

Elektronika : konstrukcje, technologie, zastosowania

Analiza wpływu kształtu i gęstości rastra CTP na cechy obrazu drukowanego: zagadnienia wstępne i zdefiniowanie pojęć

Nowakowski, W. Czajkowski, R. Malik, P.

PL Przedstawiono podstawowe zagadnienia procesu digitalizacji obrazu w cyfrowej przygotowalni offsetowej. Zdefiniowano podstawowe pojęcia i sformułowano problem zależności jakości cyfrowej reprezentacji obrazu od parametrów rastra.

EN A basic questions of raster image process in the offset computer aid prepress processing are given. A problem of dependence of digital image quality from the raster shape and density is formulate.

PL raster CTP przetwarzanie obrazu

EN raster CTP image processing

Wydawnictwo SIGMA-NOT

Elektronika : konstrukcje, technologie, zastosowania

2008

Vol. 49, nr 9

143--149

Bibliogr. 12 poz., rys.

autor Nowakowski, W.

autor Czajkowski, R.

autor Malik, P.

Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

[1] Kirszke R.: Fotoskład. WSiP, Warszawa 1979.

[2] Trzaska R.: Podstawy techniki wydawniczej. IWZZ, Warszawa 1987.

[3] Materka A. (red.): Elementy cyfrowego przetwarzania i analizy obrazów, PWN, Łódź 1991.

[4] Pastuszek W.: Barwa w grafice komputerowej. PWN, Warszawa 2000.

[5] Ciupalski S.: Maszyny drukujące konwencjonalne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

[6] Czichon H., Czichon M.: Technologia form offsetowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2002.

[7] Praca zbiorowa. Poligrafia procesy i technika. Tłumaczenie ze słowackiego. COBRPP, Warszawa 2002.

[8] Rajnsz E.: Latające laboratorium. Poligrafika, Wyd. specjalne Alfa-Print Sp. z o.o., Warszawa 2002.

[9] Hebisz T.: Algorytmy rastrowe. Skrypt. Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych, Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2002.

[10] Czichon H.: Technologia od komputera do formy offsetowej. Część I i II. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2005.

[11] Czichon H.: Technologia od komputera do formy offsetowej. Część III. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2006.

[12] Czichon H.: Płyty i naświetlarki dla technologii od komputera do offsetowej formy drukowej. Część I i II. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2006-2007.

Analiza wpływu kształtu i gęstości rastra CTP na cechy obrazu drukowanego. Zagadnienia wstępne i zdefiniowanie pojęć.

An analysis of the effect of the raster shape and density for image quality in the CTP processing. Problem presentation and base definitions.

Roman CZAJKOWSKI, Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa
Paweł MALIK, Warszawa
Wojciech NOWAKOWSKI, Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

Streszczenie: Przedstawiono podstawowe zagadnienia procesu digitalizacji obrazu w cyfrowej przygotowalni offsetowej. Zdefiniowano podstawowe pojęcia i sformułowano problem zależności jakości cyfrowej reprezentacji obrazu od parametrów rastra.

Słowa kluczowe: raster, CTP, przetwarzanie obrazu

Abstract: A basic questions of raster image process in the offset computer aid prepress processing are given. A problem of dependence of digital image quality from the raster shape and density is formulate.

Keywords: raster, CTP, image processing

Wstęp

Moduł separacji i rastrowania obrazu w programach graficznych umożliwia wybór wartości wielu zmiennych sterujących. Najistotniejszymi dla poligraficznego odwzorowania obrazu barwnego są gęstości, kąty i rodzaj rastrów, współczynnik bądź profil konwersji RGB-CMYK oraz limit ilości farby nakładanej warstwowo na podłoże. Powyższe zmienne często przyjmują wartości standardowe, które w żaden sposób nie są uzależniane od rodzaju rastrowanego obrazu. Większość grafików komputerowych koncentruje się na tworzeniu koncepcji plastycznych czy realizacji projektów graficznych, nie analizując dostępnych możliwości posiadanego narzędzia. W takich okolicznościach proces rastrowania obrazu przebiega w sposób typowy ze „sprawdzonymi” cechami rastra. Mało kto zdaje sobie sprawę, że etap rastrowania i separacji decyduje w znaczącym stopniu o uzyskanej jakości poligraficznego odwzorowania obrazu, oczywiście przy założeniu dobrej jakości materiału wejściowego.

Przeprowadzone badania mają służyć określeniu wpływu dwóch podstawowych parametrów rastra: gęstości i kształtu na jakość obrazu. Subiektywizm pojęcia jakości obrazu nakazuje ograniczyć zakres analizy do wyznaczenia wpływu parametrów rastra na mierzalne cechy obrazu. Są nimi: jaskrawość, ostrość, kontrast, poziom bieli, poziom czerni, nasycenie barw. Zachowanie bądź zmiana wartości wymienionych cech w procesie odwzorowania obrazu decydować będzie o jego jakości.

Nie jest możliwe dokonanie optymalizacji parametrów rastra bez znajomości cech obrazu wejściowego i oczekiwań stawianych obrazowi odwzorowanemu. Dlatego celem prac powinno być określenie i uzasadnienie przyczyn wpływu parametrów rastra na cechy obrazu oraz zbadanie charakteru, zakresu wartości i skutków tego wpływu. Realizacja postawionego celu umożliwi indywidualną ocenę efektów rastrowania obrazu pozwalając na ograniczenie lub świadome wykorzystanie zjawisk towarzyszących odwzorowaniu rastrowemu obrazu.

Założenia

Środowisko badawcze

Przedmiotem badań będą sposoby rastrowego odwzorowania obrazu rozumianego jako zbiór czynności polegających na przetworzeniu obrazu elektronicznego barwnego na monochromatyczne obrazy rastrowe odwzorowane na obraz jawny. Rozpatrywane będą etapy:

- 1) separacji obrazu barwnego na obrazy barw składowych,
- 2) rastrowania obrazów elektronicznych,
- 3) jawnego odwzorowania obrazów rastrowych.

