazów satelity Landsat do skali większej niż 1 : 125 000 mija się z celem, gdyż obrazy przestają być czytelne).

W odróżnieniu od metod optycznych, metody analizy cyfrowej pozwalają uniezależnić dokładność opracowania od skali wyniku, to znaczy informacja zapisana w formie cyfrowej pozostaje niezmienną, niezależnie od tego, w jakiej skali obrazy są wizualizowane lub analizowane.

Ograniczeniem może być w tym przypadku na przykład wielkość ekranu służącego do wizualizacji.

W związku z tym, że dokładność analizy cyfrowej jest niezależna od skali opracowania, należało opracować taką metodę przygotowania jej wyników, która pozwalałaby uniknąć wszelkich procesów powodujących utratę informacji lub spadek dokładności opracowania, czyli między innymi również fotografowania obrazów przez fotosiatki w celu otrzymania obrazów nadających się do kopiowania na blachach graficznych. Zadanie to realizuje opracowana w OPOLiS — IGiK metoda sporządzania rastra cyfrowego, którego zasady tworzenia omówione będą poniżej.



Rysunek 1: Macierz 48×6 elementów stanowiąca raster dla ośmiu tonów szarości

Obraz będący wynikiem cyfrowej analizy danych teledetekcyjnych zawiera punkty o określonej gęstości optycznej, na przykład punkty odpowiadające poszczególnym klasom pokrycia powierzchni terenu. W procesie rastrowania cyfrowego obrazu celem jest zamiana każdego punktu na określoną kombinację punktów czarnych i białych, zgodnie z założoną ilością wydzielanych tonów szarości. Zestaw kombinacji stosowanych dla ośmiu tonów szarości przedstawia rysunek 1. Raster cyfrowy odpowiadający przedstawionym kombinacjom zapisany jest w formie macierzy, której elementy równe są 0 lub 1, odpowiednio dla punktów białych i czarnych stosowanego rastra. Z rysunku 1 wynika, że każdy punkt obrazu należący do określonego przedziału gęstości zamieniony jest na układ 6×6 punktów czarnych i białych. Połączenie dużej liczby tak zamienionych punktów daje w efekcie zróżnicowanie tonalne otrzymanego obrazu rastrowego.

Ilość tonów szarości stosowanych w rastrze jest dowolna. Wielkość układu punktów czarnych i białych może być także ustalona dowolnie, lecz należy pamiętać, że jego powiększanie wpływa na przedłużenie czasu pracy komputera zamieniającego obraz otrzymany w wyniku analizy cyfrowej na obraz rastrowany.

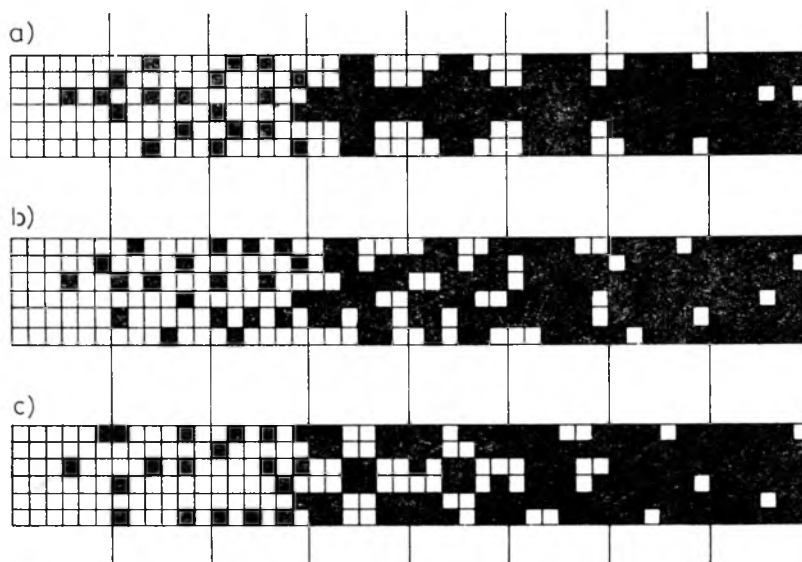
Rastrowaniu cyfrowemu mogą podlegać nie tylko wyniki analizy cyfrowej obrazów, lecz także źródłowe obrazy, zapisane w postaci cyfrowej w bazie danych. Istotnym problemem jest w tym przypadku zmiana kontrastu opracowywanego obrazu. Obraz satelitarny, na przykład obraz

skanerowy otrzymany z satelity Landsat, charakteryzuje się zwykle bardzo niskim kontrastem, co wynika z charakterystyki pracy urządzenia pozyskującego informacje. Wartości elementów takiego obrazu należą do małego przedziału całego zakresu możliwego do wykorzystania w systemie analizy cyfrowej. Można się o tym przekonać wykonując histogram badanego obrazu.

