Między skanerem a drukarnią

Adam Dawidziuk
ul. Karczewska 59 m. 17
05-400 Otwock
tel: (48) 22–788 19 96
A.Dawidziuk@GUST.org.pl

Streszczenie

Do reprodukcji obrazów wielotonalnych na czarno białych urządzeniach drukujących stosuje się technikę zwaną rastrowaniem (*ang. halftoning*). Tekst poświęcony jest podstawowym pojęciom związanym z tym zagadnieniem, ze szczególnym uwzględnieniem problemów praktycznych.

Wprowadzenie

Niniejszy tekst nie jest odkrywaniem tajemnic czarnej magii. Wszystkie poruszane tematy są powszechnie znane i względnie łatwe. Zapewne każdy, kto dłużej niż miesiąc miał kontakt z przygotowywaniem publikacji do druku posiada wiedzę znacznie przekraczającą wszystko, co tutaj napisano. Istnieje bogata literatura dotycząca przedmiotu, w szczególności spora liczba pozycji popularnych, zalegających półki księgarskie. Temat był wielokrotnie poruszany przy okazji omawiania innych problemów, zarówno podczas spotkań w Bachotku, jak i na łamach Biuletynu GUST.

Właściwie pisanie po raz kolejny o tym samym miałoby nikły sens, gdyby nie kilka istotnych faktów. Przede wszystkim, w wielu publikacjach spotyka się błędy wynikające z nieumiejętnego rastrowania. Błędy pojawiają się w szczególności w dokumentach, które nie są przygotowywane przez profesjonalistów, np. we wszelkiego rodzaju publikacjach wewnętrznych, raportach, artykułach, pomocach dydaktycznych, reklamach. Błędy rastrowania spotyka się w gazetach lokalnych (i nie tylko lokalnych). Część błędów pozostaje niewidoczna na papierze, za to wpływa na podniesienie (czasem znaczne) kosztów opracowania technicznego publikacji. Znam co najmniej kilka małych firm poligraficznych, które z powodu nieświadomości mają zbyt duże koszty własne.

Przyczyny takiego stanu rzeczy leżą po części w braku odpowiedniej literatury. Pozycje dostępne to tłumaczenia popularnej literatury amerykańskiej, rozpoczynające się od wprowadzania tabliczki mnożenia. Dzięki temu zamiast 10 mają 200 stron i skutecznie zanudzają polskiego czytelnika. Poważne publikacje dotyczące rastrowania nie poruszają już tematów podstawowych i nie są przydatne w codziennej praktyce.

Głównym celem tej pracy jest zapełnienie pewnej luki wydawniczej. Sposób ujęcia tematu też nie jest przypadkowy. Dobór materiału oparłem o pytania i problemy zgłaszane przez uczestników kursów DTP i grafiki komputerowej, które (kursy) prowadziłem przez ponad dwa lata, a także własne doświadczenia zdobyte podczas kilku lat przygotowywania do druku publikacji czarno-białych. Z teorią zetknąłem się podczas projektowania układów scalonych do super szybkiego rastrowania.

W czym problem?

Problem rastrowania nie jest wcale nowy. Pojawił się wtedy, kiedy człowiek postanowił wykonywać obrazy szarej rzeczywistości używając farby w jednym kolorze np. czarnym. Pokrywając wyłącznie wybrane punkty białego tła chciał reprodukować wszystkie potrzebne odcienie z „fotograficzną dokładnością”. W istocie zwykle chodzi o fotografie.

Historia. Dawno temu do reprodukcji półtonów stosowano zaawansowane techniki fotograficzne. Wzór czarnych plamek tworzono na formie drukowej poprzez naświetlanie. Między oryginał (przeźrocze), a formę pokrytą substancją światłoczułą wkładano ponacinany kawałek szkła lub błony zwany *rastrem*. Podczas naświetlania światło uginało się na szczelinach rastra (*dyfrakcja*). Ugięcie było tym większe, im silniejszy strumień światła padał na raster. Na formie drukowej tworzyły się kropki lub kreski, których grubość była tym większa, im jaśniejszy fragment przeźrocza odpowiadał danemu obszarowi zdjęcia. W ten sposób obraz wielotonalny drukowano jedną farbą.

Ważną cechę rastrowania tradycyjnego stanowiło rozmieszczone plamek w regularnej siatce, wynikającej z układu nacięć na szkle. Parametry procesu rastrowania fotograficznego to: gęstość nacięć, rodzaj nacięć, i kąt umieszczenia rastera. Technika ta dawała dobre wyniki. Jeszcze kilka lat temu, w druku o wysokiej jakości (np. albumy), trudno było uzyskać podobny efekt stosując przetwarzanie komputerowe.

