

Ryszard WINIARCZYK

Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN

ul. Bałtycka 5, 44-100 Gliwice

Ilościowa analiza obrazów

Streszczenie. W pracy opisano zagadnienia ilościowej oceny obrazów, szczególnie w zastosowaniu do analizy jakościowej materiałów. Scharakteryzowano komputerowe systemy ilościowej analizy obrazów: analizatory półautomatyczne i automatyczne.

ANALYSE QUANTITATIVE D'IMAGES

Résumé. Les problèmes de l'analyse quantitative d'images sont présentés, en particulier du point de vue de l'évaluation de qualité de matériaux. Les systèmes semiautomatisés et automatisés d'analyse d'images par ordinateur sont décrits.

QUANTITATIVE IMAGE ANALYSIS

Summary. The article presents the problems of quantitative image analysis, in particular as applied to materials quality evaluation. Digital semiautomatic and automatic image analysers are described.

1. Wstęp

W wielu dziedzinach istnieje potrzeba pomiaru parametrów geometrycznych ciał fizycznych oraz ocena ilościowa wewnętrznej struktury na podstawie obrazu ich przekrojów. Przykładem może być ocena jakości stopów metalicznych, gdzie z uwagi na nieprzezroczystość stopu badania jego struktury prowadzone są na płaskim przekroju stopu (szlifie metalograficznym) [14]. Innym przykładem jest analiza teleradiogramów głowy stosowana w diagnostyce szkieletowo-ortopedycznej [10], [12] dla jakościowej i ilościowej oceny zaburzeń zgryzowo-szkieletowo-twarzowych.

Opracowano wiele metod stereologicznych umożliwiających charakteryzowanie struktur przestrzennych oraz figur płaskich na podstawie ich przekrojów [14]. Najczęściej metody te pozwalają określać parametry stereologiczne na podstawie prostych pomiarów i zliczeń, które mogą być wykonywane ręcznie. Jednak dla osiągnięcia wyniku na odpowiednim poziomie dokładności wymagana jest znaczna liczba tych prostych pomiarów, co wydłuża

czas i pracochłonność analizy. Z tego też powodu od dawna konstruowane są urządzenia redukujące czas i pracochłonność analizy [13]. Znaczący postęp osiągnięty został dopiero po zastosowaniu komputerowej analizy obrazów, a zwłaszcza systemów cyfrowego przetwarzania obrazów. Metody stosowane w takich systemach są domeną ilościowej analizy obrazów.

2. Funkcje systemów ilościowej analizy obrazów

W systemach analizie podlegają obrazy cyfrowe badanych powierzchni (scen). Obraz przedstawiany jest w postaci macierzy liczb całkowitych powstałych w wyniku próbkowania i kwantowania ciągłego rozkładu jasności analizowanej sceny. Elementy macierzy nazywane są pikselami, a ich wartości stopniami jasności lub szarości.

Obraz obciążony jest błędami wnoszonymi przez skanery oraz przetworniki analogowo-cyfrowe realizujące transformację rozkładu jasności sceny na macierz stopni jasności. Ponadto błędy wnoszone są przez niedoskonałość ekspozycji sceny, np. nierównomierność oświetlenia.

Obraz z uwagi na zawartą w nim informację składa się z dwóch podstawowych obszarów:

- obiekty,
- tło.

Metody przetwarzania obrazów służą dla rozróżnienia obiektów od tła w obrazie. Geometria obliczeniowa dostarcza metod ilościowej oceny obiektów w obrazie przekrojów. Metody stereometryczne pozwalają na obliczanie estymatorów parametrów przestrzennych cech badanej struktury.

Proces ilościowej analizy obrazów realizowany jest w następujących etapach:

- wydzielenie obiektów w obrazie,
- obliczenie wartości stereometrycznych.

Wyróżnienia obiektów w obrazie dokonuje się w następującej sekwencji:

- wstępne przetwarzanie,
- filtracja,
- segmentacja.

Przetwarzanie wstępne umożliwia korekcję zniekształceń obrazu wynikających z niedoskonałości urządzeń znajdujących się w torze wizyjnym. W wyniku stosowania filtrów powstaje obraz, w którym obszary informacyjne stają się łatwiejsze do wyróżnienia. Filtry pozwalają na redukcję zakłóceń, poprawienie kontrastu obrazu, uwydatnienie konturów oraz na eliminację wpływu nierównomiernego oświetlenia badanej powierzchni. Wyróżniamy filtry uśredniające (dolnoprzepustowe) oraz wyostrające (górnoprzepustowe).

