

Cyfrowy skanerowy przetwornik obrazu CSPO-01/G III-P

WSTĘP

Rozwój elektronicznej techniki obliczeniowej oraz produkcji niektórych układów scalonych spowodował wzrost zainteresowania w Polsce zastosowaniem automatyzacji procesu interpretacji zdjęć lotniczych.

Warunkiem analizy zdjęcia przy użyciu EMC jest przedstawienie go w postaci cyfrowej. Polega to na podzieleniu zdjęcia na prostokątne (najczęściej kwadratowe) pola elementarne zwane pikselami, o wymiarach rzędu ułamków milimetra, oraz zmierzeniu i przypisaniu każdemu z nich gęstości optycznej negatywu lub diapozytywu.

Przyrządami, przy użyciu których dokonuje się zamiany obrazu zdjęcia na postać cyfrową, są: trzy rodzaje densytometrów obrazowych (Owen-Jones, 1977) i niektóre fotometry skanujące najczęściej sterowane komputerem (Griszin, 1976). W Polsce skonstruowano w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN cyfrowy przetwornik obrazu (Kulpa, Dernałowicz, 1976), w którym wczytywanie obrazu odbywa się z zastosowaniem kamery telewizyjnej. Ze względu na niestabilną charakterystykę przyrządu nadaje się on jedynie do analizy zdjęć czarno-białych bardzo kontrastowych, a uwagi o ewentualnej jego przydatności w fotointerpretacji zamieszczone zostały w pracy K. Furmańczyka i in. (1977).

W 1974 roku w Uniwersytecie Gdańskim została opracowana koncepcja cyfrowego przedstawiania rzeźby dna morskiego na podstawie zdjęć lotniczych, co znalazło wyraz w pracy K. Furmańczyka, S. Musielaka (1975). Założenia ideowe cyfrowego skanerowego przetwornika obrazów współpracującego z mikrofotometrem GIII Zeissa zawarte zostały w pracy K. Furmańczyka (1976) jako forma realizacji koncepcji cyfrowego przedstawiania batymetrii strefy brzegowej morza.

Udaną konstrukcję przyrządu wykonano w Uniwersytecie Gdańskim w ramach problemu resortowego MHZiGM nr 108, w zadaniu badawczym nr 01.04.3. w latach 1977—1979, na zlecenie Instytutu Morskiego w Gdańsku (Musielak, Furmańczyk, Chabowski, Pankiewicz, 1980). Założenia ideowe i techniczne przyrządu opracowali: K. Furmańczyk i E. Chabowski przy współpracy S. Musielaka. Projektantem i wykonawcą był Z. Pankiewicz, który korzystał z konsultacji i współpracy E. Chabowskiego.

ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE

Analiza zdjęcia z zastosowaniem maszyny matematycznej może odbywać się tylko wtedy, gdy obraz jego będzie podany w postaci cyfrowej. W tym celu zdjęcia należy podzielić na pola elementarne (tzw. piksele) o zarysie prostokątnym i możliwie najmniejszych bokach, rozmieszczone w regularnej sieci. W rezultacie obraz zdjęcia przedstawiony w postaci cyfrowej jest macierzą gęstości optycznych poszczególnych pikseli zdjęcia, przy czym położenie danej liczby w macierzy określa położenie piksela na zdjęciu.

Opisany dalej przyrząd realizuje: podział zdjęcia na prostokątne lub kwadratowe piksele, pomiar gęstości optycznej pikseli i jej zapis cyfrowy w postaci macierzy na taśmie perforowanej.

Założenia konstrukcyjne obejmowały warunki, jakie powinien spełnić przyrząd sterujący mikrofotometrem GIII produkcji Carl Zeiss Jena (będący w posiadaniu Instytutu Geografii UG) i zapisujący wyniki w postaci cyfrowej przy użyciu perforatora.