Teraźniejszość. Znaczna część współczesnych urządzeń do reprodukcji obrazów używa tylko jednej barwy w jednym odcieniu. Przestrzeń wyjściowa urządzeń cyfrowych (np. naświetlarek i drukarek) jest siatką. Każdy punk siatki może zostać zamalowany (tonerem, atramentem, światłem, temperaturą) całkowicie, albo wcale. Urządzenia analogowe, (kserokopiarki, risografy, maszyny drukarskie) malują po całej powierzchni, bez ograniczenia do wybranych punktów siatki, ale też tylko jednym kolorem na raz. Możemy użyć kilku farb o różnych barwach, lecz nie stosuje się różnych farb do reprodukcji odcieni barwy podstawowej. Półtony uzyskuje się różnicując stopień pokrycia powierzchni daną barwą. Reprodukowany obraz wielotonalny budowany jest z jednobarwnych plamek o różnej wielkości. Rastrowanie pozostaje więc aktualne.

Terminologia. W nazewnictwie dotyczącym rastrowania panuje spory bałagan, między innymi za sprawą wielu sprzecznych koncepcji tłumaczeń terminów angielskich. Czasem błędna terminologia uniemożliwia poprawne zrozumienie niektórych tekstów. Na przykład *rastrem* nazywa się:

- kawałek naciętego szkła używany w procesie rastrowania;
- urządzenie optyczne, służące do rozkładania reprodukowanego oryginału wielotonalnego lub wielobarwnego na elementy punktowe lub kreskowe;
- zbiór jednobarwnych punktów będący wynikiem rastrowania;
- siatkę, w której można umieszczać jednobarwne punkty, itd.

Tekst niniejszy dotyczy pewnego procesu odwzorowania obrazów wielotonalnych (zawierających wiele odcieni szarości) lub wielobarwnych w zbiór jednobarwnych plamek. Proces takiego odwzorowania będę nazywał *rastrowaniem* (*ang. halftoning*), choć równie dobrze, a bardziej po polsku brzmi *cieniowanie* (ale nie półcieniowanie). Konsekwentnie, otrzymany w wyniku rastrowania zbiór plamek będzie rastrem, a pojedyncza plamka, *plamką rastra*, *plamką rastrową* lub *komórką rastra*. Pojedyncza plamka rastra zbudowana jest z kropek lub punktów, tworzonych przez drukarkę lub naświetlarkę. Inną techniką odwzorowania obrazu wielotonalnego w przestrzeń jednobarwnych punktów są mikrowzory (*ang. dithering*).

Oko człowieka

W obrazie zbudowanym z jednobarwnych plamek dostrzegamy półcienie dzięki specyficznym własnościom ludzkiego oka. Chodzi nie tylko o ograniczenia rozdzielczości widzenia, ale również o funkcjonowanie mechanizmów spostrzegania.

Rozdzielczość wzroku. Jak zapewne pamiętamy z lekcji biologii dno ludzkiego oka pokryte jest siatkówką w której znajdują się receptory reagujące na światło. Są to *czopki* i *pręciki*. Czopki odpowiadają za widzenie barw i wymagają dobrego oświetlenia, pręciki reagują wyłącznie na poziomy szarości, za to funkcjonują sprawnie również przy bardzo słabym świetle. Człowiek w każdym oku ma mniej więcej 9 milionów czopków i 100 milionów pręcików. Długość pręcików wynosi ok. 60 μm, a ich średnica ok. 2 μm. Długość czopków to przeciętnie 51 μm, a średnica zmienia się wraz z położeniem i wynosi 2 μm w centralnej części siatkówki i 10 μm na obrzeżach.

Centralna część siatkówki nosi nazwę *plamki żółtej*. Plamka żółta ma średnicę 2–3 mm i jest zbudowana z samych czopków. Wewnątrz plamki żółtej średnica czopków jest najmniejsza, a ich gęstość największa — przeciętna odległość między nimi jest równa ich średnicy (2 μm). Jest to obszar o największej rozdzielczości, ale obejmuje tylko ok. 1 stopnia pola widzenia. Poza plamką żółtą rozdzielczość gwałtownie spada i 3 stopnie od centrum zmniejsza się o połowę. Przestrzeń naszych sensorów optycznych jest więc dyskretna, z czego wynika, że nie widzimy wszystkiego.

Inne poważne ograniczenie rozdzielczości wzroku wynika z nieidealności układu optycznego oka. Z jednej strony ograniczeniem jest *dyfrakcja*. Im więcej światła, tym mniejsza średnica źrenicy i tym większy efekt uginania się promieni świetlnych, a obraz na siatkówce bardziej rozmyty. Gdy światła jest mniej, źrenica się rozszerza, dyfrakcja przestaje być krytyczna, ale obraz na siatkówce też będzie rozmyty ze względu na *aberrację* sferyczną i chromatyczną, czyli niejednorodne załamywanie światła przez skraj i środek soczewki.