Najczęściej stosowaną metodą realizacji filtrów jest operacja splotu wykonywana na macierzy sąsiedztwa piksela i macierzy masek. Podstawą jest statystyczny model obrazu, w którym zakłada się, że wartość jasności piksela jest funkcją wartości jasności pikseli znajdujących się w jego otoczeniu, określanym przez macierz sąsiedztwa. Macierz masek jest macierzą współczynników wpływu jasności poszczególnych pikseli sąsiedztwa. Jeśli przez $g(x, y)$ oznaczymy wartość jasności piksela o współrzędnych (x, y) a przez m, n głębokość sąsiedztwa $b(k, l)$ odpowiednio w kierunku x, y , to wynikowa jasność piksela

$$f(x, y) = \frac{1}{(2m+1) * (2n+1)} \sum_{k=-m}^m \sum_{l=-n}^n g(x-k, y-l) * b(k, l) \quad (1)$$

Literatura dostarcza bogatego zbioru macierzy masek umożliwiających wygładzanie i wyostrzenie obszarów, jak i krawędzi zawartych w obrazie.

Segmentacja jest właściwą operacją rozdzielającą obraz na dwa obszary: obiekty i tło. Najczęściej segmentacji dokonuje się przez progowanie stopni jasności wszystkich pikseli obrazu. W wyniku progowania powstaje obraz, w którym stopnie jasności przyjmują dwie skrajne wartości. Powstaje zatem obraz binarny, w którym jedną wartością jasności reprezentowany jest obszar obiektów, drugą obszar tła.

$$f(x, y) = \begin{cases} B & \text{dla } g(x, y) < T, \\ W & \text{dla } g(x, y) \geq T, \end{cases} \quad (2)$$

gdzie przez B, W i T oznaczono odpowiednio najmniejszą, największą wartość jasności i wartość progu. Podstawowym problemem progowania jest ustalenie właściwej wartości progu jasności. Do wyznaczania progu zwykle wykorzystuje się histogram obrazu, przedstawiający rozkład liczebności występujących w obrazie wartości jasności pikseli:

$$h(i) = \text{card} \{ (x, y) : g(x, y) = i, i \in N \}. \quad (3)$$

$$\sum h(i) = m * n$$

Korzystnym przypadkiem jest histogram bimodalny, gdzie progami będzie wartość jasności, dla której osiągane jest minimum. Inną metodą segmentacji jest wykrywanie w obrazie konturów. Problemem w tej metodzie jest domykanie wykrytych konturów, zwłaszcza dla obrazów o słabym kontraście.

Ostatnim etapem segmentacji jest identyfikacja obiektów (etykietowanie).

Dla każdego wyróżnionego w obrazie obiektu obliczane są podstawowe parametry geometryczne oraz współczynniki kształtu obiektu. W celu określenia pomiarów przestrzennych parametrów struktury korzysta się często z praw prawdopodobieństwa geometrycznego i geometrii różniczkowej. Do podstawowych mierzonych parametrów geometrycznych możemy zaliczyć:

- pole powierzchni,
- obwód,
- maksymalna cięciwa,
- nachylenie maksymalnej cięciwy,
- rzut na oś poziomą OX (średnica Fereta X),
- rzut na oś pionową OY (średnica Fereta Y),
- średnica Martina.

Ponieważ ilościowa ocena obrazu służy do celów pomiarowych, wśród funkcji systemu analizy jest funkcja skalowania. Skalowanie nadaje rzeczywiste wymiary pikselowi obrazu cyfrowego. Skalowanie systemu realizowane jest na dwa podstawowe sposoby:

- skalowanie ręczne,
- skalowanie automatyczne.

Skalowanie realizowane jest w jednym lub dwóch kierunkach w zależności od kształtu piksela. Najczęściej piksel jest kwadratem i w takich przypadkach skalowanie odbywa się w jednym kierunku. Występują jednak systemy, w których piksel jest prostokątem [3] i wtedy wymagane jest skalowanie w dwóch kierunkach.

