

KRYSTYNA LADY DRUŻYCKA

Wybrane zagadnienia z zakresu numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych

Z a r y s t r e ś c i. W artykule zostały przedstawione główne trendy numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych i na tym tle zaprezentowano wyniki prac prowadzonych w OPOLiS w latach 1981–1985. Wyodrębniono trzy podstawowe kierunki numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych: przetwarzanie wstępne, cyfrowa analiza wielospektralnych danych oraz sposoby prezentacji zarówno źródłowych danych, jak i otrzymywanych rezultatów. Pokazano wzajemne zależności i możliwości wielostronnego wykorzystania prezentowanych metod numerycznego przetwarzania.

1. Wstęp

Dane teledetekcyjne w postaci obrazów zarejestrowanych w formie cyfrowej są zazwyczaj wykorzystywane do wielotematycznych opracowań po uprzednim dokonaniu określonych przetworzeń cyfrowych. Na taki sposób postępowania wpływa wiele przyczyn.

Źródłowe obrazy skanerowe są obarczone wieloma błędami, które zniekształcają obraz zarówno radiometrycznie, jak i geometrycznie – wymagają więc wprowadzenia odpowiednich korekcji, które mogą być realizowane metodami numerycznymi. Obrazy skanerowe, które są wykorzystywane do opracowywania map wymagają doprowadzenia do żądanej skali i właściwego układu odniesienia. Obrazy, które stanowią podstawę dla użytkowników do wizualnej interpretacji, również wymagają wprowadzenia odpowiednich przetworzeń cyfrowych w celu uwydatnienia wybranych treści i przedstawienia tak przetworzonego obrazu w formie najdogodniejszej do dalszego opracowywania, np. w formie barwnych kompozycji lub czarno-białych odbitek pozytywowych.

Do tworzenia map tematycznych są wykorzystywane rezultaty cyfrowej analizy obrazów wielospektralnych. Wyniki te, w zależności od posiadanych informacji o wydzielanych i badanych obiektach, są otrzymywane jedną z dwóch podstawowych metod klasyfikacji treści obrazu: nadzorowaną bądź nienadzorowaną. Rezultat zrealizowanej klasyfikacji, aby był czytelny i przydatny, wymaga właściwej prezentacji, czyli przedstawienia w formie najdogodniejszej dla użytkownika, np. jako barwny diapoztyw w dowolnie wybranych przez użytkownika i powtarzalnych kolorach.

Właściwie każdy obraz skanerowy zarejestrowany w postaci cyfrowej aby mógł być wykorzystany, prawidłowo zinterpretowany, przydatny do różnote-

matycznych opracowań – wymaga zastosowania odpowiedniego przetworzenia cyfrowego nierozdzielnie związanego z głównym celem, któremu ma służyć.

Niektóre z takich metod cyfrowych przetworzeń zostały opracowane w Ośrodku Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych (OPOLiS), dla innych wykorzystano opisy dostępne w literaturze światowej, rozszerzając je i przystosowując do własnych potrzeb, wymagań i warunków.

2. Podstawowe zagadnienia numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych

W latach 1981–1985 w ramach problemu węzłowego 06.7 „Rozwój i wykorzystanie badań kosmicznych” w podproblemie 4 „Teledetekcja” koordynowanym przez Instytut Geodezji i Kartografii, była realizowana grupa tematyczna 4.2 nt. „Metody i urządzenia do cyfrowego przetwarzania obrazów lotniczych i satelitarnych” obejmująca tematy z zakresu numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych.

Z tak szeroko potraktowanego tematu realizowanego w ciągu ostatnich pięciu lat, w niniejszym opracowaniu zostały przedstawione tylko niektóre z podstawowych zagadnień.

Cyfrowe obrazy skanerowe zarejestrowane na taśmach magnetycznych, dla badacza nabierają znaczenia wówczas, gdy są już wyświetlone bądź to na ekranie monitora kolorowego, bądź też w postaci fotografii czarno-białej lub barwnej przy użyciu plotera naświetlającego.

Stąd też wynika pierwsze istotne zagadnienie z zakresu numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych, a mianowicie:

– wizualizacja cyfrowego obrazu skanerowego z uwzględnieniem wstępnego przetwarzania dającego duże możliwości „manipulowania” źródłowymi danymi cyfrowymi w taki sposób, by wydobyć z nich maksimum potrzebnych informacji.