Pojęcie barwnego obrazu elektronicznego w niniejszej pracy będzie odnosić się do dowolnego zapisu obrazu wektorowego i bitmapowego z opisem barwy w palecie subtraktywnej CMYK (opis 32-bitowy) lub w palecie addytywnej RGB (opis 24-bitowy). Świadomie pomija się obrazy elektroniczne z opisem barwy w powyższych paletach przy użyciu mniejszej liczby bitów, jak również obrazy z opisem barwy w paletach homomorficznych do powyższych palet.

Ze względu na możliwości badawcze rozpatrywane będą rastry liniowe, a szczegółowej analizie zostanie poddany wpływ gęstości i kształtu rastra na cechy obrazu. Z przedmiotu badań wyłącza się rastry stochastyczne, oraz wpływ kątów rastra na cechy obrazu (kąty rastra zostały zoptymalizowane). Zgodnie z założeniami rozpatrywane będą odwzorowania obrazu dla potrzeb druku offsetowego. Zjawiska towarzyszące odwzorowaniu obrazu jawnego będą analizowane na przykładzie naświetlarki laserowej. Inne urządzenia odwzorowujące ze względu na niższą jakość obrazu lub podobieństwo procesu generowania obrazu nie będą omawiane.

Zakres i cel badań

Z uwagi na wyróżnienie trzech etapów przygotowania poligraficznego istotne będzie oszacowanie błędów odwzorowania obrazu wnoszonych na poszczególnych etapach. Szczegółowej analizie zostanie poddany wpływ błędów na czynniki jakości obrazu, których przewidywana wartość jest największa. Błędy, których wpływ zostanie oszacowany jako znikomy oraz błędy, które można eliminować poprzez dobór parametrów obrazu wejściowego zostaną omówione wyłącznie w części teoretycznej.

Szczegółowa analiza uchybień odwzorowania obrazu obejmować będzie źródła powstawania błędów i możliwości ich redukcji, wyznaczenie błędów czynników jakości obrazu odwzorowanego (jaskrawości, ostrości, kontrastu, poziomu bieli, poziomu czerni, nasycenia barw) w zależności od błędów odwzorowania rastra, obliczenie i praktyczne potwierdzenie wartości błędów odwzorowania rastra oraz odniesienie tych wartości do zmian wartości czynników jakości obrazu.

Celem badań jest ujawnienie skutków rastrowania obrazu w ujęciu cech jakości obrazu odwzorowanego w procesie poligraficznym.

Raster w poligrafii

Omówienie zjawisk towarzyszących odwzorowaniu obrazu w procesie poligraficznym

Rzeczą naturalną jest analogowy charakter obrazu. Oznacza to, że obraz jest zbiorem nieskończonej ilości punktów barwnych (bądź w obrazie monochromatycznym - punktów szarych), gdzie ilość barw (szarości) jest nieskończona. Stąd płynie pierwszy wniosek: aby uzyskać cyfrową reprezentację obrazu niezbędną w procesie poligraficznym - obraz musi być podzielony na segmenty. Rozmiar takich segmentów jest determinowany przez rozdzielczość oka ludzkiego (zakładamy, że celem wizualizacji obrazu jest postrzeganie go przez człowieka) i domniemaną odległość obserwacji. Drugim wnioskiem jest konieczność kwantyzacji barwy. Uzasadnienie tego wniosku zostanie przedstawione podczas omówienia technologii druku offsetowego.

Rozważmy teraz możliwe modele służące wizualizacji obrazu. Obraz monochromatyczny będziemy traktować jako uproszczenie obrazu kolorowego, dlatego w rozważaniach skoncentrujemy się na obrazie barwnym. Można wyobrazić sobie tło, dowolnej barwy, które będziemy pokrywać punktami barwnymi nieprzezroczystymi (kryjącymi) aż do pełnego odwzorowania obrazu. Jest to pomysł nierealny, gdyż nawet po kwantyzacji barwy ilość możliwych barw jest wprawdzie skończona, ale zbyt duża do aplikacji technologicznych. Niezbędna jest redukcja ilości barw, co można osiągnąć poprzez rozkład na barwy proste. Rozróżnimy dwie podstawowe palety barw:

1) RGB (Red Green Blue) stanowi paletę addytywną. Barwy składowe sumują się wzajemnie do bieli. Brak barw składowych odpowiada barwie podłoża i jest to czerń.

2) CMY (Cyan Magenta Yellow) stanowi paletę subtraktywną. Barwy składowe kompensują się wzajemnie do czerni, stąd podłożem odwzorowania obrazu jest biel.

Zastosowanie palety barw subtraktywnych w poligrafii jest oczywiste ze względu na barwę podłoża. Paleta addytywna wymagałaby czarnego podłoża i farb kryjących. O ile pierwsze jest łatwe do spełnienia, drugie rodzi szereg problemów. Pokrycie barwy ciemnej barwą jasną oprócz specjalnej farby wymaga odpowiednio grubej jej powłoki. Pokrycie podłoża barwami składowymi musi być idealne, gdyż przesunięcia punktów elementarnych jednej z barw będą eliminowały pozostałe barwy z powodu krycia. Takie cechy uniemożliwiają poligraficzne zastosowanie palety barw RGB. Doskonale natomiast zastosowaniem barw addytywnych w wizualizacji obrazu jest telewizja.

Paleta CMY posiada właściwości przeciwne. Łączenie barw może odbywać się poprzez nakładanie warstw barw transparentnych. Wymagane są barwniki absorpcyjne, a absorpcja jest własnością naturalną większości barwników. Białym podłożem są papiery i kartony. Wymienione cechy decydują o poligraficznej aplikacji palety CMY.

