Jerzy IIINATOWICZ

Instytut Elektroniki Politechnika Śląska

BŁĘDY KONWERSJI RADIOGRAMÓW WIELKOFORMATOWYCH DO POSTACI OBRAZÓW CYFROWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono i omówiono wyniki pomiarów znieksztalceń powstających podczas digitalizacji obrazów negatywowych. Wykorzystując kalibrowany wzorzec gęstości optycznych określono ograniczenia zakresu gęstości optycznych obrazu analogowego odwzorowywanych jednoznacznie w wartości pikseli obrazu cyfrowego.

THE ERRORS OF CONVERSION PROCESS OF LARGE FORMAT RADIOGRAPHIC IMAGES INTO DIGITAL IMAGES

Summary. In the paper the results of measurements the optical density distortions occuring in the digitization process of negatives are presented. Using the optical density strip test as the reference the limits of optical density range of analog image which might be coded as the unique set of pixels are discussed.

FEHLER IN KONVERSION DER GROSSFORMATRADIOGRAMME ZU DIGITALBILDER

Zusammenfassung. A/D Konversionprozess der Bilder kann wesentliche Deformation in Werte der optischen Dichte hineinbringen. Möglichkeit der Ausführung eventueller Korrektion eines Digitalbidles ist von der Kenntnis einer Charakteristik der Abbildung der optischen Dichte zu pixel Werte abhängig. Messung dieser Charakteristik mit genau kalibriertem und mit breitem Bereich Muster der optischen Dichte, bei Ausnützung eines Hoch-Qualität Bildanalyse System IBAS und in verschiedenen Scanning-Bedingungen ermöglicht Bestimmung Regressionkoeffizienten einer Exponentfunktion, welche Konversionprozess charakterisiert. Oberbereich der optischen Dichte der digitalizierten Bilder ist praktisch begrenzt zum Wert D < 2.20. Genaue Abbildung der optischen Dichte während Digitalisierung der Bilder ist schwierig und praktisch schließt die Anwendung der populären Frame-Grabbers in densitometrischer Analyse mit Digitalbildermethoden aus.

Slowa kluczowe

konwersja A/C obrazów, blędy konwersji, obrazy negatywowe, radiogramy, gęstość optyczna, skanery, cyfrowy analizator obrazów

Key words

A/D conversion of images, conversion errors, negative images, radiographic images, optical density, scanners, digital image analyser.

1. Wprowadzenie

Znaczący postęp w rozwoju technologii układów elektronicznych stosowanych w popularnych mikrokomputerach klasy IBM PC 386/486 lub Macintosh spowodowal w ciągu kilku ubiegłych lat (1990-93) wzrost zainteresowania systemami edycji i przetwarzania obrazów. Zainteresowanie to zostalo spowodowane glównie dużym zapotrzebowaniem rynku poligraficznego na szybkie opracowywanie materiałów ilustracyjnych o coraz bardziej złożonej treści (ilustracje książkowe, okładki, foldery i etykiety reklamowe, plakaty etc.). W większości tych przypadków obraz wynikowy - będący mniej lub bardziej skomplikowanym rysunkiem - jest kreowany sztucznie za pomocą różnych pakietów grafiki komputerowej (DrawPerfect, CorelDraw, Photoshop etc.) [1].

W sytuacji gdy do utworzonego rysunku zdefiniowanego za pomocą grafiki wektorowej należy włączyć obraz sceny rzeczywistej, proces tworzenia obrazu wynikowego zostaje zwykle rozszerzony o etap prostej konwersji informacji z maloformatowego zdjęcia fotograficznego do postaci cyfrowego obrazu rastrowego, który stanowi zmodyfikowane tlo dla opracowanego wcześniej rysunku wektorowego [2].

Proces przekształcenia informacji obrazowej ze zdjęcia fotograficznego do postaci cyfrowej jest określany mianem digitalizacji obrazu. Digitalizacji dokonuje się za pomocą tzw. skanerów (ręcznych lub stacjonarnych), przy czym głównymi ograniczeniami w procesie skanowania są niewielki maksymalny rozmiar obszaru skanowania, w większości przypadków nie przekraczający formatu A4 (210 x 297 mm) oraz trudności w dokładnym dopasowaniu do siebie poszczególnych fragmentów digitalizowanego "na raty" obrazu. Z uwagi na wymienione powyżej oraz inne trudne do

Blędy konwersji radiogramów ...

uniknięcia zniekształcenia powstające w procesie digitalizacji (na przykład zniekształcenia barw), uzyskany obraz rastrowy musi być poddany dodatkowemu przetworzeniu sprowadzającemu się najczęściej do takiego zamierzonego zniekształcenia obrazu, aby poprawić jego - subiektywnie odbierane - walory artystyczne i estetyczne [3].

Uzyskany rezultat końcowy (np. ilustracja typu "collage") zapisany zwykle w postaci tzw. mapy bitowej (to jest w postaci zbioru, którego kolejne bajty lub trójki bajtów odpowiadają poszczególnym pikselom obrazu) jest następnie przesyłany standardowym zlączem (RS 232C) do naświetlarki laserowej, w której następuje proces kalibrowanego wyświetlania kolejnych pikseli przesłanego obrazu i rejestracja wytworzonego obrazu świetlnego na błonie fotograficznej wykorzystywanej dalej bezpośrednio w procesie drukarskim [1,4].

Duża łatwość operowania informacją obrazową w postaci cyfrowej i wynikające stąd istotne zalety praktyczne przedstawionych powyżej systemów edycyjnych spowodowały powstanie szeregu nieporozumień co do niezbędnych wymagań sprzętowych oraz możliwości i ograniczeń cyfrowego przetwarzania obrazów innej klasy, na przykład obrazów mikroskopowych czy obrazów rentgenowskich [5].