Drugie istotne zagadnienie, to klasyfikacja treści obrazu skanerowego, której końcowym efektem jest nadanie przyrodniczego znaczenia grupom pikseli wyselekcjonowanym odpowiednio dobranymi funkcjami decyzyjnymi w wielowymiarowej przestrzeni spektralnej.

Trzecie niezmiernie wagi zagadnienie, które łączy się zarówno z pierwszym, jak i z drugim, to prezentacja danych teledetekcyjnych, zarówno tych po przetworzeniu wstępnym, jak i tych, które są rezultatem wielospektralnej cyfrowej analizy.

Przetwarzanie wstępne danych teledetekcyjnych

Oryginalny, źródłowy obraz, z uwagi na wąski zakres wartości poszczególnych jego elementów, a więc i niewielki zakres tonów szarości, które tym wartościom odpowiadają, jest mało czytelny z czego wynika jego niewielka przydatność do interpretacji, bądź nawet brak tej przydatności. Trzeba stwier-

dzić, że te źródłowe dane, zawierają ogromną ilość informacji, która jeżeli nie będzie odpowiednio przetworzona i przedstawiona, przerośnie możliwości właściwej jej oceny i wykorzystania.

W związku z tym, przed przetwarzaniem wstępnym, które w tym momencie zmierza w kierunku analizy teledetekcyjnych danych źródłowych, stawiane są następujące cele:

- podniesienie jakości (czytelności) wizualizowanego obrazu,
- wydobycie szukanych treści w analizowanym obrazie,
- usunięcie zakłóceń obrazu spowodowanych różnymi czynnikami naturalnymi bądź sztucznymi czyli usunięcie błędów zakłócających czytelność obrazu,
- doprowadzenie do zgodności tonalnej obrazów tego samego obszaru a wykonanych w różnych terminach, bądź obrazów stykających się ze sobą lub mających pas wspólnego pokrycia,
- dążenie do zmniejszenia liczby danych teledetekcyjnych przy jednoczesnym założeniu minimanej straty informacji.

Spełnienie tych wszystkich zamierzeń odbywa się przy założeniu zachowania pełnej wiarygodności przetworzonych obrazów, przy tendencji ograniczenia subiektywności cyfrowych przetworzeń do minimum, a więc zachowania obiektywności danych teledetekcyjnych. Spełnienie powyższych zamierzeń to odpowiedni, świadomy kierunek badań, to szukanie i opracowywanie takich metod, które pozwalają zrealizować postawione cele wraz z narzuconymi ograniczeniami.

Wstępne przetwarzanie teledetekcyjnych danych obrazu, bazuje na zasadzie przekształcania źródłowego obrazu reprezentowanego przez zbiór wartości liczbowych w inny obraz cyfrowy, czyli w zbiór wartości liczbowych różnych od źródłowego, z wykorzystaniem formuł matematycznych.

I tak, np. uzyskanie czytelnego obrazu na ekranie monitora poprzedzone zostaje przekształceniem wąskiego zakresu wartości liczbowych zbioru reprezentującego źródłowy obraz, w nowe wartości liczbowe z zakresu przyjętego w teledetekcji, to jest z przedziału wartości od zera do dwustu pięćdziesięciu pięciu, odpowiednio dobranymi funkcjami matematycznymi. To podniesienie czytelności obrazu przez tzw. rozciąganie kontrastu mogą realizować funkcje – standardy [4] i [3]: liniowa, kwadratowa, pierwiastka kwadratowego, logarytmiczna, wykładnicza itp. lub też inne bardziej skomplikowane, na przykład tworzone na podstawie znajomości rozkładu wartości reprezentujących obraz, czyli na podstawie jednowymiarowego histogramu przekształcanego obrazu.