System 2PAAC umożliwia zapis wartości należących do przedziału od 0 do 255, natomiast wartości zapisane na obrazach satelitarnych zwykle nie przekraczają wartości około 90, czyli ponad połowa zakresu wartości pozostaje niewykorzystywana. Programy na rastrowanie obrazów opracowane w OPOLiS pozwalają zmieniać kontrast opracowywanego obrazu dwoma sposobami. Pierwszy z nich polega na tym, że na podstawie histogramu wprowadza się do komputera informację dotyczącą wartości minimalnej i maksymalnej zapisanej w opracowywanym zbiorze. Przedział ten zostaje automatycznie podzielony na części, których liczba równa jest liczbie tonów szarości wprowadzanego rastra cyfrowego.

Inną możliwością jest narzucenie granic przedziałów, które mają być zamienione na określone tony szarości. Wartości tych granic wprowadza się do komputera w formie dialogowej.

Można także w ogóle nie stosować zmiany kontrastu opracowywanego zbioru, wprowadzając automatyczny podział zakresu wartości od 0 do 255 na określoną liczbę przedziałów i przypisując im odpowiadające tony



Rysunek 2: Układ rastra do tworzenia kompozycji barwnych: a) układ podstawowy, b) układ po pierwszym obrocie, c) układ po drugim obrocie

szarości. W tym przypadku traci się jednak dużo szczegółów, co wynika z niskiej kontrastowości obrazów źródłowych.

Innym problemem jest możliwość drukowania kompozycji barwnych z obrazów analizowanych cyfrowo lub z satelitarnych obrazów źródłowych. W reprodukcji stosuje się tradycyjnie obroty rastrów w ten sposób, że dla każdego koloru podstawowego linie rastra przebiegają pod innym kątem, co w efekcie powoduje takie nakładanie się barw, które umożliwia otrzymywanie dowolnego koloru. W opracowaniu rastra cyfrowego problem ten rozwiązano nieco inaczej. Obrót całego rastra cyfrowego został zastąpiony przez zmianę układu punktów białych i czarnych wewnątrz każdego zespołu elementów, zastępujących element obrazu opracowywanego. Trzy różne układy punktów, stosowane dla trzech barw podstawowych, przedstawia rysunek 2.

4. Nakładanie rastra cyfrowego na obraz z wykorzystaniem cyfrowego systemu 2PAAC

Opisane powyżej zagadnienia prowadzą do zapisania w pamięci komputera jednej lub trzech macierzy służących do rastrowania obrazu, w zależności od tego, czy mają być tworzone obrazy czarno-białe, czy też kompozycje barwne. Po utworzeniu takich macierzy następuje realizacja zasadniczej części rastrowania cyfrowego, to znaczy nakładanie rastra na obraz według opisanego niżej sposobu. Obraz przeznaczony do rastrowania zapisywany jest na dysku magnetycznym. Obraz ten czytany jest rekordami, linia po linii, a każdy element rekordu (pixel obrazu skanowanego) zamieniany jest na odpowiedni układ czarno-białych punktów, czyli na odpowiedni poziom z macierzy rastrowej. Gdy cały rekord zbioru wejściowego zamieniony zostanie w ten sposób, nowy rekord zostaje zapisany na taśmie magnetycznej. W ten sam sposób przebiega realizacja programu dla całego opracowywanego zbioru.

W ostatnim etapie cyfrowego rastrowania obrazów wykorzystuje się przetwornik graficzno-cyfrowy OPTRONICS, a właściwie jedną z jego funkcji, polegającą na zamianie informacji zapisanej w postaci cyfrowej na sygnały świetlne naświetlające materiał światłoczuły. Obraz uzyskany z wizualizacji zapisanej w omówiony wyżej sposób taśmy magnetycznej jest obrazem rastrowym, zawierającym jedynie punkty czarne i białe w określonym układzie, czyli jest to taki obraz, który może być podstawą do sporządzania blach graficznych.