Przyrząd miał zapewnić pomiar gęstości optycznej wszystkich pikseli zdjęcia w sposób uporządkowany, przy czym wymiary szczeliny mikrofotometru powinny być zgodne z wymiarami piksela. Najmniejszy wymiar piksela miał wynosić 0,1 mm, a największy 0,4 mm, co podyktowane było z jednej strony możliwością zastosowanego silnika skokowego i przekładni do przesuwu wózka fotometru, a z drugiej maksymalnym możliwym wymiarem szczeliny fotometru. Analogowa wartość pomierzonej gęstości optycznej powinna być zamieniona na postać cyfrową i zapisana na taśmie perforowanej.

Powinna istnieć możliwość wyboru dowolnego prostokątnego fragmentu zdjęcia do zamiany na postać cyfrową. Zamiana wybranego fragmentu na postać cyfrową winna odbywać się całkowicie automatycznie. W zależności od rodzaju dostępnego urządzenia peryferyjnego komputera powinna być możliwość wyboru kształtu pola elementarnego. Kształt ten powinien być kwadratem lub prostokątem o stosunku boków 4:5. Taki stosunek mają wymiary pola zajmowanego przez znak pisarski drukarki wierszowej komputera. Jeśli gęstości optyczne pikseli zdjęcia

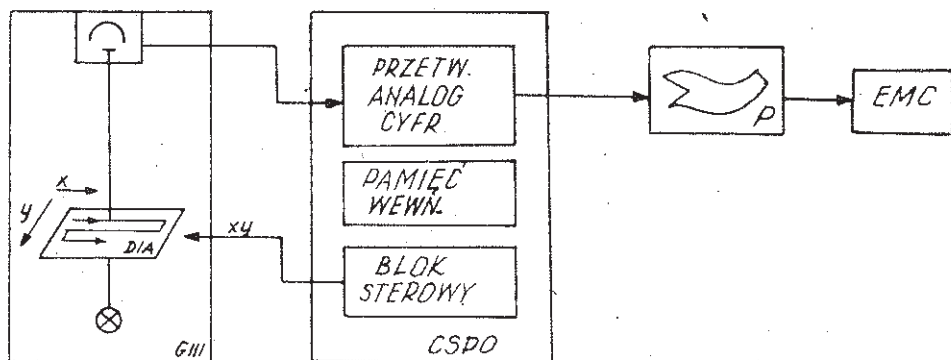
podzielone zostaną na przedziały i ich wartości zastąpione jednoelementowymi znakami, to wydruk takiej macierzy będzie kartometrycznym obrazem zdjęcia.

Opisywany przyrząd przetwarza zdjęcia z postaci obrazowej na cyfrową. Odbywa się to przez fotometryczne skanowanie. Ponadto współpracuje on z mikrofotometrem GIII oraz perforatorem, stąd nazwa Cyfrowy Skanerowy Przetwornik Obrazu — 01/GIII-P najlepiej odzwierciedla charakter i współpracę przyrządu.

BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

Ogólny schemat blokowy przyrządu przedstawiony jest na ryc. 1, widok ogólny całego zestawu na fot. 1, a płyta czołowa na fot. 2. W skład zestawu wchodzi: przetwornik, mikrofotometr GIII Zeissa oraz perforator. Ze źródła światła mikrofotometru wychodzi analizujący strumień światła, który po przejściu przez układ optyczny rzutuje na ekranie wewnętrznym przyrządu powiększony obraz fragmentu negatywu umieszczonego na jego drodze. Przez kalibrowaną szczelinę w ekranie fragment strumienia dociera do fotodetektora, gdzie zostaje zamieniony na sygnał napięciowy. Sygnał ten po wzmocnieniu trafia do woltomierza cyfrowego, gdzie ulega zamianie na postać cyfrową. Wartość cyfrowa zostaje wyświetlona na wskaźniku V przetwornika oraz zapisana przez perforator.

W przetworniku oprócz woltomierza znajduje się urządzenie sterujące ruchem wózka negatywu oraz pamięć wewnętrzna.