Taką właśnie propozycję rozciągnięcia kontrastu na podstawie jednowymiarowego histogramu opracowano i przedstawiono w pracy [2]. Przyjęta funkcja zmienia rozkład wartości obrazu (jednowymiarowy histogram) na rozkład normalny według krzywej Gaussa o zadanym parametrze spłaszczenia histogramu. Przy maksymalnej wartości współczynnika spłaszczenia, krzywa charakteryzująca rozkład wartości zmienia się w linię prostą. Takie przekształcenie zmienia oczywiście naturalny charakter rozkładu, ale z drugiej strony najlepiej wykorzystuje skalę tonów systemu wizualizującego. Płynna modulacja paramet-

rem spłaszczenia umożliwia znalezienie najlepszego, w ocenie interpretatora, kontrastu dla wyświetlanego obrazu. Metoda ta pozwala również na uzyskanie dobrych wyników przy wizualizacji obrazu na fotoploterze tzn. przy naświetlaniu obrazu na materiale światłoczułym, w opisanym przypadku na fotoploterze firmy OPTRONICS typ P-1700.

Te metody wzmacniania kontrastu obrazu służą nie tylko podniesieniu czytelności obrazu, ale również mogą być stosowane przy doprowadzaniu do zgodności tonalnej dwóch lub kilku różnych obrazów. Jednakże uzyskana w ten sposób zgodność tonalna jest raczej przypadkowa i daje dobre rezultaty dla fragmentów obrazu, bądź nawet dla całego obrazu ale zalecana jest do stosowania tylko wówczas, gdy wzmocnienie kontrastu obrazu jest jednocześnie efektem końcowym dla przetwarzanego obrazu. Natomiast obraz po takim dopasowaniu tonalnym nie powinien stanowić podstawy do dalszej cyfrowej analizy a szczególnie do klasyfikacji.

Inne koncepcje metody wyrównania jasności (koordynacji tonalnej) obrazów cyfrowych zostały zaprezentowane w pracach [4] i [2]. W pierwszym opracowaniu [4] jest to metoda transformacji radiometrii na podstawie wzajemnego dopasowania jednowymiarowych histogramów reprezentujących doprowadzane do zgodności tonalnej obrazy. W opracowaniu drugim [2] została zaproponowana metoda wykorzystująca znajomość rozkładu wartości przekształcanych obrazów w postaci histogramu dwuwymiarowego.

Metody wyznaczania kontrastu mogą być również wykorzystywane do wydobycia określonej treści analizowanego obszaru. Innym sposobem podkreślenia szukanej treści, treści obrazu wybieranej z konkretnym przeznaczeniem, może być „filtrowanie” obrazu specjalnymi filtrami, których kształt, rozmiar i wartości (wagi) mogą być zmieniane i dobierane w zależności od celu, któremu mają służyć [4]. Odpowiednio dobrane filtry cyfrowe tzw. operatory numeryczne pozwalają na wydobycie szczegółów w obrazie przez usuwanie niektórych zakłóceń obrazu: punktowych, liniowych, pasmowych, powierzchniowych. Wartości nowo tworzonego zbioru, reprezentującego przekształcony źródłowy obraz są obliczane zgodnie z przyjętym algorytmem opisującym wykorzystywany filtr w oparciu o wartości źródłowego obrazu.

Filtry według kształtu dzielone są na liniowe i powierzchniowe, natomiast ze względu na sposób działania można je podzielić na górnoprzepustowe i dolnoprzepustowe [2]. Ten ostatni podział wynika z potraktowania obrazu jako ciągłej funkcji obrazowej o zmiennej amplitudzie częstotliwości. Filtr górnoprzepustowy uwypukla elementy o charakterze liniowym, drobne struktury i obiekty, a dodany do obrazu źródłowego zwiększa możliwość uwydatnienia zawartych tam informacji. Filtr dolnoprzepustowy uwydatnia duże, jednorodne i gładkie powierzchnie. Wykorzystanie filtrów dolno- i górnoprzepustowych takiego samego rozmiaru dla jednego obrazu, daje w efekcie dwa nowe obrazy, które dodane do siebie tworzą ponownie obraz źródłowy. Szczegółowe rozważania na temat filtracji i możliwości stosowania różnych wariantów filtrów są omówione w pracy [2].