W przypadku skalowania ręcznego użytkownik wskazuje na przykład za pomocą manipulatora kulkowego punkty krańcowe wzorca oraz podaje rzeczywistą długość tego wzorca. W skalowaniu automatycznym obraz ze wzorcem jednorodnym w sensie rozkładu jasności podlega segmentacji przez progowanie przy progu określonym średnią arytmetyczną jasności tła i wzorca. Punkty krańcowe wyznaczane są automatycznie przez odpowiedni program. Rzeczywista długość wzorca jest podawana przez użytkownika.

Ze względu na skończoną rozdzielczość próbkowania i kwantowania skalowanie wnosi błąd pomiaru. Redukcji tego błędu dokonuje się najczęściej metodą subpikselową. W metodzie tej zakłada się rozkład jasności na brzegach obiektu (wzorca) i oblicza się taką wartość współrzędnej punktu krańcowego, dla której funkcja rozkładu przyjmuje wartość obliczonego progu. Zwiększenia dokładności uzyskuje się przez wykorzystanie w modelu rozkładu jasności własności używanego skanera. Metodę taką zastosowano w [8] uwzględniając w modelu własności widikonowego przetwornika fotoelektrycznego, uzyskując skalowanie systemu z dokładnością o rząd lepszą od wyznaczonej odstępami próbkowania obrazu dla typowego poziomu zakłóceń szumowych (subpixel accuracy).

3. Analizatory obrazów

Jednym ze sposobów ilościowej oceny struktury jest dokonywanie oceny zdjęć struktury. Do zdjęcia przykładają się wzorcowy układ punktów lub odcinków i na tej podstawie

dokonywane są pomiary przez zliczanie punktów lub odcinków zawartych w obiektach. Informacje te są pierwotne dla obliczania parametrów stereologicznych. Najczęściej wzorcem takim jest kwadratowa siatka. Siatka służy do pomiaru pola powierzchni oraz długości cięciw. W celu osiągnięcia odpowiedniej dokładności pomiaru należy dokonać dość dużo pomiarów i zliczeń, co z kolei zwiększa pracochłonność pomiarów. Aby skrócić czas analizy i zmniejszyć pracochłonność pomiarów, powstawały różne urządzenia i systemy wspomagające. Komputerowe systemy analizy ilościowej można podzielić na dwie podstawowe klasy:

- systemy półautomatyczne,
- systemy automatyczne.

Wzrokowe wydzielenie obiektów w obrazie jest charakterystyczne dla systemów półautomatycznych. Pomiar następuje przez zliczanie obiektów wskazanych przez użytkownika lub przez planimetryczną obróbkę obiektów ręcznie obrysowanych.

W metodzie przez zliczanie wskazuje się liczbie zawartych w obiekcie lub/i przecinających obiekt wzorców. Wzorcami są najczęściej oczka lub punkty siatki prostokątnej i odcinki. Na podstawie tych prostych pomiarów można obliczyć estymatory parametrów stereometrycznych. Metoda ta opiera się na zasadzie Cavalieri - Hacqueta [14], według której procentowa zawartość danej fazy w objętości struktury, na płaszczyźnie przekroju oraz na długości prostej jest taka sama:

$$V_v = S_v = L_v$$

Ponieważ w rzeczywistości skład fazowy i strukturalny badanej próbki nie jest zwykle jednakowy w całej objętości, mierzone parametry są stałe w sensie statystycznym.

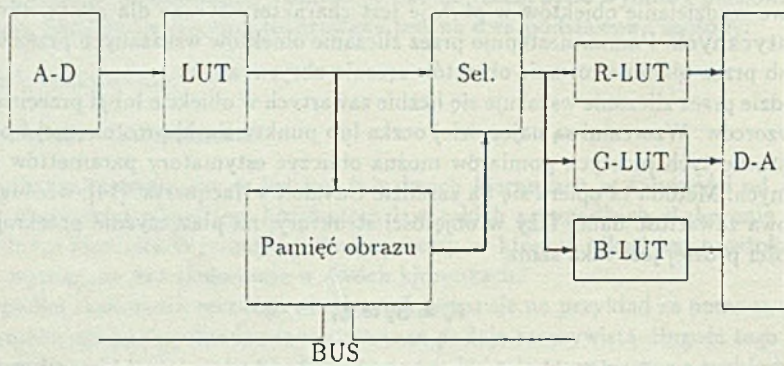
Jak już wspomniano, osiągnięcie zadowalającej dokładności pomiaru wymaga dużego nakładu pracy na wykonanie prostych pomiarów oraz na opracowanie uzyskanych wyników. W systemach półautomatycznych wspomagane jest określanie obiektów, natomiast w pełni zautomatyzowany jest proces obliczania parametrów oraz statystyczna ich obróbka.