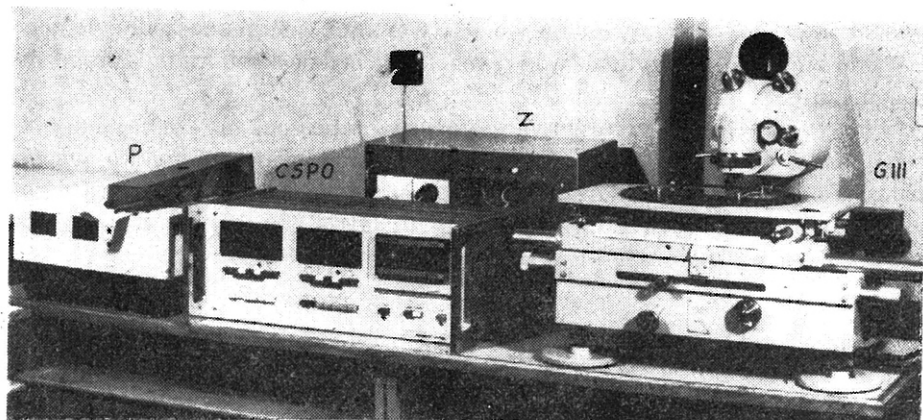


Ryc. 1. Schemat blokowy zestawu Cyfrowego Skanerowego Przetwornika Obrazu do automatycznej zamiany obrazu zdjęcia na postać cyfrową:

GIII — mikrofotometr GIII Zeissa, CSPO — cyfrowy skanerowy przetwornik obrazu, P — perforator, EMC — elektroniczna maszyna cyfrowa

Fig. 1. A block diagram of the Digital Scanner Image Converter unit for automatic conversion of a photo image into a digital form:

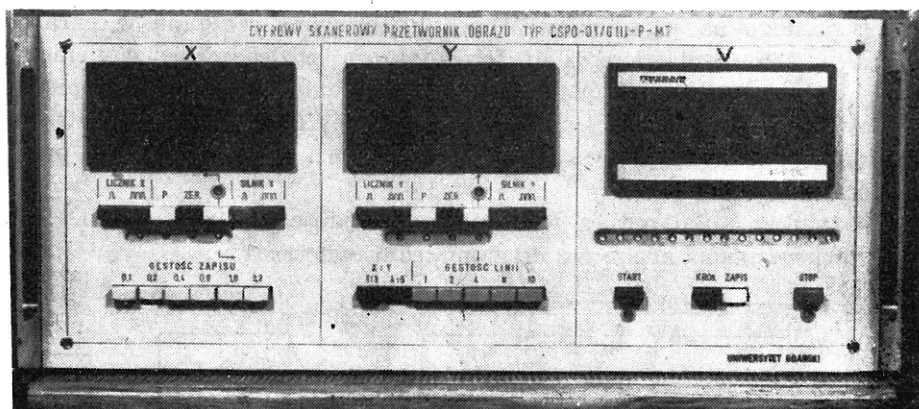
GIII — Zeiss' microphotometer GIII, CSPO — Digital Scanner Image Converter, P — perforator, EMC — computer



Fot. 1. Zestaw Cyfrowego Skanerowego Przetwornika Obrazu CSPO-01/GIII-P: GIII — mikrofotometr GIII Zeissa, CSPO — cyfrowy skanerowy przetwornik obrazu, Z — blok zasilaczy, P — perforator

Phot. 1. Digital Scanner Image Converter Unit CSPO-01/GIII-P:

GIII — Zeiss' microphotometer GIII, CSPO — Digital Scanner Image Converter, Z — power suppliers, P — perforator



Fot. 2. Widok płyty czołowej CSPO-01/GIII-P:

X — licznik X, Y — licznik Y, V — wskaźnik woltomierza cyfrowego, \square — powolna zmiana stanu licznika o 1 lub pojedynczy krok, \square — szybka zmiana stanu licznika lub ciągła praca silnika, P — przycisk zapisu do pamięci, ZER — zerowanie licznika

Phot. 2. The console of the CSPO-01/GIII-P:

X — Counter X, Y — Counter Y, V — Indicator of digital voltmeter, \square — Slow alteration of counter's reading by 1 or single step, \square — Fast alteration of counter's reading or a continuous motor work, P — Recording in memory-push button, ZER — Zeroing of counter

Na licznikach X i Y jest możliwość nastawienia i zapamiętania przez przyrząd liczby pomiarów w linii (X) oraz liczby linii (Y). Wartości te określają wielkość skanowanego obszaru zdjęcia. Przyrząd stwarza możliwość wyboru jednej z następujących gęstości pomiaru w linii: co 0,1 mm; 0,2 mm; 0,4 mm; 0,8 mm; 1,6 mm; 3,2 mm, oraz w zależności od potrzeb czytanie każdej linii lub co 2-ej, 4, 8, 16.

Czytanie (skanowanie) zdjęcia może być realizowane w sieci kwadratów ($X : Y = 1 : 1$) lub prostokątów ($X : Y = 4 : 5$).

Skonstruowanie CSPO-01/GIII-P polegało na przystosowaniu mikro-fotometru GIII Zeissa do współpracy z przyrządem i skonstruowaniu właściwego przyrządu stanowiącego z: mikrofotometrą, blokiem zasilaczy i perforatorem kompletny zestaw aparaturowy do zmiany obrazu zdjęcia na postać cyfrową.

Mikrofotometr GIII został przystosowany do współpracy z przetwornikiem w następujący sposób:

- zastosowano silniki skokowe do automatycznego przesuwu wózka fotogramu w kierunku X i Y ,
- wbudowano liniowy wzmacniacz pomiarowy o regulowanym współczynnikiem wzmocnienia w celu wzmocnienia sygnału z fotodetektora i dopasowaniu go do parametrów przetwornika,
- zainstalowano stabilizowany zasilacz — 100 V do fotopowielacza.

CSPO-01 zbudowany jest na podstawie techniki cyfrowej TTL małej i średniej skali integracji. Całość składa się z 11 pakietów oraz 2 pakietów sterowników silników skokowych EDS. Przyrząd pracuje w układzie asynchronicznym, tzn. sterowanie przejmowane jest na zmianę przez woltomierz cyfrowy i perforator. Dzięki takiemu systemowi pracy uzyskuje się minimalny czas przetwarzania informacji.

Na ryc. 2 przedstawiony został schemat czynnościowy CSPO-01. Po sygnale „START” zostaje zainicjowany pierwszy pomiar woltomierza cyfrowego. Sygnał „woltomierz cyfrowy gotów” (VC gotów) uruchamia perforator, który w dwóch cyklach perforuje 14-bitowy wynik pomiaru. W tym samym czasie zostaje wykonane przesunięcie stolika mikro-fotometru do następnego piksela oraz zwiększenie stanu pomiarów licznika Lx o 1.