Wydobycie poszukiwanych treści z obrazu jest możliwe również inną drogą niż stosowanie cyfrowych filtrów obrazu. Pewne obiekty lub struktury można również uwydatnić korzystając z metody tworzenia nowego obrazu jako ilorazu kombinacji kanałów reprezentujących wielospektralny analizowany obraz. Metoda ta, może być również skutecznie używana do zmniejszania liczby danych teledetekcyjnych (tzw. redukcji kanałów) przy dążeniu do ograniczenia straty informacji.

Nowa generacja urządzeń przeznaczonych do zbierania danych teledetekcyjnych charakteryzuje się coraz większą rozdzielczością i zwiększonym zakresem rejestrowanego spektrum elektromagnetycznego, w którym rejestrowane są informacje o terenie (a co za tym idzie, rejestrowania większej liczby kanałów) – powoduje to ogromny wzrost liczby elementów tworzących wielospektralny obraz [3].

Zdjęcia wykonane skanerem Thematic Mapper dla jednej typowej sceny obrazowej w systemie Landsat, są rejestrowane w siedmiu kanałach, przy czym rozmiar piksela dla kanału termalnego wynosi 60x60 m, a dla sześciu pozostałych 30x30 m. Jedną scenę tworzy więc 6100 kolumn danych video (danych obrazowych) i 5760 linii. Stąd można wyliczyć, że jedna scena zarejestrowana w siedmiu kanałach reprezentowana jest przez około 220 milionów elementów obrazu.

Widać więc, że dążenie do ograniczenia i zmniejszenia liczby danych teledetekcyjnych, jest potrzebą chwili, oczywiście przy zapewnieniu, że to ograniczenie wykorzystywanych danych nie spowoduje liczącej się zmiany uzyskiwanych dokładności.

Innym sposobem ograniczenia ilości informacji, niż już tu wymienionym, jest stosowanie metody składowych głównych [4].

Cyfrowa analiza danych teledetekcyjnych

Następnym zagadnieniem z zakresu numerycznego przetwarzania jest klasyfikacja treści wielospektralnego cyfrowego obrazu skanerowego [4] i [3].

Klasyfikacja treści obrazu to najogólniej grupowanie elementarnych jednostek obrazu na podstawie badania ich wzajemnego położenia w wielowymiarowej przestrzeni spektralnej i na podstawie określonych funkcji decyzyjnych oraz nadanie przyrodniczego znaczenia wyodrębnionym grupom.

Wyróżnia się dwie podstawowe metody klasyfikacji treści obrazu: nadzorowaną i nienadzorowaną.

W klasyfikacji nadzorowanej, która może być realizowana różnymi metodami, przestrzeń wielospektralna jest dzielona na poszczególne klasy (o z góry ustalonej liczbie) w oparciu o wybrane obszary wzorcowe – pola treningowe. Te pola powinny jednoznacznie reprezentować wydzielane grupy obiektów (klasy) na analizowanym obszarze i powinny być łatwe do zidentyfikowania na badanym obrazie.

W przypadku trudności z wyborem jednoznacznych i jednorodnych pól treningowych, bądź trudności z identyfikacją tychże na analizowanym obrazie, bądź też w przypadku klasyfikowania obrazu przedstawiającego nieznaną obszar, najlepsze rezultaty są uzyskiwane przy stosowaniu klasyfikacji metodą nienadzorowaną. Przy klasyfikacji nienadzorowanej nie korzysta się z pól treningowych, a podział na poszczególne grupy (klastry) następuje zgodnie z przyjętymi dla wykorzystywanej metody, funkcjami decyzyjnymi na podstawie zadanych parametrów początkowych. Identyfikacja wyselekcjonowanych grup może być przeprowadzona różnymi sposobami. Nadanie przyrodniczego znaczenia wydzielonym grupom może być przeprowadzone w oparciu o znajomość charakterystyk krzywych spektralnych reprezentujących obiekty, na podstawie bezpośredniej znajomości terenu, na podstawie różnego rodzaju map lub nawet na podstawie wyników uprzednio wykonanej klasyfikacji nadzorowanej.