Paleta CMYK stosowana w poligrafii polega na uzupełnieniu palety CMY barwą kryjącą czarną (K). Robi się tak dlatego, że drukowanie małych elementów czarnych trzema farbami zwiększa ryzyko utraty ostrości tych elementów w przypadku przesunięcia arkusza podczas nakładania jednej z farb. Najlepszym przykładem jest druk tekstu czarnego. Drugą przyczyną jest ilość nakładanej farby. Czarna farba zastępuje trzy warstwy farb składowych. Proces przekształcenia palety CMY w CMYK jest procesem heurystycznym realizowanym podczas separacji barw lub obróbki obrazu.

Uzyskanie obrazu barwnego wymaga dozowania barw składowych. Dla określenia sposobu dozowania barw należy przeanalizować możliwości stwarzane poprzez technologie poligraficzne. Sięgając po rozwiązania historyczne należy wspomnieć o technice typograficznej. Lewoczytelnie trawiona matryca z obrazem wypukłym pokrywana jest farbą za pomocą wałków, a następnie dociskana do arkusza, co powoduje odbicie obrazu. Taka technologia zapewnia równomierne pokrycie obrazu farbą, jednak szczegółowość obrazu jest ograniczana procesem trawienia matrycy.

Inną techniką bezpośredniego nakładania farby jest fleksografia. Fotopolimerowe matryce umożliwiają zwiększenie szczegółowości obrazu, jednak nie do poziomu graniczącego z rozdzielczością oka. Ze względu na bezpośrednie nakładanie farby technologia ta jest stosowana do druku obrazu kolorowego na specyficznych materiałach (np. na torbach foliowych).

Odmienne sposoby nakładania farby wykorzystuje się w technice sitodrukowej. Matryca obrazu jest wykonana w formie prawoczytelnej maski (negatyw) na drobnej siatce. Farba jest tłoczona przez niemaskowaną siatkę dociśniętą do arkusza przy pomocy rakla. Nawet przy automatycznym ruchu rakla dozowanie farby nie jest równomierne i szczegółowość obrazu jest ograniczona rozdzielczością sita. Sitodruk znalazł zastosowanie w druku na specyficznych materiałach (np. płótna, bawełna, folia), jednak w dużej mierze jest to druk pełnymi barwami.

Można wymienić szereg innych technologii druku bezpośredniego (np. tampondruk, termodruk) jednak kolorowy obraz rastrowy uzyskiwany w tych technologiach ma zbyt niską jakość.

Współcześnie podstawową techniką poligraficzną w zakresie druku barwnego jest offset. Technika ta zapewnia stałe w czasie i równomierne dozowanie farby. Rozdzielczość obrazu jest ograniczona własnością farb, polegającą na rozchodzeniu się po powierzchni matrycy w czasie tłoczenia i przesiąkaniu na powierzchni papieru. Własności te wywołują na tyle znikomy efekt, że rozdzielczość obrazu jest większa od rozdzielczości oka ludzkiego. Można sobie zatem wyobrazić, że w każdym segmencie obrazu zostaną umieszczone cztery plamki w barwach z palety CMYK, których powierzchnia w odniesieniu do powierzchni segmentu obrazu będzie odpowiadała udziałowi barwy prostej w barwie danego segmentu. Plamki mogą być nałożone na siebie (z pewnym ograniczeniem dla plamki czarnej), gdyż farby mają transparentny charakter. Ponieważ rozmiar segmentu obrazu jest mały, to zawarte w nim plamki nie będą postrzegane indywidualnie, lecz będą widziane jako jednolita powierzchnia o ustalonej barwie. Jeżeli ustalimy podział obrazu na jednakowe segmenty rozmieszczone regularnie, a wspomnianym plamkom przyporządkujemy określony kształt, to w każdej barwie prostej otrzymamy regularny zbiór punktów, który będziemy nazywać siatką rastrową.

W ten właśnie sposób następuje wizualizacja obrazów w procesie poligraficznym. Każda barwa palety CMYK jest kolejno nakładana na arkusz drukarski na bazie wyciągów barwnych, będących rozkładem obrazu barwnego na siatki rastrowe. Reprezentacja barwnych obrazów wektorowych i bitmapowych odbywa się poprzez siatki rastrowe, lecz sposób generowania tych siatek dopuszcza różnice odwzorowań. W odwzorowaniu mapy bitowej punkt rastrowy jest elementarnym składnikiem obrazu, a w obrazach wektorowych może następować podział punktu rastrowego (najczęściej krawędziami obiektów).

Do wykonania matryc offsetowych, wykorzystywanych bezpośrednio do druku obrazu, potrzebny był dawniej lewoczytelny diapoztyw maskujący światło. Takie własności posiada błona fotograficzna. Obraz wywołany na emulsji fotograficznej nie przepuszcza światła. Po ułożeniu błony fotograficznej na światłoczułej matrycy offsetowej i odpompowaniu powietrza z powierzchni styku możliwe jest wierne kopiowanie obrazu przy pomocy silnego światła białego bądź ultrafioletowego. Przygotowanie diapoztywów odbywało się za pomocą siatek rastrujących. Współczesna technika (tzw. CTP *computer to plate*) pozwoliła na uproszczenie tego procesu. Obecnie matryce offsetowe naświetlane są bezpośrednio w naświetlarkach laserowych odwzorowujących obraz na formach drukowych. Obraz (zbiór) wejściowy zostaje przetworzony na monochromatyczną mapę bitową (1 bit/pixel) o rozdzielczości naświetlania. Uzyskany w ten sposób obraz jest bezpośrednio wykorzystywany do sterowania głowicą laserową. W efekcie na formie drukowej zostaje naświetlony obraz odzwierciedlający mapę bitową. Zaznaczmy, że z punktu widzenia niniejszych rozważań nie jest istotne czy naświetlamy błonę fotograficzną czy offsetową formę drukową.