Najczęściej obserwowanym blędem jest traktowanie takich obrazów identycznie z obrazami będącymi produktem pakietów grafiki komputerowej, to znaczy traktowanie obrazów wyłącznie w kategoriach jakościowych, z calkowitym pominięciem dbalości o zachowanie wiernych stosunków między wartościami parametrów ilościowych charakteryzujących obrazy oryginalne. Jak się wydaje jedyny, powszechnie uznany za rzecz oczywistą, wyjątek stanowią zadania związane z tworzeniem reprodukcji dzieł malarstwa, gdzie każde znieksztalcenie barwy decyduje o ocenie jakości rezultatu końcowego [6,7].

Z wieloletnich obserwacji autora wynika, że w znakomitej większości przypadków zagadnienie wykorzystania metod przetwarzania cyfrowego obrazów rzeczywistych traktuje się w sposób nader uproszczony, przyjmując że po dokonaniu prostej (najczęściej jednorazowej) digitalizacji obrazu za pomocą wspólpracującej z mikrokomputerem karty tzw. frame-grabbera wartości pikseli uzyskiwanego obrazu cyfrowego stanowią dokładne odwzorowanie obrazu świetlnego. Dalsza obróbka cyfrowa, polegająca najczęściej na skalowaniu i wybranej filtracji splotowej prowadzi zwykle do uzyskania obrazu wynikowego "o poprawionym wyglądzie", rejestrowanym fotograficznie przy wykorzystaniu naświetlarki. Wielkość i rodzaje błędów powstałych w procesie konwersji (A/C i C/A) oraz dalszego przetwarzania z reguły nie zostają nawet oszacowane i zakłada się po prostu, że o ile zastosowany przetwornik A/C bazuje na układzie 8-bitowym, to problem błędów przetwarzania można praktycznie zaniedbać [8].

Niniejsza praca, będąca pierwszą z trzech części cyklu publikacji, stanowi próbę analizy podstawowych znieksztalceń powstających w procesie digitalizacji wielkoformatowych obrazów fotograficznych (radiogramów medycznych) zarejestrowanych na błonach negatywowych [9]. Dwie kolejne części dotyczą analizy możliwości i istniejących ograniczeń w procesie wiernej reprodukcji tych obrazów przy wykorzystaniu profesjonalnego analizatora cyfrowego.

2. Cel pracy

Podstawowym celem niniejszej pracy jest przedstawienie i omówienie wyników pomiarów charakterystyk konwersji wzorca gęstości optycznych do postaci obrazów cyfrowych w różnych warunkach pracy skanera wielkoformatowego. Przez charakterystykę konwersji rozumie się przy tym rodzaj i zakres jednoznacznego odwzorowania rzeczywistych wartości gęstości optycznych obrazu negatywowego na wartości liczbowe pikseli obrazu cyfrowego.

3. Materiał

Materiałem wykorzystywanym w doświadczeniach opisanych w dalszej części niniejszej pracy był 21-stopniowy, kalibrowany negatywowy wzorzec gęstości optycznych firmy Victoreen (USA) typu 07-460 nr seryjny 90-E-1 o prawie dokładnie liniowo zmieniających się wartościach gęstości optycznych w zakresie od 0,05 [D] do 2,98 [4,10]. Dokładne wartości gęstości optycznych podano w poniższej tablicy 1.

Tablica 1

nr pola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
nr stopnia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
gęstość optyczna [D]	0,05	0.19	0.35	0.49	0.64	0.79	0.94	1.09	1.24	1.39	1.55

Charakterystyka wzorca gęstości optycznych wykorzystanego w doświadczeniu

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	21
1.70	1.84	1.98	2.11	2.27	2.43	2.57	2.72	2.86	2.98	2.98	2.98

4. Układ pomiarowy i metoda pomiaru

Wzorzec gęstości optycznych typu Victoreen 07-460 (o wymiarach ca. 233 x 34 [mm]) podświetlony białym światlem (11.500 [lx]; pomiar za pomocą luksomierza typu L-02 firmy Sonopan (Polska)) lamp fluoroscencyjnych z filtrem z mlecznego szkla organicznego poddawano konwersji do postaci obrazu cyfrowego za pomocą skanera typu DXC-3000 PK firmy Sony (Japonia) wyposażonego w przetwornik CCD

(interline-transfer CCD (500x582 elementów) sprzężonego poprzez sterownik CCU-M3P/M3PM firmy Sony (Japonia) z cyfrowym analizatorem obrazów typu IBAS firmy Kontron Elektronik (RFN).

Obraz wzorca gęstości optycznych umieszczonego na opisanym powyżej "stoliku świetlnym" o rozmiarach 150 x 380 [mm], w odległości 1.15 [m] od przetwornika CCD (co odpowiadało oświetleniu 125 [lx] przez tło wzorca gęstości optycznych) był poddawany digitalizacji w warunkach różnych nastaw sterownika CCU-M3P/M3PM.

W kolejnych seriach pomiarowych zmieniano następujące parametry procesu digitalizacji obrazu:

- wartości temperatury barwy filtrów nakładanych na przetwornik CCD (3200 [°K] lub 5600 [⁰K];
- balans poziomów sygnału z przetwornika CCD odnoszony był do barwy 3200 [°K] (tryb 3200: kalibracja poziomu czerni) lub do rzeczywistej temperatury barwy światla podświetlającego wzorzec gęstości optycznych (tryb Auto: kalibracja poziomu czerni i poziomu bieli);
- dobór oświetlenia przetwornika CCD dokonywany był bądź w procesie regulacji ręcznej w taki sposób, aby liczba pikseli obrazu cyfrowego o wartości maksymalnej (równej 255) stanowiła nie więcej niż 30% liczby pikseli obrazu pierwszego pola wzorca gęstości optycznej, bądź w procesie regulacji automatycznej (zerowa liczba pikseli obrazu cyfrowego o wartości 255). W każdym z przypadków stosowano obiektyw typu VCL-1012BY firmy Fujinon (Japonia) ze stałą wartością nastawy odleglości ogniskowej f z zakresu 25÷30 [mm].