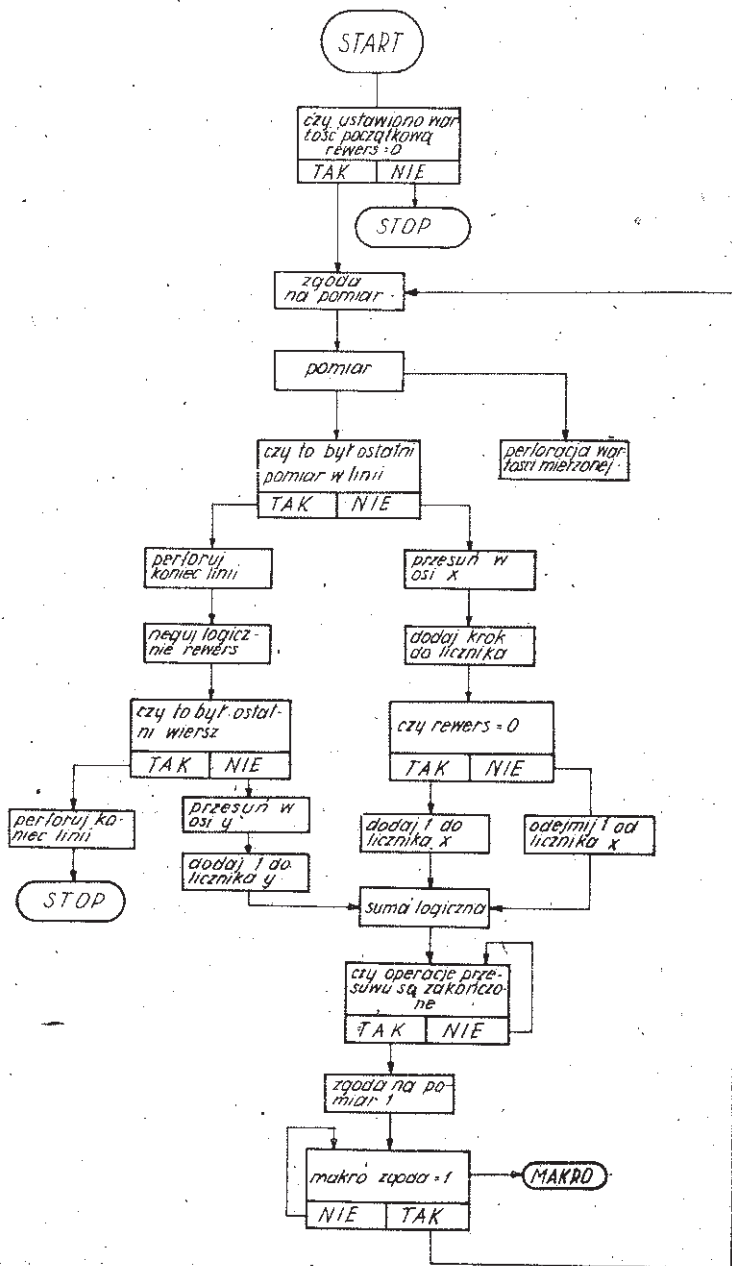
Spełnienie iloczynu logicznego przesunięcia i wyperforowania wyniku pomiaru jest sygnałem startu woltomierza cyfrowego, a tym samym zostaje zamknięta główna pętla pomiarowa przyrządu.

Sygnał „KROK” doprowadzony jest do węzła iloczynu logicznego. Przerywa on główną pętlę pomiarową i wymusza pojedyncze pomiary po każdej ingerencji przyciskiem „START” (tzw. praca makrokrokowa).

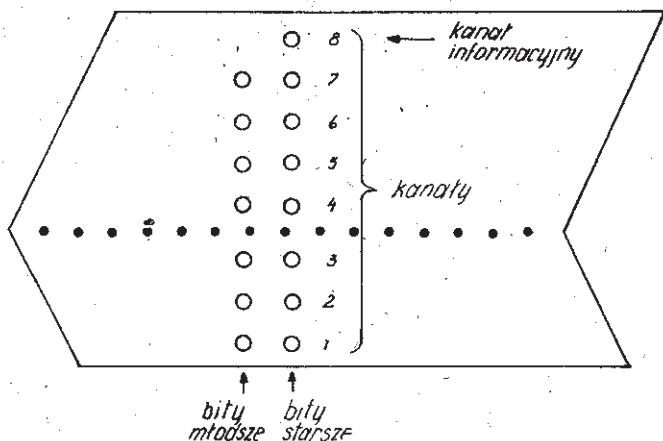
W momencie zrównania stanu licznika Lx z zawartością pamięci Px perforowany jest znak końca linii, zostaje wykonane przesunięcie stolika mikro-fotometru do następnej linii i zwiększenie stanu licznika Ly o 1. Po wykonaniu tego przesunięcia kierunek ruchu w osi X zostaje zmieniony na przeciwny. Po tej czynności następuje zainicjowanie pracy woltomierza cyfrowego. Jest to tzw. pętla zmiany linii.

W przypadku zrównania stanu licznika linii Ly z zawartością pamięci Py praca CSPO-01 zostaje zatrzymana.