Naświetlarki CTP wyposażone są w interpreter języka PostScript, w skrócie nazywany RIP (*Raster Image Processor*), co zapewnia standaryzację obsługi software'owej takich urządzeń. Zbiory

postscriptowe generowane są przez oprogramowanie graficzne niezależnie od środowiska w jakim pracują, na podstawie zapamiętanych obrazów graficznych bitmapowych i wektorowych. Pamiętając, że obraz źródłowy (wzorcowy) jest obrazem analogowym, a jego poligraficzne odwzorowanie jest z pewnością zdigitalizowane, można twierdzić, że odwzorowanie to jest obciążone błędem.

Rozpatrując etapy przetwarzania i odwzorowania obrazu dokonamy oszacowania wnoszonych błędów. Zachowując chronologię procesu przygotowania poligraficznego, rozważmy błędy digitalizacji obrazów analogowych. Nie jest to etap posiadający bezpośredni wpływ na błędy odwzorowania rastra, jednak właśnie ten etap w największym stopniu decyduje o jakości drukowanego potem obrazu. Odwracając tok rozumowania, jeżeli zdigitalizowany obraz jest niskiej jakości, to dokładność odwzorowania siatek rastrowych i sam sposób rastrowania nie wpływają praktycznie na jakość druku. Należy zatem określić właściwości „dobrego” obrazu.

Pierwszym czynnikiem jakości obrazu jest dokładność odwzorowania barwy. Czujniki optyczne skanerów (fotopowielacze i fotodetektory półprzewodnikowe) reagują na barwy addytywne. Zatem obraz jest postrzegany w palecie RGB. Zaawansowane skanery posiadają 12-bitowe przetworniki barwy, co pozwala nam oszacować błąd digitalizacji barwy na poziomie 2^{12} . Takie skanery pozwalają na generowanie map bitowych w paletach RGB i CMYK dostarczając odpowiednio 2^{24} i 100^4 możliwych barw. Zważywszy, że dokładność odwzorowania barwy przez monitor komputera często nie przekracza wartości 216^{-1} , a obrazy wyświetlane na ekranie monitora często zachwycają nas swoim kolorytem, należy uznać dostępne formy odwzorowania barwy za wystarczające. Niestety problem odwzorowania barwy polega na zakłóceniu barwy światłem skanera lub na braku różnicowania barw przez fotodetektory o niskiej czułości.

Pierwsze zjawisko ujawnia się podczas skanowania materiałów nieprzezroczystych. Do fotodetektorów doprowadzane jest światło odbite od powierzchni obrazu, a barwa i natężenie tego światła w dużej mierze zależy od właściwości absorpcyjnych nośników barwy oraz połysku powierzchni obrazu. Zjawisko zakłócenia barwy można wyeliminować stosując jako nośniki obrazu materiały transparentne.

Drugie zjawisko wynika z cech fotodetektorów półprzewodnikowych. Jasne obrazy (silne światło) powodują nasycenie fotodetektorów, a obrazy ciemne (słabe światło) nie wzbudzają fotodetektorów skanera. W efekcie widmo skanowanego obrazu zostaje znacznie zawężone względem widma rzeczywistego. Nawet podczas zaawansowanej obróbki komputerowej obraz taki nie odzyska swoich pierwotnych walorów.

Ponieważ skanery bębnowe, pracujące w oparciu o fotopowielacze elektronowe o bardzo dużej czułości, zapewniają rozróżnialność wszystkich (zdykretyzowanych) barw, zaleca się ich stosowanie. Warto podkreślić, że skanery bębnowe z detektorem CCD nie zapewniają takiej jakości obrazu jak skaner z fotopowielaczem.

Drugim istotnym czynnikiem decydującym o jakości obrazu jest jego rozdzielczość. Parametry jakimi dysponują skanery można z grubsza przedstawić w przedziałach:

- 1) skanery bębnowe z fotopowielaczami: rozdzielczość optyczna 9000-25000 dpi, rozdzielczość wyjściowa do 10000 dpi
- 2) skanery bębnowe z detektorem CCD: rozdzielczość optyczna 2400-12000 dpi, rozdzielczość wyjściowa do 5000 dpi
- 3) skanery płaskie: rozdzielczość optyczna 300-2400 dpi, rozdzielczość wyjściowa do 9600 dpi

Dostępne rozdzielczości skanera bębnowego zachęcają do stosowania wysokich rozdzielczości skanowania. Jednak warto odnieść rozdzielczość obrazu do liniatury rastra. Jeżeli stosowalibyśmy liniaturę 150 lpi, to przyporządkowanie jednego punktu rastrowego jednemu punktowi obrazu uzyskamy przy rozdzielczości 150 dpi. Należy mieć świadomość, że punkty rastrowe poszczególnych barw układane są w różnych kierunkach, przez co przy zrównaniu rozdzielczości obrazu z liniaturą, punkty rastrowe mogą być lokalizowane na pograniczu punktów obrazu. Z uwagi na fakt uśredniania wartości pixeli wchodzących w obszar punktu rastrowego, nastąpiłoby zmniejszenie ostrości obrazu. Aby nie ograniczać jakości obrazu zaleca się stosowanie przynajmniej dwukrotnie większej rozdzielczości obrazu od liniatury rastra. W takich okolicznościach na jeden punkt rastrowy przypadają cztery pixele obrazu i nawet przy przesunięciu punktu rastrowego w kierunku innego punktu obrazu, wskutek uśredniania wartości pixeli, wartość punktu rastrowego nie ulegnie znacznej zmianie. Przykładowo, jeżeli założymy, że wśród czterech punktów obrazu wchodzących w obszar jednego punktu rastrowego jeden posiada barwę zakłócającą i dla wybranej barwy składowej gradient intensywności barwy na pograniczu pixela zakłócającego wyniesie 20%, to lokalne zakłócenie wypełnienia punktu rastrowego nie przekroczy 5%. Zwiększenie rozdzielczości obrazu do trzykrotnej wartości liniatury (9 pixeli na punkt rastrowy), obniżyłoby błąd z powyższego przykładu do poziomu 2,2-3%. Nasuwa się wniosek, że rozdzielczość skanowania powinna wynosić kilkaset dpi.