W każdej z serii pomiarowych dokonywano 256-krotnej digitalizacji obrazu wzorca i po uśrednieniu wyników uzyskany obraz cyfrowy zapamiętywano w postaci mapy bitowej. Z uwagi na fakt, że poszczególne pola zastosowanego wzorca mają stosunkowo duże rozmiary (około 34,0 x 9,5 [mm]), a pomiary dotyczyły wartości gęstości optycznych, w celu przyspieszenia procesu akwizycji danych zredukowano standardowy dla zastosowanego analizatora format obrazów cyfrowych z 1024 x 1024 na 256 x 256 pikseli jednobajtowych.

Wszystkie dalsze pomiary i charakterystyki wyznaczano na podstawie danych cyfrowych. Dokumentację fotograficzną obrazów wynikowych sporządzono metodą termosublimacji za pomocą rejestratora typu CP100E firmy Mitsubishi (Japonia).

Spc. 1. Polotagnita automatogo obrasa cyllowego oz 3 (opri w telate Etc. 1. The phatography of the digital image no. 3 (not text).

5. Pomiary i analiza wyników

W trakcie doświadczenia zarejestrowano (w sposób opisany w punkcie 4) osiem obrazów cyfrowych wzorca gęstości optycznych. Zestawienie zbiorcze zawarto w poniższej tablicy 2.

Tablica 2

Zestawienie warunków cyfrowej rejestracji obrazów wzorca gęstości optycznych wykorzystanego w doświadczeniu

KALIBRACJA	3200 [°K]	3200 [°K]	Auto	Auto
BALANS	Black	Black	Black & White	Black & White
FILTR	3200 [°K]	5600 [°K]	3200 [°K]	5600 [°K]
PRZESŁONA	Auto (8/11)	Auto (5.6/8)	Auto (8)	Auto (5.6)
NUMER OBRAZU	1	2	5	6

KALIBRFACJA	3200 [°K]	3200 [°K]	Auto	Auto
BALANS	Black	Black	Black & White	Black & White
FILTR	3200 [°K]	5600 [°K]	3200 [°K]	5600 [°K]
PRZESŁONA	Manual (8)	Manual (5,6/8)	Manual (8)	Manual (5,6/8)
NUMER OBRAZU	3	4	7	8



Ryc. 1. Fototografia zarejestrowanego obrazu cyfrowego nr 3 (opis w tekście) Fig. 1. The photography of the digital image no. 3 (see text)

Fotografie dwóch z zarejestrowanych w tych warunkach obrazów (obrazu numer 3 oraz obrazu numer 6) przedstawiają ryciny 1 oraz 2. Obserwacja wizulana tych obrazów wskazuje na ich bardzo duże wzajemne podobieństwo, mimo znacznie różniących się warunków rejestracji. Widać również, że w zakresie większych wartości gęstości optycznych (numery pól wzorca 8 i dalsze) poszczególne stopnie wzorca są bardzo słabo rozróżnialne. Oczywiście fakt ten może stanowić jedynie bardzo subiektywne kryterium doboru warunków digitalizacji obrazu, zupelnie nieistotne jeśli posługiwać się miarą obiektywną, jaką będą stanowiły numeryczne wartości pikseli obrazu cyfrowego. Należy bowiem podkreślić, że celem digitalizacji rozpatrywanej w niniejszej pracy jest dokładne odwzorowanie wartości gęstości optycznych wzorca w wartości pikseli obrazu cyfrowego. Problem tworzenia reprodukcji typu "hard-copy" obrazów cyfrowych wymaga natomiast osobnej analizy, zatem będzie przedmiotem oddzielnej pracy.



Ryc. 2. Fotografia zarejestrowanego obrazu cyfrowego nr 6 (opis w tekście) Fig. 2. The photography of the digital image no. 6 (see text)

W celu sprawdzenia, czy wybrane w procesie digitalizacji nastawy umożliwiły wykorzystanie całego zakresu wartości (0÷255) pikseli w zastosowanym analizatorze IBAS, w każdym z 8 zarejestrowanych obrazów wyznaczono minimalne i maksymalne wartości pikseli tworzących obraz cyfrowy. Uzyskane rezultaty pomiarów, potwierdzające poprawny dobór parametrów konwersji są zebrane w tablicy 3.

Tablica 3

NR OBRAZU	1	2	3	4	5	6	7	8
wartość min.	1	1	1	1	1	1	1	1
wartość max.	255	252	255	254	255	255	255	255

Minimalne i maksymalne wartości pikseli uzyskanych obrazów cyfrowych

Zauważmy, że praktycznie w każdym z przypadków piksele obrazów cyfrowych uzyskanych w różnych warunkach "obsadzają" pełną 8-bitową skalę szarości. Występujące różnice będą zatem dotyczyły kształtu funkcji odwzorowującej wartości gęstości optycznych w wartości pikseli, gdyż w każdym z przypadków zakres wejściowy (0.05 [D]+2,98 [D]) oraz wyjściowy (1+255) są takie same. Występujące różnice (± 3) rzędu 1% zakresu można uznać za pomijalnie male [4].

Pomiar charakterystyki "przenoszenia" wartości gęstości optycznych wzorca w wartości pikseli obrazu cyfrowego został przeprowadzony z wykorzystaniem tzw. analizy profilu linii [8], czyli analizy wartości pikseli zadanej drogi po macierzy obrazu cyfrowego. Wyniki pomiarów w ustalonych punktach dobrano tak, by znajdowały się w środku obrazu każdego pola wzorca zamieszczonego w tablicy 4. Dodatkowo, w celu określenia odpowiednika cyfrowego zerowej wartości gęstości optycznej (0.00 [D]), analizowano również wartości pikseli należących do tła obrazu.