Woltomierz cyfrowy V-628 pracuje w kodzie BCD. Zapis informacji



Ryc. 2. Schemat czynnościowy CSPO-01
 Fig. 2. A flow diagram of the CSPO-01



Ryc. 3. Sposób rozmieszczenia informacji wyjściowej z CSPO na taśmie perforowanej

Fig. 3. An output information pattern from the CSPO on a punched tape

na taśmie perforowanej w takim kodzie jest bardzo nieekonomiczny, dlatego w CSPO-01 wmontowano układ zamiany kodu BCD na kod binarny.

Perforator ma 8 kanałów. Informacja zapisywana jest w dwóch rzędach w 7 kanałach (ryc. 3). Ósmy kanał jest informacyjny. Zero w ósmym kanale oznacza rząd z 7 młodszymi bitami informacji wyjściowej, natomiast jedynka rząd z 7 starszymi bitami. Jedynki na czterestu bitach oznaczają znak końca linii (separator).

Pełna zamiana obrazu zdjęcia na postać cyfrową może być realizowana tylko przy gęstości pomiarów w linii: 0,1 mm; 0,2 mm i 0,4 mm. Przy pozostałych gęstościach szczelina mikrofotometru jest mniejsza od pomiarowego „kroku” przyrządu i realizowane są wówczas pomiary w wybranych punktach zdjęcia rozmieszczonych w regularnej sieci.

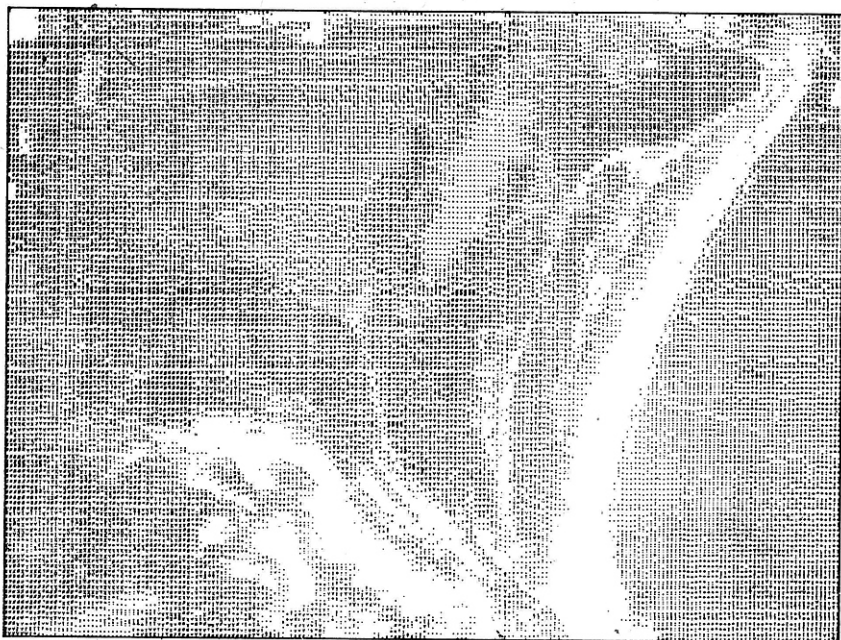
Czas analizy 1 cm² obrazu zdjęcia wynosi przy stosunku X:Y = 1:1 dla gęstości pomiarów w linii: 0,1 mm — 34 min 45 s, 0,2 mm — 10 min 15 s, 0,4 mm — 3 min 15 s, 0,8 mm — 1 min 08 s, 1,6 mm — 49 s, 3,2 mm — 17 s.

Po wczytaniu każdego zdjęcia należy przeanalizować wzorcowy schodkowy klin optyczny w celu przyporządkowania zapisywanym przez perforator liczbom odpowiadających im wartości gęstości optycznej.

Zastosowany w przyrządzie woltomierz cyfrowy w roli przetwornika analogowo-cyfrowego rejestruje gęstość optyczną zdjęcia w skali logarytmicznej. Wskazanie 4000 na liczniku V przyrządu odpowiada (ustawionej stopniem wzmacnienia) minimalnej gęstości optycznej zdjęcia,



a



b

Wzrosty i formy roślinności wzdłuż brzozy.
 Wzrosty i formy roślinności wzdłuż brzozy.
 Wzrosty i formy roślinności wzdłuż brzozy.