Rozdzielczość wzroku jest największa przy średnich warunkach oświetlenia, tj. gdy średnica źrenicy wynosi ok. 3 mm. W takiej sytuacji obraz jasnego punktu pokrywa na siatkówce obszar o średnicy nie mniejszej niż 3,7 μm, co stanowi 36 sekund pola widzenia. Maksymalna rozdzielczość ludzkiego wzroku (tzw. *minimum separabile*) wynosi ok. 1 minuty kątowej. Jeżeli odległość kątowa między dwoma punktami jest mniejsza, to nieuzbrojone oko ludzkie punktów tych nie odróżni.

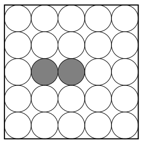
Postrzeganie. Wykorzystując ograniczenie rozdzielczości wzroku, można pokryć białą powierzchnię drobnymi kreseczkami lub kropeczkami w kolorze czarnym i wywołać wrażenie szarości. Stopień szarości będzie zależał od stosunku sumy powierzchni czarnych kropek do powierzchni białego tła na danym obszarze. Oko uśrednia nie tylko odcienie szarości, ale i barwy. Malując na białej powierzchni małe kropki przezroczystymi farbami (zwykle purpurową, żółtą i zielononiebieską) można uzyskać wrażenie różnych barw, w zależności od stopnia pokrycia obszaru każdą z barw podstawowych. W dalszej części tekstu będzie mowa wyłącznie o czerni, bieli i odcieniach szarości, ale wszystkie uwagi dotyczą również publikacji barwnych.

Postrzeganie nie ogranicza się do prostej i bezpośredniej analizy informacji dostarczonych przez receptory w oku. To co widzimy nie musi być tym samym co postrzegamy. Dużą rolę odgrywa wyobraźnia i kontekst sytuacyjny. Prawdopodobnie większość z nas brała udział w zabawach „psychologicznych" polegających na rozpoznawaniu obrazów zbudowanych z czarnych i białych plam. Na początku widać tylko bezładne plamy, wystarczy jednak informacja o kontekście obrazu, aby go rozpoznać. Na przykład wiedząc, że obraz taki przedstawia człowieka, dostrzeżemy twarz kobiety w kapeluszu — często z bogactwem szczegółów i półcieni. Bliższy życiu przykład to rysunek piórkiem. Obraz zbudowany z dobrze widocznych czarnych kresek jednakowej grubości wywołuje skojarzenia ze znaną rzeczywistością i czaruje bogactwem nieistniejących półcieni.

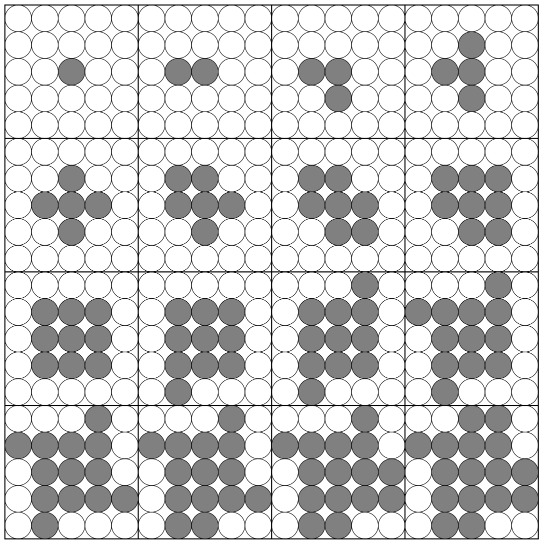
Poziomy szarości. Ile tak naprawdę poziomów szarości dostrzega człowiek? Na to pytanie wcale nie tak łatwo odpowiedzieć, jako że są różne szkoły, różne badania i różne wyniki. Podawane wartości mieszczą się w przedziale od 100 do 400, w zależności od źródła. Ważniejsze jest odpowiedź na pytanie ile poziomów szarości potrzeba do wykonania reprodukcji obrazu wywołującej zamierzony efekt. Odpowiedź ta zależy od między innymi od rodzaju obrazu i zamierzonego efektu. Jak usiłowałem to pokazać w powyższych punktach, wcale nie jest to odpowiedź oczywista.