Określmy zasadność korzystania ze skanerów o dużej bądź malej rozdzielczości optycznej. Podczas skanowania obrazu odbywa się gubienie lub uzupełnianie punktów uzyskanych z detektora. Podczas gubienia punktów następuje uśrednianie wartości gubionych punktów odczytanych z powierzchni przeznaczonej do opisu jednym punktem. Uzupełnianie punktów ma miejsce gdy z powierzchni przeznaczonej do opisu kilkoma punktami fotodetektor odczytał jeden punkt. W takich wypadkach uwzględniając sąsiedztwo odczytanego punktu wyznacza się wartości pośrednie aproksymowane liniowo bądź krzywą Gaussa. Nie trzeba uzasadniać, że nadmiarowość punktów z detektora jest wykorzystana na stworzenie precyzyjnego, ostrego obrazu. Analogicznie - niedobór punktów daje obraz płynny, nieszczegółowy. Jeżeli powiążemy to z faktem, że wraz ze skalowaniem wielkości obrazu skalowana jest rozdzielczość, a współczynnik skalowania rozdzielczości jest odwrotny do współczynnika skalowania obrazu, to oczywistym stanie się fakt stosowania skanerów płaskich podczas skanowania w skali 1:1 lub z pomniejszeniem, a potencjalne możliwości skanerów bębnowych pozwolą na skanowanie diapozytywów barwnych z powiększeniem, gwarantując zawsze ostrość obrazu i jego precyzję.

Duże znaczenie dla jakości obrazu odgrywa sposób przetwarzania komputerowego. Jest to zagadnienie bardzo ważne, gdyż niejednokrotnie efekty korekcji obrazu nie są zauważalne na ekranie monitora. Efekty korekcji obrazu mogą obejmować powierzchnie nie wymagające korekcji. Część procesów ma charakter nieodwracalny. Nawet minimalne korekcje mogą powodować zmiany obrazu przewyższające błędy skanowania. Z drugiej zaś strony, dostarczony materiał fotograficzny może nie być doskonały i obróbka komputerowa obrazu będzie jedyną drogą poprawy jakości. Nawet bardzo dobry obraz może wymagać obróbki podnoszącej jego efektywność. Podczas procesu przygotowania do druku trzeba mieć świadomość pełnego procesu technologicznego. Należy uwzględnić pokrycie arkusza farbą szczególnie przy barwach ciemnych, decydując w ten sposób o połysku obrazu, głębi czarnego koloru i kontrastu obrazu. Należy korygować nasycenie barw w zależności o gatunku podłoża (papier gładki, porowaty, kredowany, matowy, błyszczący, cienki, gruby) oraz sposobu ewentualnego zabezpieczenia powierzchni (lakier UV, folia). Omawiając wpływ procesu komputerowej korekcji obrazu na jego jakość trudno operować pojęciem błędu, gdyż wszystkie operacje liczone są precyzyjnie według ustalonego algorytmu, więc ich wynik jest bezbłędny.

Zapewniając obraz elektroniczny dobrej jakości, czyli zgodnie z rygorami wynikającymi ze sposobu jego selekcji, skanowania i obróbki, możemy podjąć dyskusję o wpływie samego procesu rastrowania i procesu odwzorowania rastra na wyjściowy obraz.

Poprzez proces rastrowania będziemy rozumieć przetworzenie obrazu kolorowego na zbiory punktów rastrowych, zapisanych w formie elektronicznej, odnoszących się do poszczególnych barw składowych obrazu. Każdy punkt rastrowy musi mieć określony kształt, kąt, położenie na obrazie i wypełnienie. Błędy w procesie rastrowania obrazu są powodowane przez:

- 1) konwersję mapy bitowej w paletce RGB (24 bity na pixel) na obraz w paletce CMYK (32 bity na pixel, każdy kolor jest opisany ośmioma bitami ze względu na zakres wartości 0-100%),
- 2) przyporządkowanie punktom obrazu jednego punktu rastrowego o uśrednionej wartości,
- 3) błędny dobór parametrów siatek rastrowych.

Zaokrąglenia wartości obliczeń binarnych i uzupełniania bitów podczas konwersji mapy z RGB na CMYK można uniknąć skanując bezpośrednio w formacie CMYK. Jest to szczególnie uzasadnione podczas korzystania ze skanera z przetwornikiem barwy 12-bitowym, wówczas nadmiarowość bitów będzie wykorzystana na dokładniejsze przybliżenie obrazu. Jeżeli skaner pracuje na bazie przetwornika 8-bitowego, to trzeba mieć świadomość, że skanowanie w paletce CMYK nie wyeliminuje błędów konwersji RGB-CMYK, a przesunie go jedynie na wcześniejszy etap. Obraz o ustalonej powierzchni w paletce RGB zajmuje o 25% mniej miejsca jak w paletce CMYK, dlatego gdy podczas skanowania nie posiadamy bitów nadmiarowych należy kierować się kryterium objętości zbiorów. Decyzję o korzystaniu z obrazów w paletce RGB mogą ograniczać właściwości stosowanego oprogramowania, gdyż nie każdy program DTP posiada moduł separatora pozwalającego na konwersję obrazu z RGB na CMYK.

Drugie źródło błędów uzależnione jest od rozdzielczości obrazu wejściowego. Lokalizacja punktu rastrowego może pokrywać kilka punktów obrazu, przez co do ustalenia wypełnienia punktu rastrowego obliczana jest wartość średnia punktów obrazu. Zjawisko to nie powoduje błędów wypełnienia punktu na powierzchniach o jednolitej barwie. Lokalizacja punktu rastra na krawędzi barwy obrazu sprzyja ustaleniu wartości pośrednich, czego efektem jest zmniejszenie ostrości obrazu. Zwiększenie rozdzielczości obrazu wejściowego powoduje zmniejszanie tego efektu. W tym wypadku poziom błędów lokalnych wypełnień punktu jest również uzależniony od operatora, jedynym ograniczeniem jest oczywiście zastosowana liniatura rastra lecz z założenia rozmiar punktu jest poniżej poziomu rozdzielczości oka ludzkiego.