Zebrane w tablicy 4 wyniki wskazują na bardzo dużą nieliniowość procesu konwersji. Różnice wartości pikseli (ca. 30) dla obrazów początkowych pól wzorca szybko maleją i już dla pola 15 spadają do wartości 1÷2. W efekcie obrazy pól o numerach powyżej 16 (co odpowiada wartości 2.27 [D]) przestają być praktycznie rozróżnialne. Określa to jednocześnie górną granicę wartości gęstości optycznych obrazów przeznaczonych do konwersji cyfrowej w zastosowanym torze A/C (i to zestawio z elementów wyjątkowo dobrej klasy!). Wynika stąd jasno, że w typowej konfiguracji frame-grabbera sprzężonego z mikrokomputerem możliwości poprawnej konwersji będą jeszcze bardziej ograniczone.

Pobieżna analiza wyników zebranych w tablicy 4 sugeruje wykładniczy charakter poszukiwanej funkcji odwzorowania wartości gęstości optycznych w wartości pikseli obraz cyfrowego. W celu oszacowania analitycznej postaci tych funkcji przeprowadzono analizę regresji [11] dla dwóch przyjętych arbitralnie postaci funkcji $F_1(D)$ oraz $F_2(D)$:

$$F_1(D) = \alpha_i * 10^{(\beta_i * D)}$$
(1)

$$F_{2}(D) = A_{i} * exp^{(B_{i} * D)}$$

gdzie poszczególne symbole oznaczają:

D	-	wartości gęstości optycznych wzorca;
i	-	numer obrazu cyfrowego (numer sposobu konwersji A/C);
$\alpha_i, \beta_i, A_i, B_i$	-	współczynniki regresji dla i-tego obrazu cyfrowego;
$F_1(D), F_2(D)$	-	wartości pikseli obrazu cyfrowego.

Tablica 4

Numer stopnia wzorca gesto- ści optycz	Wspó (x _o piksela cyfro	Współrzędne (x _o , y _o) piksela obrazu cyfrowego		WARTOŚCI PIKSELI P OBRAZÓW CYFROWYCH ość WSPÓŁRZĘDNYCH (X ₀ , Y ₀) orca								
optycz -nych	a tylk			NUMERY OBRAZÓW CYFROWYCH WZORCA								
	x _o	y _o	[D]	1	2	3	4	5	6	7	8	
TIO	3	130	0.00	231	226	250	229	235	233	245	219	
1	12	130	0.05	226	219	243	223	229	224	239	212	
2	22	130	0.19	192	131	149	135	138	135	145	127	
3	32	130	0.35	159	158	176	162	164	161	171	153	
4	42	130	0.49	129	131	149	135	138	135	145	127	
5	52	130	0.64	107	105	120	109	111	108	118	102	
6	64	130	0.79	89	86	98	88	91	88	96	83	
7	74	130	0.94	72	68	82	71	74	70	79	65	
8	84	130	1.09	53	50	62	53	55	52	60	48	
9	94	130	1.24	41	39	50	40	44	41	47	37	
10	104	130	1.39	33	31	37	30	34	32	37	28	
11	116	130	1.55	25	23	30	24	26	24	29	22	
12	126	130	1.70	21	18	24	19	22	19	24	17	
13	136	130	1.84	17	15	20	15	17	15	19	14	
14	146	130	1.98	14	13	17	13	14	13	17	12	

Wartości pikseli P(x₀, y₀) uzyskanych obrazów cyfrowych odpowiadające wzorcowym wartościom gęstości optycznych

13

(2)

J. Ihnatowicz

cd. tablicy 4

										_	
15	156	130	2.11	12	10	14	10	12	10	14	10
16	168	130	2.27	11	9	13	9	11	9	12	9
17	178	130	2.43	9	8	11	8	9	8	11	7
18	188	130	2.57	10	8	10	7	10	8	11	8
19	198	130	2.72	9	8	11	8	9	8	10	7
20	208	130	2.86	8	6	9	7	9	7	9	7
21	220	130	2.98	9	7	10	7	9	8	10	7
21	230	130	2.98	9	7	12	9	11	9	12	9
21	240	130	2.98	11	8	12	9	11	10	12	9

W rezultacie przeprowadzonych obliczeń numerycznych uzyskano wartości współczynników regresji, wartości sumy kwadratów blędów (δ) oraz średnie wartości blędów (ϵ). Wyniki obliczeń są przedstawione w tablicy 5. Z uwagi na wykladniczy charakter funkcji $F_1(D)$ oraz $F_2(D)$, z powodów oczywistych (wartość funkcji $\log_e(0) = -\infty$) przyjęto niezerową wartość gęstości optycznej tla jako równą 0.01 [D].