Opracowanych jest wiele algorytmów realizujących obie grupy klasyfikacji [4]. Jedną z metod klasyfikacji nienadzorowanej opracowaną szczegółowo w pracy [3], pozwala na podział przestrzeni spektralnej jednym z dwu proponowanych wariantów, na hiperkule lub hiperpowierzchnie i w zależności od przyjętego rozwiązania wymaga odpowiedniego zestawu parametrów. Podział przestrzeni spektralnej na hiperkule następuje w wariancie, w którym ustalona jest, jako jeden z parametrów, wartość progu – maksymalnej odległości spektralnej (wartości piksela) od środka klastra. Hiperpowierzchnie są wynikiem podziału przestrzeni spektralnej na klastry przy założeniu przydzielenia piksela do klastra, którego środek znajduje się najbliżej. W trakcie obliczeń, w kolejnych przybliżeniach, wydzielone grupy (klastry) mogą być dzielone lub łączone – co w efekcie prowadzi do możliwości otrzymania różnej liczby klastrów. W rezultacie przeprowadzanych obliczeń, są otrzymywane klastry, w których zachodzi rozkład normalny wartości elementów, a obliczone odchylenia standardowe dla poszczególnych klastrów w kolejnych kanałach nie powinny przekroczyć określonej w parametrach początkowych, wielkości.

Przy realizacji klasyfikacji metodą nienadzorowaną sprawą niezmiernie wagi jest właściwy dobór wartości dla parametrów początkowych. Od właściwego ustawienia wartości tych parametrów w dużej mierze zależy otrzymanie prawidłowego rezultatu.

Klasyfikacja nienadzorowana jest metodą otrzymywania wyników bardziej obiektywnych niż te, które otrzymujemy stosując klasyfikację nadzorowaną. Jednak istnieje niebezpieczeństwo niewłaściwego doboru parametrów początkowych, które może spowodować zafałszowanie wyników. Dlatego niezależnie od metody, którą realizowana jest klasyfikacja nienadzorowana, wymagane jest bardzo staranne i wynikające z doświadczenia, określanie początkowych parametrów.

Natomiast, zarówno klasyfikację nadzorowaną, jak i nienadzorowaną powinna poprzedzać analiza danych, na podstawie których, będą te klasyfikacje wykonywane. Przy czym istotne jest tu określenie i liczby kanałów, i właściwy ich wybór, mając na uwadze uzyskanie dobrych wyników i względy ekonomiczne

(duża liczba kanałów bardzo przedłuża czas pracy komputera). Danymi do klasyfikacji mogą być obrazy źródłowe lub obrazy po przetworzeniu wstępnym. Decyzja, które dane będą stanowiły podstawę realizowanej klasyfikacji jest uzależniona od oceny tych danych. Ocenę taką można przeprowadzić np. badając i porównując jednowymiarowe histogramy kanałów reprezentujących obraz lub obliczając współczynniki korelacji między poszczególnymi kanałami by w efekcie wybrać dane najmniej ze sobą skorelowane.

Prezentacja cyfrowych danych teledetekcyjnych

Zagadnienie prezentacji danych teledetekcyjnych mieści w sobie zarówno prezentację danych teledetekcyjnych uzyskanych po przetworzeniu wstępnym czyli wizualizację przetworzonych obrazów cyfrowych (która częściowo była już przedstawiona), jak i prezentację wyników cyfrowej analizy [1].

Jedną z najprostszych form prezentacji obrazu cyfrowego jest wyświetlenie go na ekranie monitora barwnego. Z tej formy prezentacji można korzystać tylko w czasie bezpośredniej pracy na komputerze. Utrwalenie wyświetlonego obrazu może być dokonane przez sfotografowanie ekranu na przezroczu lub barwnym albo czarno-białym negatywie. Uzyskany tą drogą obraz nie satysfakcjonuje użytkowników. W tej formie może spełniać jedynie rolę dydaktyczną, ilustracyjną, ale nie jest przydatny do celów badawczych. Uzyskany w ten sposób obraz jest zniekształcony geometrycznie, a jego rozmiar, niezależnie od wielkości wyświetlonego (analizowanego) obszaru, podyktowany jest wymiarem ekranu monitora.

Inną formą prezentacji obrazu cyfrowego jest wydruk, na drukarce wierszowej zbioru liczbowego reprezentującego ten obraz, w postaci dowolnie wybranych znaków alfanumerycznych drukarki, przyporządkowanych odpowiednio wartościom zbioru. Uzyskany obraz może nie być zniekształcony geometrycznie, może być doprowadzony do wymaganej skali, ale zważywszy na wymiar pojedynczego znaku drukarki i brak kolorów (wydruk taki jest czarno-biały) nie jest to też dogodna forma graficznej prezentacji obrazu cyfrowego.