Ostatnie zagadnienie odnosi się zarówno do powyżej wskazanych źródeł błędów jak i zjawisk niezależnych od materiału wejściowego. Jakość materiału wejściowego i informacje o pełnym przebiegu procesu poligraficznego powinny bezpośrednio implikować stosowane parametry rastra. Jeżeli np. poddajemy rastrowaniu pastelowy obraz o małych nasyceniach barwy i dużej monotonii, to będziemy poszukiwać rastra wiernie odwzorowującego małe wypełnienia punktu, rastra zapewniającego płynne przejścia barw i gładki obraz. W obrazie dynamicznym o dużych nasyceniach barw i małych powierzchniach barw jednolitych zależność nam będzie na wydobywaniu kontrastu i jaskrawości. Adekwatny będzie raster o ostrym konturze, dobrze odwzorowujący punkty o dużych wypełnieniach.

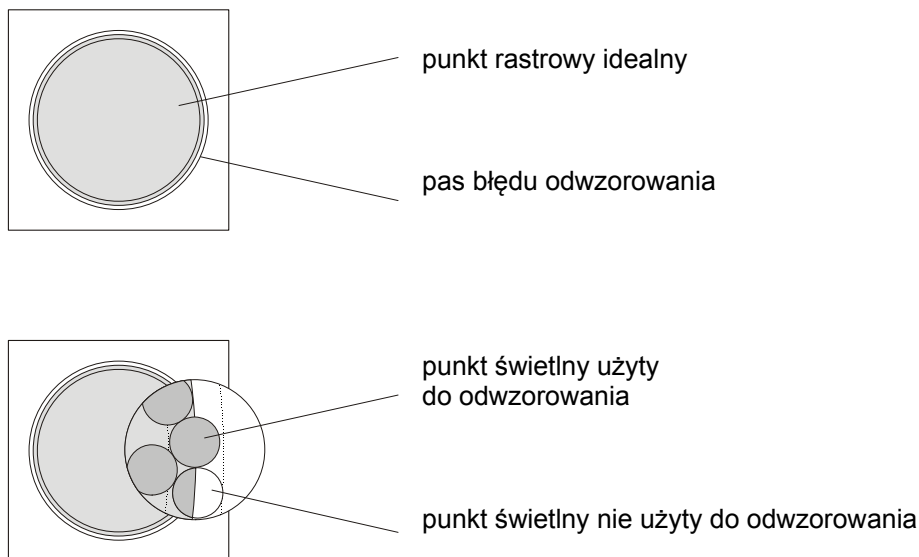
Odnosząc się do jakości materiału wejściowego należy wspomnieć o zakłóceniach obrazu i konsekwencjach ich obecności w procesie rastrowania. Skanowanie obrazu drukowanego, a więc powtórne rastrowanie obrazu już rastrowanego powoduje powstanie tzw. mory. Jest to efekt interferencji punktów rastrowych obrazu wzorcowego i punktów obrazu zdigitalizowanego lub fotodetektorów skanera płaskiego. Objawem mory jest tętnienie barwy o częstotliwości od kilku do kilkunastu okresów na cal. Oczywiście najłatwiej stosować jako źródło obraz analogowy lub cyfrowy o dużej rozdzielczości. Realizując reprodukcję możemy mówić jedynie o stopniu zmniejszenia jakości obrazu, chociaż jedynym wyjątkiem jest wykonanie reprodukcji pomniejszonej, gdzie zmniejszenie rozmiarów obrazu wiąże się ze zwiększeniem jego ostrości. Generalnie - obraz zakłócony morą możemy poddać obróbce komputerowej lub ustalać parametry rastrowania ograniczające efekt mory. W pierwszym przypadku należy obraz poddać działaniu filtrów uśredniających (realizujących uśrednienie gaussowskie lub liniowe, w zależności od powierzchni uśredniania), których powierzchnia działania przekroczy obszar jednego punktu rastrowego na obrazie wzorcowym. Jeżeli częstota mory była dostatecznie duża, takie uśrednienie pozwala na całkowitą eliminację zakłócenia. Jedynym problemem jest utrata ostrości obrazu, czego konsekwencje już znamy. Inną metodą działania jest dobór parametrów rastrowania ograniczających efekt mory, co uzyskuje się poprzez zmianę kątów i liniatury rastra. Może powstać efekt uboczny takiego działania, polegający na interferencji siatek rastrowych na powierzchniach o jednolitej barwie. Jednak powstała w ten sposób mora może mieć mniejszą intensywność i większą częstotliwość, co zmniejsza jej postrzeganie na obrazie.

Można również mówić o zjawiskach niezależnych od materiału wejściowego. Przykładem może być dobór kątów rastra, bądź gęstości, wywołujący morę. Zjawisko to będzie wywołane błędnym procesem rastrowania a nie wadą materiału wejściowego. Innym przykładem jest przyjęcie takich samych kierunków rastrów kilku kolorów, co da efekt ziarnistości obrazu. Przykładem szczególnym takiego zjawiska jest przykrycie siatek rastrowych barwą czarną, co oprócz ziarnistości obrazu ograniczy nasycenie barw, a przy dużym udziale czerni wręcz spowoduje przekłamanie barw obrazu. Dla operatorów stanowisk DTP swoistą deską ratunku przed dobraniem błędnych wartości są standardowe ustawienia parametrów rastrowania.

Ostatnim etapem elektronicznego przygotowania poligraficznego jest odwzorowanie rastra. Dla ustalenia uwagi możemy przyjąć, że jest to odwzorowanie rastra przez naświetlarkę. Oczywiście problemy odwzorowania rastra przez drukarki na innych podłożach, czy naświetlarki posługujące się innymi podłożami (np. przy bezpośrednim naświetlaniu matryc offsetowych) pozostaną jednakowe. Różnica może dotyczyć wielkości tych zjawisk i zakresu dostępnych parametrów. Skupienie uwagi na konkretnych wartościach przedstawi miarodajne wyniki dla rzeczywistych obrazów.