0 50 100 150 200 m

Fot. 3. Fragment zdjęcia lotniczego:

a — zdjęcie w postaci fotograficznej, b — zdjęcie w postaci cyfrowej

Phot. 3. An air photograph fragment:

a — a photograph, b — a digital representation

zaś O — gęstości optycznej maksymalnej możliwej do zarejestrowania przez przyrząd. Realnie można zarejestrować gęstość optyczną o 2,00 jednostek gęstości optycznej większą od minimalnej.

Przy stosowaniu piksela prostokątnego ($X:Y = 4:5$) można — używając drukarki wierszowej komputera — uzyskać kartometryczny wydruk obrazu zdjęcia (fot. 3), w tym przypadku podzielonego na 8 przedziałów gęstości optycznej. Szczegóły odpowiedniego oprogramowania zawarte są w pracy E. Chabowskiego i K. Furmańczyka: *Charakterystyka podstawowego oprogramowania EMC ODRA 1204 do wizualizacji zdjęć zamienionych na postać cyfrową przy użyciu CSPO-01/GIII-P*, która będzie opublikowana w następnym numerze *Fotointerpretacji w geografii*.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

CSPO-01 jest pierwszą wersją przyrządu, który ze względu na swoje rozwiązanie nie ma odpowiednika w krajach RWPG, nie licząc radzieckiego densytometru sterowanego komputerem (Gruszyn, 1976).

Przyrząd pozwala zamieniać na postać cyfrową zdjęcia o maksymalnym wymiarze 6 cm × 18 cm, a prosty zapis w kodzie binarnym na taśmie perforowanej daje dużą oszczędność taśmy i czasu zapisu.

Z obserwacji eksploatacyjnej wynika, że przyrząd w pierwszej wersji ma wiele rozwiązań, które można byłoby poprawić: jest dosyć powolny z uwagi na powolną pracę woltomierza cyfrowego i perforatora. Zastąpienie woltomierza cyfrowego szybkim przetwornikiem analogowo-cyfrowym oraz zastąpienie perforatora pamięcią kasetową zwiększykilkakrotnie prędkość czytania i wyeliminuje hałas. W obecnej postaci przyrząd jest dosyć wrażliwy na zakłócenia zewnętrzne.

W drugiej wersji (CSPO-02), nad którą trwają obecnie prace, przewidziano: przekonstruowanie przyrządu w aspekcie szybszej i cichej pracy, przystosowanie do współpracy z mikrofotometrem GIII lub MD 100 (również Zeissa), zapisywanie wyników na taśmie perforowanej lub w pamięci kasetowej.

Opisany w niniejszej pracy przyrząd w pierwszej wersji jest pełnosprawny; pozwolił on na rozwinięcie w Uniwersytecie Gdańskim prac metodycznych automatycznej interpretacji zdjęć przy użyciu EMC.