Ważnym zagadnieniem w końcowym etapie opracowania wyników jest skala otrzymywanych obrazów. Przetwornik OPTRONICS umożliwia naświetlanie materiałów fotograficznych przy zastosowaniu trzech wielkości

apertury, czyli trzech wielkości naświetlanych punktów: 25 μm , 50 μm i 100 μm . W omawianym przypadku zamiany każdego elementu obrazu wejściowego na układ 6×6 punktów czarno-białych, jeden pixel na obrazie wynikowym może mieć wielkość od $6 \times 25 \times 6 \times 25$, czyli 150 $\mu\text{m} \times 150 \mu\text{m}$ do $6 \times 100 \times 6 \times 100$, czyli 600 $\mu\text{m} \times 600 \mu\text{m}$. Innymi słowami raster na obrazie wynikowym ma gęstość od 40 do 10 linii/milimetr.

Otrzymanie innej skali obrazu oraz innej gęstości rastra jest możliwe przy narzuceniu innej wielkości matrycy rastrującej oraz przy stosowaniu różnych wartości apertury przetwornika graficzno-cyfrowego. W ten sposób dla raz opracowanego cyfrowo obrazu można otrzymać trzy różne skale obrazu rastrowanego.

Istotnym problemem w czasie przygotowania obrazów rastrowych do



Rys. 3



Rys. 4

tworzenia kompozycji barwnych jest możliwość wpasowania trzech obrazów składowych w ten sposób, aby w rezultacie otrzymać pełne pokrywanie się szczegółów. W tym celu, w czasie wizualizacji obrazów na przetworniku OPTRONICS w ustalonych miejscach naświetla się dodatkowo cztery krzyże ułatwiające późniejsze nakładanie obrazów na siebie.

W opisany powyżej sposób otrzymano obrazy rastrowe dla wybranych fragmentów kilku obrazów otrzymanych z satelity Landsat. Rysunek 3 przedstawia przykład otrzymanego obrazu rastrowego obszaru Zatoki Gdańskiej bez wprowadzania zmiany kontrastu, rysunek 4 — po zastosowaniu zmiany kontrastu uwzględniającej wartość minimalną i maksymalną zapisaną w obrazie źródłowym. W obu przypadkach zastosowano osiem poziomów szarości rastra, jednak w przypadku drugim uzyskano znaczny wzrost zróżnicowania szczegółów.

Oprócz prac tego typu przeprowadzono eksperymenty z zastosowaniem przeglądarki addytywnej dla otrzymania kompozycji barwnych. Trzy obrazy rastrowe sporządzone dla 4, 5 i 7 kanału skanera zainstalowanego na satelicie Landsat, poddano rastrowaniu, stosując dla każdego z nich inny układ rastra, zgodnie z rysunkiem 2. Obrazy rastrowe uzyskane w ten sposób wyświetlano na przeglądarce addytywnej przez trzy różne filtry barwne otrzymując w efekcie nakładania się kolorów podstawowych także inne barwy. Należy jednak zaznaczyć, że duże powiększenie obrazu otrzymywane na przeglądarce powoduje spadek szczegółów opracowywanego obrazu. Przeprowadzono też próby otrzymania kompozycji barwnych na urządzeniu Cromalin.

Urządzeniem bardzo pomocnym w procesie cyfrowego rastrowania obrazów jest ekran monitora interaktywnego ICT, wchodzącego w skład systemu 2PAAC zainstalowanego w OPOLiS. Ekran ten jest wykorzystywany na bieżąco do kontroli zarówno przebiegu rastrowania obrazu, jak również do dobierania najodpowiedniejszego układu matryc rastrujących obrazy. Także na tym ekranie można wyświetlać obrazy rastrowane, tworząc z nich kompozycje kolorowe i obserwując nakładanie się rastrów sporządzanych dla poszczególnych kolorów podstawowych.

5. Wnioski

Jak wynika z powyższego opisu, cyfrowe rastrowanie obrazów jest zagadnieniem bardzo ważnym, które w istotny sposób może uzupełnić realizację cyfrowej analizy obrazów. Cyfrowe nakładanie rastra przede wszystkim nie zmniejsza dokładności otrzymywanych wyników, a poza tym nie wymaga dodatkowych operacji, gdyż obraz może być rastrowany bezpośrednio po realizacji analizy. Sprawą, która musi być rozwiązywana stale na bieżąco jest określenie liczby tonów szarości rastra oraz obliczenie skali otrzymywanego wyniku. Wygląd rastra natomiast musi być zgodny z wymaganiami technik reprodukcyjnych, gdyż tylko wtedy możliwe jest otrzymanie obrazów o żądanej kontrastowości i barwie.

Ogólnie można stwierdzić, że cyfrowe rastrowanie obrazów jest niezmienne obiecujące i wymaga dalszych opracowań.