Przykładem analizatora półautomatycznego jest system ISAO [3], w którym mikrokomputer rozbudowano o dodatkowy moduł umożliwiający sumowanie analogowego sygnału wizyjnego z cyfrowym sygnałem układu wyświetlania, tak aby na ekranie konsoli następowała synteza obrazu wizyjnego i graficznego. Użytkownik na tle obrazu za pomocą manipulatora kieruje kursorem wyświetlacza wskazując lub obrysowując obiekty. Mikrokomputer analizuje obiekty geometryczne określone przez ruch kursora i oblicza podstawowe parametry. Pomiary mogą być obciążone błędem wnoszonym przez drgania ręki w trakcie wyznaczania konturu. Powstaje wtedy nadmierna ilość wektorów tworzących kontur obiektu. Metodę redukcji ilości wektorów składowych konturu przedstawiono w [5]. Dokładne wzrokowe wyznaczenie konturu utrudnione jest małym rozmiarem piksela na ekranie. W pracy [10] przedstawiono wyniki pomiarów wykonanych za pomocą analizatorów półautomatycznych, z których jeden posiadał możliwość powiększania obrazu (rozmiaru

piksela) na ekranie. Pokazano, że funkcja taka pozwala na uzyskanie większej dokładności pomiaru. Przykładem takiego analizatora jest system opisany w [12].

Innym źródłem błędów może być „drganie” obrazu wizyjnego w trakcie sesji pomiarowej, gdy skaner umieszczony jest blisko analizatora na tym samym podłożu (stole laboratoryjnym). Tego rodzaju błędów można uniknąć przez rozszerzenie konstrukcji analizatora o przetwornik analogowo-cyfrowy i pamięć obrazu. Jednocześnie w systemie takim powstaje możliwość komputerowej analizy obrazów. Systemy takie nazywamy analizatorami automatycznymi.

Systemy automatyczne dokonują samodzielnego wydzielenia obiektów według przyjętego kryterium oraz wykonują pozostałe czynności obliczeniowe w celu wyznaczenia parametrów stereologicznych.



Rys. 1. Moduł pamięci obrazu

Fig. 1. Frame grabber module

Do automatycznej oceny obrazu wymagana jest odpowiednia konstrukcja sprzętowa analizatora. Podstawowym elementem jest moduł pamięci obrazu, którego strukturę przedstawiono na rys. 1.

Analogowy sygnał wizyjny ze skanera zostaje zamieniony na ciąg wartości cyfrowych (stopni jasności), które po przejściu przez układ LUT (Look-Up Table) zostają zapamiętane w kolejnych elementach dwubramowej pamięci obrazu i/lub po przejściu przez układy R-LUT, G-LUT, B-LUT i układ trzech przetworników cyfrowo-analogowych zostaną wyświetlone w kolejnych punktach wyświetlacza (monitora obrazowego). Układ selektora (Sel.) umożliwia wybór jednego z opisanych torów sygnałowych. Przez BUS oznaczono magistralę komputera. Układy LUT realizują następującą funkcję transformacji wartości jasności:

$$l(g, LUT) = k_g, \quad \text{gdzie } LUT = [k_1, \dots, k_g, \dots, k_n]. \quad (4)$$

Przez g, k_1, k_2, k_n oznaczono wartości jasności, a $[\]$ jest oznaczeniem wektora. LUT określa jeden z układów LUT.

Układy R-LUT, G-LUT i B-LUT umożliwiają uzyskanie w systemie sztucznych kolorów. Przy ośmiobitowych wartościach jasności sygnału monochromatycznego można uzyskać 2^{24} sztucznych kolorów.

Pamięć obrazu służy do przechowywania zdjęcia lub kilku zdjęć przekroju struktury. Przez obraz rozumiemy jedno pole widzenia urządzenia skanującego (jeden kadr).