Stąd też wykorzystanie fotoplotera do prezentacji obrazów cyfrowych w formie pozytywów i negatywów czarno-białych i barwnych, co znalazło odbicie w szerokim opracowaniu tego zagadnienia w pracach [1] i [2].

Metody prezentacji wyników cyfrowej analizy obrazów – tematycznych map klasyfikacyjnych (w oparciu o system komputerowy i fotoploter OPTRONICS P-1700) zostały opracowane i przedstawione w pracy [1]. Pozwoliły one między innymi na uzyskanie powtarzalności kolorów, jak również na dowolny wybór tych kolorów w przypadku naświetleń na materiałach barwnych. Metody te, umożliwiły podejmowanie decyzji o sposobie otrzymywania materiałów barwnych w zależności od potrzeb i możliwości. Naświetlanie obrazów wynikowych może odbywać się bezpośrednio na fotoploterze na barwnym filmie diapozytywowym lub negatywowym lub też na fotoploterze tworzone są (naświetlane)

jedynie czarno-białe wyciągi dla barw podstawowych na pozytywowym lub negatywowym materiale, z których następnie na przeglądarce addytywnej lub powiększalniku fotograficznym uzyskuje się barwny obraz wynikowy.

Natomiast w pracy [2] została przedstawiona koncepcja metody manipulacji barwami przy wizualizacji cyfrowych zobrazowań, której celem jest uzyskanie najdoskonalszej kompozycji kolorowej (utworzonej z trzech kanałów) dla różnych obrazów stosując odpowiednie transformacje poszczególnych kanałów obrazu.

3. Zakończenie

Przedstawione w artykule zagadnienia, są tylko wybranymi tematami i opracowaniami, pokazują niektóre kierunki badań z zakresu numerycznego przetwarzania danych teledetekcyjnych prowadzonych w OPOLiS-IGiK.

Omówione zostały tematy najbardziej przydatne w pracach aplikacyjnych. Przedstawiono metody numeryczne, pozwalające na uzyskanie wynikowych obrazów cyfrowych, mających duże praktyczne zastosowanie.

Dobrej jakości obraz wyświetlony na ekranie monitora, dobrze przygotowane materiały fotograficzne – to dobre wyniki interpretacji, to satysfakcja zarówno dla przygotowujących te materiały, dla opracowujących metody, jak i dla użytkowników.

Poruszone zagadnienia zostały szczegółowo przedstawione (wraz z przykładami) w pracach [1], [2], [3] i [4]. Wyniki tych prac stanowią wkład w rozwój i doskonalenie metod numerycznych w polskiej teledetekcji.

L I T E R A T U R A

[1] Domański J.: *Metody opracowania wyników komputerowej analizy obrazów w postaci numerycznych map tematycznych*.

IGiK, Warszawa, 1983, (maszynopis).

[2] Draha J.: *Analiza i opacowanie metod cyfrowego przetwarzania obrazów w celu poprawy ich właściwości informacyjnej*.

IGiK, Warszawa, 1985, (maszynopis).

[3] Lady Drużycka K.: *Numeryczna analiza danych teledetekcyjnych*. (część druga).

IGiK, Warszawa, 1985, (maszynopis).

[4] Mizerski W.: *Numeryczna analiza danych teledetekcyjnych*. (część pierwsza).

IGiK, Warszawa 1983, (maszynopis).

Recenzował: doc. dr hab. inż. *Wojciech Bychawski*

Przyjęto do opublikowania w dniu 9 czerwca 1987 r.

KRYSTYNA LADY DRUŻYCKA

SELECTED PROBLEMS OF DIGITAL PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA

S u m m a r y

"Methods and devices for digital processing of aerial and satellite images" – it was one of the problems elaborated at the Institute of Geodesy and Cartography, at the Polish Remote Sensing Centre (OPOLiS); in the frames of this problem research works concerning digital processing of remote sensing data were carried out. Presented paper discusses selected methods and solutions elaborated at the OPOLiS Centre in the period of 1981–85, with reference to general presentation of problems of digital processing of remote sensing data. Presented methods concern the following problems: data preprocessing, digital analysis of multispectral data and methods of presentation of both, source data as well as results of analysis. Detail discussion of presented methods is included in [1], [2], [3] and [4].