Żeby zrozumieć źródło błędów na etapie odwzorowania rastra posłużmy się prostym przykładem. Jeżeli rastrowany obraz posiada liniaturę 150 lpi, a naświetlarka dysponuje rozdzielczością 1500 dpi, to jeden punkt rastrowy może być odwzorowany za pomocą 100 punktów świetlnych (10x10) rozłożonych równomiernie na powierzchni kwadratu. Jeżeli jakiś punkt świetlny znajduje się na granicy punktu rastrowego, a punkt ten jest symetryczny, to niepewność naświetlenia dotyczy czterech punktów świetlnych. Ponieważ wypełnienie punktu może przyjmować wartości z zakresu $<0,1>$ z krokiem 0,01, to niepewność odwzorowania wynosi przynajmniej 4%. Jest to oczywiście skutek cyfrowej "natury" urządzenia odwzorowującego.

Analizując przyczyny niepewności naświetlenia punktu elementarnego przez naświetlarkę dochodzimy do wniosku, że niepewność ta może wystąpić, gdy kryterium matematyczne naświetlenia punktu elementarnego będzie równością. Równość ta może być pozorna, ze względu na zaokrąglenie binarne współrzędnych punktu elementarnego. Wówczas odległość pomiędzy rzeczywistym położeniem środka punktu elementarnego a punktem wyznaczonym przez kryterium matematyczne nie przekroczy promienia punktu elementarnego. Zjawisko powstawania błędu podczas odwzorowania rastra przedstawia poniższy rysunek:



Rys. 1. Powstawanie błędu odwzorowania rastra.

Fig. 1. Genesis of the raster error

Błąd odwzorowania rastra można zmniejszać poprzez zwiększenie rozdzielczości urządzenia odwzorowującego, jednak dostępne urządzenia posiadają rozdzielczości ograniczone i dodatkowo korzystanie z najwyższych rozdzielczości znacząco wydłuża czas pracy urządzenia. Analiza błędów odwzorowania rastra pozwoli na określenie skutków ich istnienia i umożliwi świadomy wybór pomiędzy kosztem przygotowania poligraficznego a jego jakością.

Definicja pojęć związanych z rastrowym odwzorowaniem obrazu

1) Rastrowa reprezentacja obrazu

Zgodnie z rozumowaniem przyjętym w poprzednim punkcie rastrowa reprezentacja obrazu będziemy nazywać przedstawienie obrazu w formie uporządkowanego zbioru punktów o określonym kształcie, gdzie powierzchnia poszczególnych punktów jest proporcjonalna do intensywności odwzorowywanej barwy w tym miejscu obrazu wzorcowego, gdzie lokalizowany jest odwzorowujący punkt.

2) Raster lub Siatka rastrowa

Dyskretna, punktowa reprezentacja zrealizowana w oparciu o regułę określającą kształt i rozmieszczenie punktów rastrowych. W niniejszym odniesiemy się do czternastu kształtów punktu rastrowego w rastrach rozwiniętych w kierunkach równoległych i prostopadłych, z zachowaniem równomiernego rozlokowania.

3) Punkt rastrowy

Składnik elementarny rastrowego odwzorowania obrazu. Przyjmując założenia z definicji 2) można podzielić obraz wzorcowy na segmenty w kształcie kwadratów lokowane centralnie względem każdego punktu. Wówczas wyznaczmy obszary jakie mogą być wypełniane przez poszczególne punkty. Jest to istotna uwaga wskazująca na kształt punktu rastrowego, który będzie ograniczony do powierzchni własnego segmentu. Należy zwrócić uwagę na fakt, że punkt rastrowy jest niepodzielny dla obrazów bitmapowych. Ostre kontury zawsze będą odwzorowywane regularnymi punktami. Jedynie obrazy wektorowe posiadają zdolność rozcinania pojedynczych punktów rastrowych. Oznacza to, że na granicy dwóch powierzchni o różnych barwach powstaną punkty rozcięte wzdłuż tej granicy, co pozwoli na „zlepianie” kawałków punktów o różnych wypełnieniach a nawet o różnych kształtach.

4) Rozdzielczość urządzenia odwzorowującego

Pod pojęciem urządzenia odwzorowującego będziemy rozumieć dowolne urządzenie przetwarzające zbiór binarny na obraz graficzny jawny z zastosowaniem techniki rastrowej. Typowymi urządzeniami

odwzorowującymi są drukarki laserowe monochromatyczne i kolorowe, naświetlarki, drukarki atramentowe, drukarki transferowe. Parametrem takiego urządzenia jest rozdzielczość druku. Jest to parametr o bezpośrednim znaczeniu dla jakości druku. Można go zdefiniować jako zdolność odwzorowania elementarnych punktów obrazu, składających się na punkt rastrowy. Rozmiar elementarnego punktu determinuje ilość takich punktów na jednostkę długości. Należy jednak pamiętać, że punkt elementarny ma często przypadkowy kształt i zmienny rozmiar. Jest to podyktowane techniką odwzorowania. Jeżeli urządzenie wykorzystuje światło laserowe, można przyjąć okrągły kształt punktu elementarnego, jednak jeśli jest to drukarka laserowa wykorzystująca toner proszkowy, punkt elementarny po przeniesieniu na podłoże może przyjąć przypadkowy kształt ze względu na właściwości bębna światłoczułego, toneru, przebiegu procesu utrwalania termicznego. Świadomość takich zjawisk zmusza do gęściejszej lokalizacji punktów elementarnych podczas odwzorowania obrazu, co daje gwarancję odtworzenia jednolitej powierzchni (bez prześwitów). Po tym komentarzu możemy przyjąć definicję rozdzielczości urządzenia odwzorowującego jako liczbę punktów elementarnych lokalizowanych w jednostce długości wzdłuż kierunku odwzorowywanego obrazu. Zwyczajowo jest to liczba punktów elementarnych na długości jednego cala, stąd jednostka rozdzielczości [dpi] jest skrótem *dot per inch*. O rozdzielczości urządzeń odwzorowujących decyduje zarówno nośnik obrazu z jego zdolnością przenoszenia (emulsja fotograficzna, toner, tusz), jak również konstrukcja elektroniczna i software takiego urządzenia. Typowe rozdzielczości maksymalne urządzeń odwzorowujących wynoszą: naświetlarki – 3386 dpi, drukarki laserowe 600-1200 dpi, drukarki atramentowe 1200 dpi, drukarki transferowe 600 dpi.