W pamięci obrazu może być przechowywanych kilka lub kilkanaście kadrów. Wśród nich wyróżniamy kadry informacyjne oraz kadry pomocnicze dla procesu przetwarzania i oceny ilościowej. Przykładem takiego obrazu pomocniczego jest obraz referencyjny potrzebny do eliminacji nierównomiernego oświetlenia.

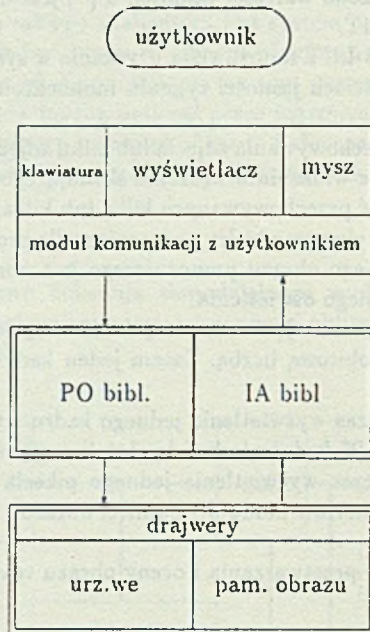
Standardowym rozmiarem kadru jest macierz pikseli o wymiarach $512 * 512$. Jasność piksela określana jest ośmiobitową liczbą. Zatem jeden kadr wymaga 0.25 Mb pamięci obrazu.

W systemie telewizyjnym czas wyświetlenia jednego kadru wynosi 40 ms. Częstotliwość wyświetlania wynosi zatem 25 kadrów/sekundę. Jeżeli przyjmiemy, że czas wyświetlania linii wynosi $512 \mu\text{sek}$, to czas wyświetlania jednego piksela wyniesie 100 nsek. Są to standardowe wartości parametrów modułów pamięci obrazu.

Opisane wcześniej etapy przetwarzania i oceny obrazu realizowane są przez następującą grupę operacji:

- operacje punktowe: arytmetyczne i logiczne operacje wykonywane na pikselach,
- operacje lokalne: operacje liniowe, np. operacja splotu; operacje nieliniowe, jak filtr medianowy, filtry wygładzające itp.
- operacje geometryczne: obrót, przesunięcie, skalowanie,
- operacje morfologiczne,
- operacje statystyczne: obliczanie histogramu, etykietowanie,
- operacje obliczeniowe: obliczenia podstawowych parametrów geometrycznych, współczynniki kształtu, operacje statystyki matematycznej,
- operacje bazy danych wyników pomiaru,
- operacje prezentacji wyników.

Operacja lokalna splotu (1) na sąsiedztwie $3 * 3$ pikseli wymaga wykonania ok. 4 milionów operacji punktowych. Operacje filtracji wykonywane są często kilkakrotnie w jednym etapie przetwarzania kadru. Do oceny ilościowej próbki w wielu przypadkach wymagane jest badanie kilku lub kilkunastu przekrojów, a przekrój oceniany jest przez analizę kilkunastu, lub kilkuset kadrów. Z tego względu w analizatorach obrazu wymagane są układy sprzętowe realizujące operacje przetwarzania. Rolę taką może pełnić układ LUT w realizacji operacji segmentacji przez progowanie.



Rys. 2. Struktura systemu przetwarzania obrazu
 Fig. 2. Structure of image processing system

Jeżeli zgodnie z (2) przyjmiemy w (4), że $k_1, k_2, \dots, k_{T-1} = B$, a $k_T, k_{T+1}, \dots, k_n = W$, to w pamięci obrazu zostaną zapisane tylko wartości B i W .

Jednak często wymagane jest stosowanie procesorów o dużej wydajności przetwarzania. W pracy [17] przedstawiono szereg modułów do przetwarzania obrazu, w których zastosowano procesory typu DSP, np. TMS34020 lub specjalizowane potokowe procesory sąsiedztwa. Moduły te mogą być wykorzystane w mikrokomputerach klasy IBM PC. Przykładem takiej karty jest Image LC /A/R/F/N, która posiada wbudowany procesor sąsiedztwa, procesor sygnału wizyjnego oraz procesor numeryczny. Innym rozwiązaniem może być wykorzystanie transputerów do przetwarzania obrazu. W tym przypadku korzystne jest zastosowanie układów specjalizowanych do efektywanego zarządzania pamięcią obrazu. Stosowanie dodatkowych procesorów obrazu umożliwia wykonanie podstawowej funkcji przetwarzania jednego kadru w czasie rzeczywistym, tzn. w ciągu 40 ms.