Tablica 5

Numer	Wartości	współczynnikć	w regresji	Wartoś	ci blędów
obrazu	$\alpha_i = A_i$	βi	B _i	$\delta = \sum (d^{2})$	$\varepsilon = \sqrt{(\delta / n)}$
1	201.98	- 0.507	- 1.168	4594.4	13.84
2	206.89	- 0.545	- 1.254	3175	11.50
3	224.46	- 0.499	- 1.148	4288.1	13.35
4	208	- 0.539	- 1.241	3820.6	12.62
5	206.73	- 0.505	- 1.162	4740.5	14.05
6	206.07	- 0.530	- 1.221	4338.0	13.44
7	217.85	- 0.495	- 1.141	4505.7	13.70
8	192.95	- 0.531	- 1.222	4426.9	13.59

Wartości wspólczynników regresji uzyskane dla poszczególnych obrazów cyfrowych

Ponieważ obie przyjęte postaci funkcji są ze sobą ściśle związane ($\beta_i = B_i/\log_e 10$), wartości błędów regresji ε są dla obu funkcji takie same i wynoszą okolo 13 [poziomów jasności]. Ponieważ jednak wartości analizowanych pikseli P tworzących rozpatrywane obrazy cyfrowe mają bardzo różne wartości (od 6 do 250), to istotnym dla oceny przydatności funkcji F₁(D) i F₂(D) stają się rozkłady wartości tych błędów odniesione do poszczególnych gęstości optycznych wzorca. Rozkłady takie zamieszczono w kolejnych tablicach: tablica 6 zawiera wartości błędów bezwzględnych, tablica 7 - wartości błędów względnych $\varepsilon = \sqrt{(\delta/n)}$, n = 24.

Za wartości blędów bezwzględnych d przyjęto różnice między wartościami pikseli $P(x_0, y_0)$ i wartościami funkcji $F_1(D)$ dla poszczególnych wartości D. Wymiarem d są wartości różnic poziomów jasności pikseli obrazów cyfrowych. Blędy względne Δ stanowią wartości d odniesione do wartości pikseli $P(x_0, y_0)$ i są wyrażone w [%].

Na podstawie wyników zamieszczonych w tablicach 6 i 7 można stwierdzić występowanie dużych rozbieżności między rzeczywistymi wartościami pikseli i wartościami funkcji $F_1(D)$ i $F_2(D)$ opisującymi przecież typowe charakterystyki przetworników fotoelektrycznych [12] o współczynniku skuteczności świetlnej γ (w naszym przypadku $\gamma = \beta_i$). Dowodzi to, że w użytym do pomiarów skanerze wartość współczynnika γ jest zmienna i zależy od oświetlenia.

Przeprowadzona dotąd analiza dotyczy jednak tylko określonych punktów (x_0, y_0) profilu linii i uzyskane rezultaty będa obowiązywały dla innych profili linii obrazu wzorca tylko wówczas, jeśli cyfrowe obrazy poszczególnych pól wzorca gęstości optycznych będą reprezentowane przez te same wartości pikseli. Założenie takie jest jednak praktycznie nierealne, gdyż nieuniknione różnice w oświetleniu i szumy występujące w procesie konwersji (A/C) nakladające się na obraz spowodują, że wartości pikseli reprezentujace sąsiednie pola obicktu będą różniły się między sobą, choć ich wartości będą układały się wokól pewnej wartości średniej. Miarę rozrzutu wartości pikseli obrazu cyfrowego stopni wzorca mogą więc stanowić niektóre parametry histogramu tego obrazu. Rzecz jasna, chodzi tu o histogram częstości występowania wartości pikseli tworzących analizowany obraz cyfrowy.

Jakkolwiek w omawianym doświadczeniu zadbano o zmniejszenie wpływu szumów i drżeń skanera na tworzony obraz cyfrowy przez 256-krotną digitalizaję każdego obrazu i uśrednienie wyników, to analiza histogramu utworzonych obrazów cyfrowych może wnieść również dodatkowe informacje co do przydatności uzyskanych na podstawie analizy profilu linii wyników. W trakcie doświadczenia wyznaczono po dwa histogramy dla każdego z zarejestrowanych obrazów. Pierwszy histogram dotyczył wycinka obrazu obejmującego obraz wzorca i fragment tla, drugi histogram dotyczył wycinka obrazu obejmującego tylko obraz wzorca. Polożenie lewego górnego rogu ramek pomiarowych (x0, y0) i ich rozmiary (WDSX * WDSY) były przy tym następujące:

Ramka 1:x0 = 2y0 = 118WDSX = 250WDSY = 20Ramka 2:x0 = 8y0 = 116WDSX = 212WDSY = 26

Tablica 6

Numer stopnia	WART	rości bł	LĘDÓW	BEZWZO	GLĘDNY	CH d = F	P(x ₀ ,y ₀) -	F1(D)
wzorca gęstości	12 minute	NUME	RY OBR	AZÓW C	YFROW	YCH WZ	ORCA	(Dynami)
optycznych	1	2	3	4	5	6	7	8
TŁO	31.4	21.7	28.1	22.7	30.7	29.4	29.6	28.6
1	35.5	24.7	31.1	26.7	33.9	30.1	33.2	30.7
2	30.2	25.0	27.5	28.0	29.1	27.6	28.6	29.2
3	24.8	24.6	25.8	26.7	26.3	26.6	24.9	27.3
4	15.0	19.1	21.1	21.3	21.0	21.7	20.4	21.1
5	11.3	12.3	12.3	14.6	12.7	13.7	13.0	13,8
6	8.7	9.2	7.4	9.6	8.4	9.5	7.5	9.6
7	4.6	4.4	5.7	5.9	4.6	4.6	4.5	3.9
8	-3.6	-2.7	-2.2	-1.0	-3.3	-2.5	-2.8	-2.9
9	-6.5	-4.7	-4.1	-4.9	-4.9	-4.3	-5.9	-5.4
10	-6.9	-5.2	-8.5	-7.2	-7.1	-5.8	-7.6	-7.3
11	-8.1	-6.6	-7.9	-6.5	-8.1	-7.1	-8.2	-7.0
12	-6.8	-6.5	-7.9	-6.4	-6.7	-6.9	-7.3	-7.2
13	-6.6	-5.6	-7.2	-6.3	-7.4	-6.8	-7.7	-6.4
14	-6.0	-4.3	-6.1	-4.9	-6.7	-5.4	-5.8	-5.2
15	-5.2	-4.7	-5.9	-5.2	-5.8	-5.7	-5.6	-4.6
16	-3.3	-3.0	-3.6	-3.5	-3.8	-3.9	-4.3	-3.0
17	-2.8	-1.8	-2.8	-2.2	-3.3	-2.6	-2.6	-2.9
18	-0.1	-0.2	-1.7	-1.6	-0.4	-0.9	-0.6	-0.3
19	-0.6	1.2	1.1	0.8	0.2	0.6	0.2	0.1
20	0.8	0.3	0.6	1.0	1.5	0.7	0.7	1.1
21	2.8	2.1	2.7	1.8	2.5	2.6	2.7	1.9
21	2.8	2.1	4.7	3.8	4.5	3.6	4.7	3.9
21	4.8	3.1	4.7	3.8	4.5	4.6	4.7	3.9