5) Gęstość rastra lub Liniatura

Siatka rastrowa tworzona jest z punktów rastrowych lokalizowanych według precyzyjnych reguł. Rozważania będą ograniczone do siatek rastrowych z równomierną lokalizacją punktów. Regułą lokalizacji punktów takiej siatki, jest ułożenie punktów w równych odstępach w sposób umożliwiający przeprowadzenie linii prostych równoległych przechodzących przez środki kolejnych punktów, oraz linii prostopadłych do nich, również przechodzących przez środki kolejnych punktów. Teoretyczne linie tworzą równomierną kratę, gdzie wymiar oczka kraty jest minimalną odległością pomiędzy środkami punktów rastrowych. Odwrotność tej odległości odpowiada ilości punktów rastrowych przypadających na jednostkę długości i jest gęstością rastra. Liniatura jest pojęciem zwyczajowym równoważnym gęstości rastra, a nazwę można tłumaczyć jako ilość linii punktów rastrowych w jednostce długości. Jednostka gęstości rastra [lpi] jest skrótem *line per inch*. Warto skomentować zależność liniatury i rozdzielczości. Punkt rastrowy posiada określony kształt i powierzchnię. Na jego odwzorowanie składa się określona ilość punktów elementarnych. Ilość ta jest kwadratem ilorazu rozdzielczości i liniatury. Oznacza to, że zwiększenie liniatury przy ustalonej rozdzielczości (zazwyczaj dysponowane urządzenie ma stałą rozdzielczość) powoduje zmniejszanie ilości punktów elementarnych służących do odwzorowania pojedynczego punktu rastrowego. Skutkiem tego jest zmniejszenie dokładności odwzorowania punktu rastrowego. Zjawisko to będzie szczegółowo analizowane w dalszej części pracy.

6) Kąt rastra

Kąt rastra jest tworzony pomiędzy kierunkiem odwzorowania obrazu w urządzeniu odwzorowującym a kierunkiem lokalizacji punktów rastrowych. O ile kierunek odwzorowania obrazu jest jednoznaczny, co wynika z technologii odwzorowania (zazwyczaj jest to kierunek poprzeczny do kierunku przesuwu podłoża), o tyle kierunki lokalizacji punktów rastrowych są dwa i są one prostopadłe. Własnością niektórych rastrów jest tożsamość obrotu o kąt prosty, co daje dowolność w ustalaniu kierunku lokalizacji punktów rastrowych. Wobec rastrów nie spełniających tej własności należy określić kierunek lokalizacji punktów rastrowych w sposób umowny, wykorzystując orientację kierunkową poszczególnych punktów na podłożu.

7) Wypełnienie rastra (punktu rastrowego)

Zgodnie z intencją techniki rastrowego odwzorowania obrazu powierzchnia poszczególnych punktów rastrowych ma odzwierciedlać intensywność barwy (czerni) w danym fragmencie obrazu. Intensywność barwy określana jest liczbą z przedziału $<0,1>$ albo zwyczajowo w procentach (stwierdzenie odnosi się do stosowanej palety barw CMYK). Złudzenie intensywności barwy podczas rastrowania uzyskuje się poprzez zachowanie proporcji pomiędzy powierzchnią pokrytą nośnikiem barwy a powierzchnią czystą. Odnosząc powierzchnię punktu rastrowego do powierzchni jaką maksymalnie może on zająć uzyskamy iloraz odpowiadający intensywności postrzeganej w tym punkcie barwy. Iloraz ten jest wypełnieniem punktu rastrowego, a odnosząc się do jednolitej siatki rastrowej jest to wypełnienie rastra. Takie uogólnienie pozwala patrzeć na obraz jak na zbiór powierzchni o określonych wypełnieniach. Takie spojrzenie ułatwi wnioskowanie konsekwencji wizualnych w procesie odwzorowania obrazu obciążonym błędami odwzorowania rastra.

Literatura

- [1] Kirszke R.: Fotoskład. WSiP, Warszawa 1979.
- [2] Trzaska F.: Podstawy techniki wydawniczej. IWZZ, Warszawa 1987.
- [3] Materka A. (red.): Elementy cyfrowego przetwarzania i analizy obrazów, PWN, Łódź 1991.
- [4] Pastuszek W.: Barwa w grafice komputerowej. PWN, Warszawa 2000
- [5] Ciupalski S.: Maszyny drukujące konwencjonalne. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
- [6] Czichon H., Czichon M.: Technologia form offsetowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2002.
- [7] Praca zbiorowa. Poligrafia procesy i technika. Tłumaczenie ze słowackiego. COBRPP, Warszawa 2002.
- [8] Rajnsz E.: Latające laboratorium. Poligrafika, Wyd. specjalne Alfa-Print Sp. z o.o., Warszawa 2002.
- [9] Hebisz T.: Algorytmy rastrowe. Skrypt. Instytut Sterowania i Systemów Informatycznych, Wydział Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2002.
- [10] Czichon H.: Technologia od komputera do formy offsetowej. Część I i II. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2005.
- [11] Czichon H.: Technologia od komputera do formy offsetowej. Część III. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2006.
- [12] Czichon H.: Płyty i naświetlarki dla technologii od komputera do offsetowej formy drukowej. Część I i II. Świat Druku. Polski Drukarz Sp. z o.o., Warszawa 2006-2007.