Strukturę programową systemu automatycznej analizy przedstawiono na rys. 2. Na najniższym poziomie znajdują się program obsługi układów wejściowych (przetwornik A-C, LUT) oraz program zarządzający pamięcią obrazów. Programy te komunikują się

z biblioteką PO procedur przetwarzania obrazu i biblioteką IA procedur ilościowej analizy. Moduł komunikacji umożliwi przyjmowanie i interpretowanie poleceń użytkownika systemu. Najczęściej stosuje się technikę makropoleceń. Umożliwia to przetwarzanie wsadowe sekwencji operacji przetwarzających i analizujących. W strukturze pominięto program zarządzający bazą danych wyników pomiarów oraz program raportów z sesji pomiarowej. Systemy automatycznej analizy obrazów przedstawiono w pracach [6], [7] i [8].

4. Podsumowanie

Analizatory obrazów pod względem stopnia wspomagania podzielone zostały na dwie klasy: półautomatyczne i automatyczne. W systemach półautomatycznych automatyzacją objęty jest proces obliczania parametrów ilościowych wskazanych ręcznie obiektów w obrazie. W systemach automatycznych ponadto samodzielnie wykrywane są obiekty w obrazie. Możliwe jest także wykonywanie programu pomiarowego na zasadzie wykonywania makropoleceń. Porównując oba typy systemów, można powiedzieć, że analizatory półautomatyczne cechuje prostota konstrukcyjna, co stanowi o niskim koszcie systemu oraz łatwość obsługi - nie wymagają zatem od użytkownika kwalifikacji w zakresie przetwarzania obrazów. Podstawową wadą systemu jest konieczność wykonywania wzrokowej (subiektywnej) oceny obrazu, co może wpływać na dokładność pomiarów. Systemy automatyczne pozwalają na obiektywizację wykonywanych pomiarów, jednak w przypadku mało kontrastowego obrazu wymagane jest często ręczne wyznaczenie lub korygowanie konturów obiektów na podstawie oceny wzrokowej.

W systemach ciągłej kontroli jakości wyrobów np. stopów metalicznych konieczne jest stosowanie wyłącznie analizatorów automatycznych ze względu na wymagania czasowe. Jednak w wielu przypadkach mniej krytycznych mogą być wykorzystywane analizatory półautomatyczne.

Wyniki porównania w sensie przydatności dwóch typów analizatorów dla badań metalograficznych przedstawiono w [4]. Dokładność pomiarów uzyskiwana metodą półautomatyczną mieściła się w klasie błędów analizatora automatycznego.

W przypadkach, gdzie nie wymagane jest częste skanowanie i szybkie przetwarzanie, system ilościowej analizy można opracować na bazie mikrokomputera IBM PC z kartą graficzną typu SVGA. Karta ta z wyjątkiem układu przetwornika A-C oraz układu LUT posiada takie same elementy jak przedstawiony na rys. 1 moduł pamięci obrazu. Stanowiska takie połączone z mikrokomputerem wyposażonym w moduły dodatkowe, jak skaner, pamięć obrazów i procesory przetwarzania obrazu (dla szybkiej realizacji filtracji i segmentacji) mogą tworzyć rozproszony system ilościowej oceny obrazów.