Wartości błędów bezwzględnych d między wartościami pikseli P(x₀,y₀) i wartościami funkcji F1(D) i F2(D) dla poszczególnych stopni wzorca gęstości optycznych

Tablica 7

Numer stopnia	WAR	TOŚCI E	ŁĘDÓW	WZGLĘ	DNYCH	$\Delta = d/P($	xo,yo)*1()0[%]
wzorca gęstości		NUME	RY OBR	AZÓW C	YFROW	YCH WZ	ZORCA	
optycznych	1	2	3	4	5	6	7	8
TŁO	13.6	9.6	11.2	9.9	13.0	12.6	12.1	13.1
1	15.7	11.3	12.8	12.0	14.8	13.5	13.9	14.5
2	15.7	13.3	13.2	14.5	15.0	14.4	14.0	16.0
3	15.6	15.6	14.7	16.5	16.1	16.5	14.5	17.9
4	11.6	14.6	14.2	15.8	15.2	16.1	14.1	16.6
5	10.6	11.7	10.3	13.4	11.5	12.7	11.0	13.5
6	9.8	10.7	7.5	10.9	9.3	10.7	7.9	11.5
7	6.4	6.4	7.0	8.3	6.3	6.6	5.6	6.0
8	-6.7	-5.4	-3.6	-1.9	-5.9	-4.7	-4.7	-6.0
9	-15.8	-12.0	-8.1	-12.1	-11.2	-10.6	-12.6	-14.5
10	-20.8	-16.7	-23.0	-24.1	20.9	-18.0	-20.6	-26.0
11	-23.3	-28.7	-26.3	-27.2	-31.3	-29.4	-28.2	-31.9
12	-32.2	-36.3	-32.9	-33.4	-30.4	-36.1	-30.5	-42.1
13	-38.6	-37.2	-35.8	-42.1	-43.4	-45.3	-40.5	-45.4
14	-43.0	-32.8	-36.0	-37.8	-48.0	-41.3	-33.9	-43.0
15	-43.3	-46.7	-42.3	-52.4	-48.4	-56.8	-40.2	-46.4
16	-29.7	-33.3	-27.5	-38.9	-34.4	-43.3	-36.2	-33.7
17	-31.5	-22.7	-25.4	-28.1	-36.4	-32.6	-23.8	-41.4
18	-0.5	-3.0	-17.5	-23.1	-4.4	-11.7	-5.5	-4.3
19	6.3	14.7	10.1	10.6	2.6	7.0	2.2	0.8
20	10.5	4.6	6.4	14.1	17.2	10.4	7.3	16.4
21	30.8	29.6	26.6	26.0	28.0	32.3	27.3	27.8
21	30.8	29.6	38.9	42.4	41.1	39.8	39.4	43.8
21	43.4	38.4	38.9	42.4	41.1	45.8	39.4	43.8

Wartości błędów względnych $\Delta = d/P(x_0, y_0) * 100 [\%]$ między wartościami pikseli $P(x_0, y_0)$ i wartościami funkcji $F_1(D)$ i $F_2(D)$ dla poszczególnych stopni wzorca gęstości optycznych

Wyniki analizy histogramów dla obiektów znajdujących się wewnątrz ramek pomiarowych zamieszczono w poniższych tablicach 8 i 9. Tablica 8 dotyczy wzorca i tła, tablica 9 - tylko wzorca.

Tablica 8

Wyznaczone parametry		NUMER	Y OBR	zów c	YFROV	VYCH W	ZORCA	
histogramu	1	2	3	4	5	6	7	8
Wartość średnia	61.34	58.94	68.08	60.59	62.99	60.57	66.64	57.09
Odchylenie standardowe	70.58	70.07	76.12	71.34	72.11	71.37	75.01	67.97
Skośność	1.274	1.270	1.229	1.259	1.269	1.273	1.246	1.291
Eksces	0.281	0.248	0.148	0.222	0.273	0.276	0.202	0.320
Wartość minimalna	1	1	1	1	1	1	1	1
Wartość mediany	21	19	25	20	22	20	24	18
Wartość maksymalna	249	242	255	244	254	251	255	244
Częstość maksymalna	619	589	527	649	562	676	530	639
Wartość piksela	9	8	11	8	10	8	10	8
Częstość minimalna	1	1	1	1	1	1	1	1
Wartość piksela	245	237	220	240	251	247	218	244

Parametry histogramów obrazów cyfrowych wzorca z uwzględnieniem tla (ramka pomiarowa 1)

Z porównania rezultatów analizy histogramów z wartościami pikseli zamieszczonymi w tablicy 4 widać, że zakres zmienności wartości pikseli jest większy niż wynika to z profilu linii. Szczególnie duże różnice występują dla wartości tła i maksymalnych gęstości optycznych. Również niektóre wartości pikseli występują tylko jednokrotnie i w przypadku gdy znajdują się na linii mierzonego profilu, mogą wprowadzić zafalszowania wyniku końcowego. Zatem o dokładnej konwersji (A/C) wartości gęstości optycznej obrazu można mówić jedynie w odniesieniu do średniej dla danego