Data preprocessing (performed by means of various methods) should meet the following, practical requirements: – improvement of readability of images, – distinguishing of selected content in an analyzed image, – elimination of image disturbances due to various factors, – tonal balance of multitemporal images and overlapping images, – data compression with the minimum loss of information. The last requirement is particularly important due to new generation of devices used for data acquisition allowing to obtain better resolution and enlarged range of electromagnetic spectrum of data collection. This problem combines, and divides at the same time, two directions of digital data processing: preprocessing of data and digital data analysis.

Digital analysis of remote sensing data considered as recognition and classification of image content, is, generally speaking, performed by grouping of image elements (pixels) into separable, labelled groups. The method of classification depends, among others, on available data and destination of results.

Performed investigations proved the usefulness of unsupervised classification, which sometimes is the only one possible method of data classification, for numerous works. Besides, it may be successively applied in order to support or enlarge the supervised classification.

Presentation of digital images, mainly in the form of colour diapositive or negative images exposed by means of a photoplotter, is the last problem discussed in the paper. The presentation concerns both the methods of preparation of the best colour composite of various images, as well as results of digital analysis in specified and repeatable colours.

The problems presented in the paper were selected with respect to the highest usefulness and practical utilization of remote sensing data.

Translation: *Jacek Domański*

ИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Резюме

Тема „Методы и устройства для цифрового преобразования аэрокосмических изображений” разрабатывается в Институте геодезии и картографии в Центре обработки аэрокосмических материалов (ОПОЛиС). В рамках этой темы были проведены исследовательские работы в области цифрового преобразования данных дистанционного зондирования. В данной статье, на фоне общего представления вопросов цифрового преобразования данных дистанционного зондирования, изложены избранные методы решений, разработанные в ИГиК в 1981–1985 годах. Касаются они следующих вопросов: предварительных преобразований, цифрового анализа многозональных данных, а также способов представления как исходных данных, так и полученных результатов. Подробное описание изложенных здесь методов находится в работах [1], [2], [3] и [4].

Перед предварительным преобразованием (реализуемым разными методами) ставятся следующие практические цели: – повышение читаемости визуализируемого изображения, – добыча требующего содержания в анализируемом изображении, – устранение помех в изображении, вызванных различными факторами, – приведение к тональной согласованности изображений того же самого пространства, выполненных в разные сроки, или изображений соприкасающихся с собой, или же имеющих совместную зону перекрытия, – стремление к уменьшению числа данных дистанционного зондирования при одновременном предположении минимальной потери информации. Эта последняя цель постоянно актуальна ввиду нового поколения устройств, предназначенных для сбора данных дистанционного зондирования, обеспечивающих большую разрешимость и расширенный диапазон регистрируемого электромагнитного спектра. Одновременно этот вопрос стоит на границе двух направлений цифровых преобразований, т.е. предварительных преобразований и цифрового анализа данных дистанционного зондирования, сходясь и расходясь одновременно.

Цифровой анализ данных дистанционного зондирования, рассматриваемый как распознавание и классифицирование содержания изображения, осуществляется, вообще, путем группирования элементарных элементов изображения в отдельные скопления, которым придается природное значение. Методы применяемой классификации зависят, между прочим, от имеющихся данных и предназначения получаемых результатов. Проведенные исследования подтверждают правильность применяемого метода классификации „без учителя”, который для многих выполняемых работ может быть единственно возможным для применения классификации. Кроме того с успехом может быть применен как дополнение или расширение классификации „с учителем”.

Последним затронутым в работе вопросом является представление цифровых изображений, главным образом в виде цветного позитива или негатива с помощью применения фотоплоттера. Это представление касается как визуализации цифровых изображений, целью которой является получение наиболее совершенных синтезированных изображений для разных снимков, так и результатов цифрового анализа в избранных потребителем и повторяемых цветах.

Представленные в статье вопросы были выбраны с точки зрения наибольшей пригодности в работах и большого практического значения.

Перевод: *Róża Tołstikowa*