LITERATURA

- [1] M.Sugaj, A. Kanuma, K.Suzuki, M.Kubo. *VLSI Processor for Image Processing*. Proceedings of the IEEE, vol.75 no.9, 1987.
- [2] F.C.A. Groen et al. *Image processing with personal computers*. Signal Processing, vol.15 no.3, 1988.
- [3] M.Karaczyn, L.Luchowski, A.Mrózek, M.Porwol, W.Rebajn, R.Winiarczyk *Interaktywny system analizy obrazów mikroskopowych BIOLAR-VIDEO*. Archiwum Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, tom 1, z.1-4, 1989.
- [4] J.Wiederman, J.Komenda, M.Malec, J.Janiczek *BIOLAR-VIDEO. Półautomatyczny system analizy obrazu w badaniach metalograficznych*. Archiwum Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, tom 1 z.1-4, 1989.
- [5] K.Dziambor *Metoda obliczania parametrów geometrycznych figur w systemach wizyjnych*. Podstawy Sterowania, z.3-4, 1987.
- [6] L.Luchowski *System analizy obrazów ASTER - metoda symulacji stopni szarości na urządzeniach graficznych*. Materiały II wiosennej szkoły PTI, 1990.
- [7] „IBAS 2000 - Reference Manual” - dokumentacja systemu analizy obrazów firmy KONTRON, 1986.
- [8] J.Gocłowski, A.Materka i inni *Mikrokomputerowy system do przetwarzania obrazów medycznych dla komputerów IBM PC*. Archiwum Informatyki Teoretycznej i Stosowanej, tom 1, z 1-4, 1989.
- [9] A.Materka, P.Strumillo *Wybrane problemy pomiaru pola powierzchni figur płaskich w systemach cyfrowej analizy obrazów*. Archiwum Informatyki Teoretycznej i Stosowanej tom 1, z 1-4.
- [10] D.N. Davis, F.Mackay *Reliability of cephalometric analysis using manual and interactive computer methods*. British Journal of Orthodontics, vol.18 no.2, 1991.
- [11] M.Pawelczyk, A.Pisulska-Otremba, L.Luchowski *Porównanie metody półautomatycznej i automatycznej komputerowej analizy teloradiogramów w zastosowaniu do pomiaru powierzchni nosogardła u dzieci z rozszczepami podniebienia*. Ogólnopolska konferencja naukowa radiologii stomatologicznej szczękowo-twarzowej, Opole, 1991.
- [12] A.Michalik, A.Pisulska-Otremba, R.Sadłowski *Komputerowa metoda pomiarów teloradiogramów głowy dzieci z rozszczepami podniebienia pierwotnego i wtórnego w projekcji bocznej*. Ogólnopolska konferencja naukowa radiologii stomatologicznej szczękowo-twarzowej, Opole, 1991.
- [13] M.Pluta *Mikroskopia optyczna* PWN, Warszawa 1982.
- [14] J.Ryś *Metalografia Ilościowa*. AGH, skrypty uczelniane, 1983.

- [15] K.S. Lin, G.A. Frantz, R. Simar *The TMS320 family of digital signal processor*. Proceedings of the IEEE, vol.75, no.9, 1987.
- [16] T. Pavlidis *Grafika i przetwarzanie obrazów*. WNT, 1987.
- [17] J.D. Mosley *Image processing boards*. EDN, 19, 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław Kozielski

Wpłynęło do Redakcji dnia 31.08.92

Abstract

Image analysers were divided into two classes: semiautomatic and automatic, depending on the level of measurement support they provide. Semiautomatic systems automatically compute the quantitative parameters of objects indicated manually in the picture. Automatic systems also locate the objects without direct user intervention. Moreover, they can be programmed (by means of macrocommands) to perform a user-defined sequence of measurement functions.

Comparing the two classes it can be seen that semiautomatic analysers are characterized by a simple structure (and therefore low cost) and easy operation, which allows them to be used by people without any special training in image processing. The main drawback of semiautomatic systems is the fact that the image has to be viewed and interpreted subjectively by the user, which can influence measurement precision.

Automatic analysers allow measurements to be done objectively, but in the case of low contrast images it is often necessary to trace or correct image contours manually, relying on the user's visual interpretation of the image.

In continuously operating quality control systems (e.g. metal alloy quality control) time constraints require that automatic analysers be used. In numerous less time-critical applications, however, semiautomatic analysers can be used.

A more detailed comparison of the two classes with respect to their relevance in metallographic research was given in [4]. The measurement precision of a semiautomatic analyser was found to be within the error margin of an automatic one.

In applications where frequent scanning and fast processing are not required, a quantitative analyser can be implemented using an IBM PC with an SVGA graphics card. This card contains all the features of the image memory module shown in fig. 1 except the A/D converter and Look-Up Tables. Several such workstations, connected to a microcomputer fitted with special modules like a scanner, image memory and fast image processors for filtering and segmentation, can compose a distributed quantitative image evaluation system.