Tablica 9

Wyznaczone parametry histogramu	NUMERY OBRAZÓW CYFROWYCH WZORCA							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Wartość średnia	59.49	57.05	66.61	58.96	61.34	58.81	65.16	55.29
Odchylenie standardowe	63.49	63.13	69.22	64.64	65.07	64.35	68.00	61.22
Skośność	1.227	1.232	1.196	1.219	1.216	1.221	1.203	1.237
Eksces	0.257	0.261	0.186	0.223	0.231	0.234	0.203	0.260
Wartość minimalna	7	6	8	6	7	1	4	6
Wartość mediany	26	23	31	24	27	24	29	22
Wartość maksymalna	228	225	247	230	233	229	244	218
Częstość maksymalna	464	476	413	511	446	506	395	527
Wartość piksela	9	8	11	8	10	8	10	8
Częstość minimalna	I	1	1	1	1 10	1	1	Fee
Wartość piksela	201	212	247	230	209	206	244	195

Parametry histogramów obrazów cyfrowych wzorca bez uwzględnienia tla (ramka pomiarowa 2)

fragmentu wartości pikseli (reprezentowanego przez możliwie liczny zbiór pikseli). Z powyższego wynika również, że na podstawie przeprowadzonych badań nie można jeszcze wnioskować o wpływie nastaw skanera na ksztalt charakterystyki odwzorowywania wartości gęstości optycznej w wartości piskeli obrazu cyfrowego. Wnioskowanie to wymagaloby bowiem wyznaczenia histogramów dla każdego z pól wzorca i zastąpieniu analizy profilu linii analizą wartości średnich i innych parametów charakteryzujących te histogramy.

W celu wykazania, że taka złożona analiza histogramów może mieć istotne znaczenie, przeprowadzono proste doświadczenie polegające na porównaniu wizualnym obrazów dwóch wzorców gęstości optycznej. Jeden z obrazów został wygenerowany sztucznie przez wpisanie odpowiednich wartości numerycznych wprost do macierzy obrazu cyfrowego. Drugi obraz jest rzeczywistym obrazem cyfrowym wzorca gęstości optycznych. Wynik zlożenia tych obrazów przedstawia rycina 3. Wygenerowany sztucznie obraz wzorca znajduje się w górnej części fotografii, obraz zarejestrowany w warunkach rzeczywistych znajduje się nieco poniżej.



Ryc. 3. Porównanie obrazu wzorca wygenerowanego sztucznie z obrazem rzeczywistym (opis w tekście)

Fig. 3. The comparison of linear grey scale and the real digital image of the test strip (see text)

Obserwacja wizulana obu wzorców pozwala na słuszne stwierdzenie, że przejście do dużych wartości gęstości optycznych następuje nieco szybciej w przypadku obrazu rzeczywistego, co wynika z faktu, że kształt "charakterystyki przenoszenia" jest w obu przypadkach inny (liniowy w przypadku obrazu sztucznego, logarytmiczny w przypadku obrazu rzeczywistego), lecz poza tym oba obrazy wydają się podobne. Łatwo jednak wykazać, że jednorodność wartości pikseli w obrazach poszczególnych stopni gęstości optycznych jest zupełnie różna. Posługując się skalowaniem piłokształtnym o cyklu 6 [2,8] uwidoczniono wyraźnie różnice. Uzyskane rezultaty przedstawiają ryciny 4 i 5.

W przypadku obrazu wygenerowanego sztucznie poszczególne pola wzorca są oczywiście jednorodne, histogram tworzą pojedyncze, jednakowej wysokości prążki reprezentujące częstość występowania pikseli o wartościach reprezentujących poszczególne stopnie gęstości optycznej wzorca wygenerowanego sztucznie.



Ryc. 4. Obraz wzorca gęstości optycznych wygenerowany sztucznie i jego histogram (opis w tekście) Fig. 4. The histogram of the linear grey scale generated by computer (see text)

posalarów ban iscych na analizio funicija odvezo ______

Ryc. 5. Rzeczywisty obraz wzorca gęstości optycznych i jego histogram (opis w tekście) Fig. 5. The real digital image of the test strip and its histogram (see text)

Zupelnie odmienną sytuację przedstawia rycina 5. Histogram obrazu rzeczywistego jest złożony, widać wartości średnie pikseli reprezentujących obrazy poszczególnych stopni gęstości optycznej oraz utratę możliwości rozróżnienia obrazów pól wzorca o wyższych numerach. W tej części poszczególne wartości pikseli są obsadzone w sposób niemal ciągły. Obraz wzorca wykazuje silną lokalną zmienność (rozrzut wartości sąsiadujących ze sobą pikseli), która w przypadku analizy profilu linii może dawać znaczne zróżnicowanie wyników, zależne od wyboru linii.

6. Uwagi i wnioski końcowe

Z przeprowadzonych eksperymentów i opisanych szczególowo w niniejszej pracy uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń wynika, że:

- dokladna w sensie ilościowym konwersja obrazów negatywowych do postaci obrazów cyfrowych jest bardzo trudna mimo zastosowania urządzeń wysokiej klasy i uśredniania rezultatów 256 kolejnych digitalizacji;
- pomiary wartości gęstości optycznej na obrazach cyfrowych uzyskiwanych w torach cyfrowych klasy popularnej (frame-grabber'y) są praktycznie pozbawione sensu z uwagi na spodziewane wartości błędów konwersji;
- górny zakres wartości gęstości optycznych obrazów negatywowych przetwarzanych do postaci cyfrowej jest praktycznie ograniczony do wartości 2.10÷2.20 [D];
- zgrubna ocena pozwala sądzić, że zmiany nastaw skanera nie mają dużego wpływu na kształt funkcji odwzorowującej wartości gęstości optycznych w wartości pikseli obrazu cyfrowego; ocena dokładna wymaga znacznie bardziej szczególowych pomiarów bazujących na analizie histogramów;
- funkcja odwzorowująca jest typu wykladniczego o przybliżonej postaci P = 200 * exp (-1.2 * D)
- jednorodne pola wzorca są odwzorowywane w sposób bardzo zróżnicowany, w dalszych pomiarach należy uwzględnić charakterystykę przestrzenną zastosowanego do podświetlenia wzorca gęstości optycznych źródla światla.