LITERATURA

- Furmańczyk K., 1976: *Analiza możliwości wykorzystania mikrofotometrii do rejestracji rzeźby dna morskiej strefy brzegowej* (rozprawa doktorska), WAT, Warszawa.
- Furmańczyk K., 1980: *Zarys fotointerpretacji* wyd. 2, Gdańsk.
- Furmańczyk K. i in., 1977: *Analiza możliwości cyfrowej rejestracji rzeźby dna morskiego na podstawie zdjęć lotniczych wykonanych w jednym przedziale spektralnym* (maszynopis), opracowanie w ramach tematu MRI/15.2.5.3.2. Uniwersytet Gdański, Gdańsk.
- Furmańczyk K., Musielak S., 1975: *Próba cyfrowego przedstawiania rzeźby i dynamiki dna morskiej strefy brzegowej*, Archiwum Hydrotechniki, nr 3-4.
- Griszin M. P., 1976: *Awtomaticzieskaja obrabotka fotograficzeskich izobrazienii s primieniem EWM*, Izd. Nauka i Technika, Mińsk.
- Kulpa Z., Dernałowicz J., 1976: *System cyfrowej analizy obrazów CPO-2 i jego zastosowanie biomedyczne*, Opracowanie wewnętrzne IBIB PAN, Warszawa (maszynopis).
- Musielak S., Furmańczyk K., Chabowski E., Pankiewicz Z., 1980: *Rejestracja stanu oraz zmienności rzeźby dna morskiego metodą fotometryczną ze zdjęć lotniczych wykonanych w jednym przedziale spektralnym przy zastosowaniu CSPO-01* (maszynopis), Opracowanie w ramach tematu MHZiGM nr 108.01.04.3., Uniwersytet Gdański, Gdańsk.
- Owen-Jones E. S., 1977: *Densitometric methods of processing remote sensing data with special reference to croptype and terrain studies*, [in:] *Environmental remote sensing*, 2, ed. E. C. Barrett, L. F. Curtis, London:

KAZIMIERZ FURMAŃCZYK, ZBIGNIEW PANKIEWICZ, EDMUND CHABOWSKI,
STANISŁAW MUSIELAK

DIGITAL SCANNER IMAGE CONVERTER CSPO-01/GIII-P

Summary

A digital Scanner Image Converter has been designed and built at Gdańsk University. It cooperates with a GIII Zeiss microphotometer and records the results by a perforator.

With the help of this device it is possible to convert a photograph's image into a digital form by dividing a photograph into elementary fields (pixels) of min. dimensions $0,1 \times 0,1$ mm and max. dimensions $0,4 \times 0,4$ mm, and measuring optical density on each of them. The optical density value is converted into a digital form and recorded on a perforated tape.

The measurement of optical density in a regular system of points in a picture can be also programmed.

There is a possibility of an elementary field's shape selection; either square or rectangular having the ration $X:Y = 4:5$ which enables cartometric printing of picture's image by a computer's line printer.

An analysis can be carried out of any rectangular size photograph not bigger, however, than $X = 18$ cm, $Y = 6$ cm.

The device, at The Geographical Institute of Gdańsk University, made it possible to carry out photointerpretative methodological works in automatic interpretation of photographs by a computer.

*Translated by
Stanisław D. Wojdata*

KAZIMIERZ FURMAŃCZYK, ZBIGNIEW PANKIEWICZ, EDMUND CHABOWSKI,
STANISŁAW MUSIELAK

CONVERTISSEUR NUMÉRIQUE D'IMAGE DE SKANER — CSPO-01/GIII-P

Résumé

Un Convertisseur Numérique d'Image de Skaner a été élaboré et construit à l'Université de Gdańsk. Il fonctionne avec le microphotomètre GIII de Zeiss et enregistre ses résultats à l'aide du perforateur.

A l'aide de cet appareil il est possible de transformer l'image de la photographie en chiffre. La photo est divisée en champs élémentaires aux dimensions minimales de $0,1 \times 0,1$ mm et maximales de $0,4 \times 0,4$ et ensuite est mesurée la densité optique dans chacun de ces champs. La valeur de la densité optique est transformée en chiffre et enregistrée sur une bande perforée.

Il est également possible de programmer la mesure de la densité optique sur un réseau de points de la photographie.

On peut aussi choisir la forme du champ élémentaire, sauf la forme carrée et rectangulaire dont le rapport est de $X:Y = 4:5$, ce que permet la liste imprimée cartométrique faite par l'ordinateur.

Il est possible de faire l'analyse d'une quelconque partie d'image dont les dimensions ne devraient pas dépasser celles de $X = 18$ cm, $Y = 6$ cm.

Cet appareil se trouve à l'Institut de Géographie de l'Université de Gdańsk et permet d'effectuer des travaux méthodiques de photointerprétation dans le domaine de l'interprétation automatique des photographies à l'aide de EMC.

*Traduit par
Teresa Korba-Fiedorowicz*