LITERATURA

- [1] Piątkowski F.: *Kartografia, redakcja map i reprodukcja kartograficzna*. Warszawa 1969, PWN.

Recenzował: dr inż. Witold Mizerski

ЯЦЕК ДОМАНЬСКИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ РАСТРОВ В ПРОЦЕССЕ
КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Резюме

Цифровые техники анализа изображений все более повсеместно применяются в разных областях науки, использующих данные зарегистрированные разного типа устройствами, собирающими информации в виде величины электромагнитного излучения исходящего от различных объектов. Одной из таких наук является дистанционное зондирование. Данные дистанционного зондирования, полученные в виде фотографических изображений или цифровой записи на магнитных лентах, могут быть анализированы с помощью применения различных оптических, телевизионных и цифровых устройств и систем. Цифровые системы, служащие для анализа и классификации данных дистанционного зондирования, очень сложны; разрешают они однако получать наиболее точные результаты обработок, а также их большую повторяемость. Несомненным достоинством цифровых систем и разработок является то, что точность результатов практически не зависит от их масштаба, что невозможно в случае других методов анализа изображений.

Для цифрового анализа и классификации изображений служат специализированные компьютерные системы. Результаты цифрового анализа изображения выводятся на построчное печатающее устройство или мозаичное, или же визуализируются на черно-белых или цветных телевизионных экранах. Имеют они вид изображений, элементы которых характеризуются иной интенсивностью, в зависимости от класса, к которому они приписаны.

В работе представлен метод, дающий возможность приведения результатов анализа изображений к такому виду, который разрешает их копировать на графические листы, без ввода дополнительной оптической обработки. Это метод цифрового растривания изображений, являющихся результатом цифрового анализа. Дополнительная оптическая обработка, например фотографирование изображений через растр, вводит некоторые неточности, а тем самым уменьшает подробность выполненного цифрового анализа.

Цифровое растривание изображений заключается в применении соответствующих комбинаций черных и белых точек и замену ими элементов анализируемого изображения. Создаются специально таблицы, содержащие системы черно-белых точек, которые могут быть использованы или для замены отдельных изображений, или для создания цветных композиций (цветных синтезированных изображений) из нескольких каналов многоспектральных наборов. Преобразование изображения записывается линия за линией на магнитной ленте, а затем изображаются в помощью графическо-цифрового преобразователя OPTRONICS, установленного в OPOLiS. Результатом является изображение экспонированное на светочувствительном материале, бумаге или пленке, который пригоден для копирования на графические листы.

Предлагаемый метод разрешает избежать дополнительной оптической обработки, а также дает возможность получать результаты цифрового анализа в виде растровых изображений непосредственно после окончания анализа.

Перевод Róża Tołstikowa

JACEK DOMAŃSKI

APPLICATION OF DIGITAL HALF TONE SCREEN FOR THE
DIGITAL IMAGE ANALYSIS

Summary

Digital techniques for the image analysis are widely applied in different scientific fields, utilizing data registered with different sensors, in the form of reflectivity coming from various objects. One of them is remote sensing. The remote sensing data acquired in the form of photographic images or as digital information registered on magnetic tapes, can be analyzed with different devices and systems: optical, television and digital. The digital systems are the most complicated ones, but they allow to obtain the most accurate and repeatable results. The very important advantage of digital methods is the independence on the scale of elaboration, what is practically impossible in the case of the other methods of image analysis.

Specialized computer systems are applied for the digital analysis and classification of images. Results of digital image analysis are printed on the line printer or on the mosaic printer-plotter or they are displayed on the colour television screen. They are presented in the form of images, with elements of different grey scale levels, dependently on the class they belong to.

Certain method allowing to obtain such form of elaborated images, which can be used directly for making copies on the flongs, without additional optical elaboration is described in this elaboration. Additional optical processing, for example use of the optical half-tone screen, creates some unaccuracy within the image, so it causes the decrease of the accuracy of the digital image analysis.

Application of digital half tone screen relies upon preparation of combination of black-and-white dots instead of elements of analyzed image. Special tables with systems of black-and-white dots are created; they can be utilized for the single images, as well as for the preparation of colour composites from several bands of multispectral images. The images changed in the presented way are registered on the magnetic tape, line by line, and then they are converted into the graphical form with the use of the OPTRONICS digital-to-graphical converter, which is installed at the OPOLiS laboratories. As the result, the image on photographic materials, film or paper, is obtained.

The proposed method enables to eliminate the additional optical processing of analyzed images and it enables to obtain the half-tone screen images directly after the digital image analysis is completed.

Translation: Jacek Domański