5. Reactly winty obtaint vertice systematics in the second system is the second system in the second system is the second system in the last strip and its fair (see test). (see test)

- [1] W. Schreiber: Introduction to Electronic Imaging.Springer Verlag, New York 1985.
- W. Skarbek: Metody reprezentacji obrazów cyfrowych. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1993.
- [3] Praca zbiorowa (red. M.Ostrowski): Informacja obrazowa. WNT, Warszawa 1922.
- [4] M. Iliński: Materiały i procesy fotograficzne. WAiF, Warszawa 1989.
- [5] R. Eberhardt: Jak uniknąć błędów w technice radiograficznej. BW "Chemia", Warszawa 1970.
- [6] R.G. Kuehni: Color. Essence and Logic. Van Nostrand, New York 1983.
- [7] W. Pastuszak: Kolor czy barwa. PASKO. Warszawa 1993.
- [8] W.K. Pratt: Digital Image Processing. J. Wiley & Sons, New York 1978.
- [9] G. Jezierski: Radiografia przemysłowa. WNT, Warszawa 1993.
- [10] Norma DIN 4512/3: Photographische Sensitometrie; Bestimmung der optischen Dichte von durlässigen streuenden Schichten.
- [11] L. Gajek, M. Galuszka: Wnioskowanie statystyczne. WNT, Warszawa 1933.
- [12] P.N.J. Dennis: Photodetectors. Plenum Press, New York 1986.

Podczas planowania oraz w trakcie realizacji w niniejszej pracy doświadczeń i pomiarów autor korzystał również z klasycznych podręczników fizyki i monografii dotyczących zagadnień fotometrii oraz z nie publikowanych materialów informacyjnych od producentów analizatorów obrazów. Częściowo wykorzystane zostały opisy techniczne urządzeń przedstawionych w punktach 1+3.

Recenzent: Prof. dr hab. Zbigniew KALINA

Wpłynęlo do Redakcji 5.04.1994 r.

Abstract

The A/D conversion of images inputs the optical density distortions on the digitized image. These distortions lead into errors of results of densitometric analysis and reduce quality of hard copies. The possibility of correction of digital image depends on konwledge of density-to-pixel transmission curve. Using the precisely calibrated wide range optical density test strip and professional image analyser IBAS makes possible the estimation of regression coefficients values which define the transmission curve in various conditions of scanning. These values are practically the same for all tested scanning procedures but the shape of measured transmission curves differs a lot from the theoretical (exponential) model. The reason of such diferences may be the nonhomogenous illumination; the anlysis of histograms of digitized images of test strips confirms it. The upper level of optical densities of digitzed images is limited to D < 2.20. The precise A/D conversion of optical densities of images is difficult and eliminates the using of popular frame-grabbers for the densitometric analysis tasks based on digitized images.

N. R.G. Kushni: Calor. Escance and Logic Van Neutrant. New York 1983.
W. K. Fran. Digital Image Processing 1 Wiley & Sone, New York 1983.
W.K. Fran. Digital Image Processing 1 Wiley & Sone, New York 1978.
W.K. Fran. Digital Image Processing 1 Wiley & Sone, New York 1978.
Woma DIN 1512/7. Flottographische Schichten.
Dichle von duritasigen streuenden Schichten.
Dichle von duritasigen streuenden Schichten.
Poleces photomatic use v trainer ministerie in anticipae processing in the Schichten.
Poleces photomatic use v trainer ministeries in anticipae processing in the Schichten.
Poleces photomatic use v trainer ministeries and schichten photomaticae in anticipae.
Poleces photomatic use v trainer militaria anticipae processing in the Schichten in anticipae in anticipae interaction of anticipae photomaticae interaction.
Poleces photomatic use v trainer militaria anticipae processing in the Schichten interaction interaction interaction interaction.
Poleces photomatic use v trainer validation anticipae processing interaction interaction interaction.
Poleces photomatic use validation interaction anticipae processing interaction interaction.
Poleces photomatic use validation interaction anticipae procession anticipate interaction.
Poleces photomatic interaction of anticipae photomatic interaction.
Poleces photomatic interaction on anticipae photomatic interaction.
Poleces photomatic interaction on anticipae photomatic photomatic interaction.
Poleces photomatic interaction on anticipae photomatic photomatics.
Poleces photomatic interaction on anticipae photomatics.
Poleces photomatic interactinteractinteraction photomatics.
Poleces pho

A NULLA it contrained, das des terit planamenting and and descent our main and respectively and the planets the instant finding advancements of an annual statement of the markets in the instance of the planets obtained cylinger again access findings we sharp and APDA to respect the child provide W possibility beneficies with the markets biographical of the statement of the s

Approx

The Arth conversion of innersymptic the entroy density density of a service of the distributed image. These distortions have also arrors of courts of distributions are a bounded entropy of hard copies. The possibility of correction of digital image depends on angle optical density-to-pixel transmission curve. Using the precisely calibrated while entropy optical density test strip and protestional intege analyses. ISAS malos possible the estimation of regression coefficients values which defines the transmission curve in various conditions of examing. These values are practically the same for all tested scanning possibilities but the shape of measured transmission curves differs a list from the theoretical (exponential) model. The region of such differences may be the non-