Rastrowanie cyfrowe

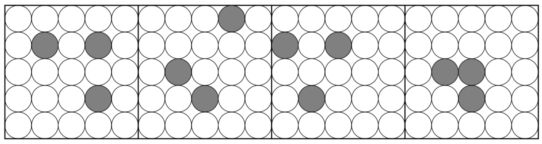
Chcąc wykonać reprodukcję obrazu wielotonalnego na drukarce czy naświetlarce należy pojedynczą plamkę rastra złożyć z wielu podstawowych kropek. Na przykład każda komórka siatki rastra może być kwadratem 5×5 kropek (razem 25 kropek):



Każda z kropek może być czarna bądź biała. Na powyższym rysunku tylko dwie kropki są czarne. Oznacza to, że stopień zaczernienia powierzchni pokrytej takimi komórkami wynosi 2/25, czyli 8%. Komórka zbudowana z m kropek umożliwia odtworzenie $m+1$ poziomów szarości, w naszym przykładzie mamy więc do dyspozycji 26 poziomów szarości: 0%, 4%, 8%, ... , 96%, 100% zaczernienia powierzchni. Na rysunku poniżej znajduje się 16 komórek rastra o kolejnych stopniach zaczernienia:



Jeżeli komórka rastra jest kwadratem $n \times n$ kropek, to liczba poziomów szarości, które można uzyskać wynosi n^2+1. Dla danego poziomu szarości ważna jest liczba zaczernionych kropek w komórce rastra, a nie to, które kropki są czarne. Na rysunku poniżej wszystkie komórki dają zaczernienie 12%.



Istnieje $\frac{n!}{(n-k)!k!}$ sposobów zamalowania k z n kropek. Na przykład 3 kropki z 25 można wybrać na 2300 sposobów.

Parametry rastra. Raster cyfrowy (np. w języku PostScript) opisują trzy parametry:

- liniatura;
- kąt;
- i kształt plamki.

W przykładach posłużę się tzw. klinem szarości, czyli prostokątem wypełnionym wszystkimi dostępnymi odcieniami szarości od bieli do czerni. Niestety, nie wiem na jakim urządzeniu będzie reprodukowany niniejszy dokument i rezultat końcowy pozostaje dla mnie niewiadomą, ale wierzę, że zmiany parametrów rastra będą widoczne. Obraz testowy w swej naturalnej postaci (tzn. dla ustawień domyślnych urządzenia) wygląda tak:

W języku PostScript do ustawiania parametrów rastra służy polecenie *setscren*, którego argumentami są: liniatura w liniach na cal, kąt w stopniach i funkcja kształtu plamki.

Liniatura. Gęstość siatki rastra, tradycyjnie mierzymy w Polsce w liniach na centymetr. Ze względu na wygodę będę wyrażał liniaturę rastra w liniach na cal (*ang. lines per inch*; lpi). Z wiadomych przyczyn właśnie takimi jednostkami posługują się dostępne programy i urządzenia. Liniatura określa ile plamek rastra mieści się na jeden cal (liniowo). Możemy popatrzeć jak zmienia się przykładowy obraz tonalny w zależności od zmian liniatury (dla kąta rastra 45°). W liniaturze 200 lpi:

dla 60 lpi:

37,5 lpi:

i 15 lpi:

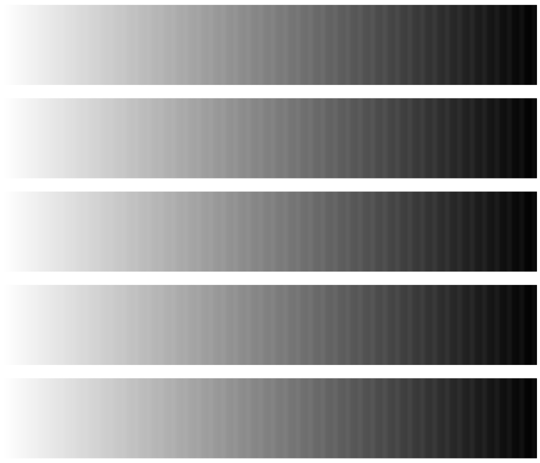
Widać, że dla liniatury 200 lpi stało się coś niedobrego. Zamiast łagodnego przejścia od bieli do czerni pojawiły się skokowe zmiany wartości tonalnej. Liczba dostępnych poziomów szarości jest zbyt mała do poprawnej reprodukcji obrazu. Efekt ten nazwany jest *posteryzacją* lub w przypadku klina szarości jak tutaj — *pasmowaniem.* Dlaczego zabrakło poziomów szarości? Ponieważ liniatura jest zbyt duża w stosunku do rozdzielczości urządzenia wyjściowego.

Rozdzielczość (R) drukarki bądź naświetlarki wyraża się w punktach na cal (*ang. dots per inch*; dpi). Stosunek tej rozdzielczości do zadanej liniatury (L) to wymiar boku kwadratu tworzącego komórkę rastra. Liczba dostępnych poziomów szarości (S) wynosi:

$$S = \left(\frac{R}{L}\right)^2 + 1$$

Dążenie do zmniejszania plamki rastra, tak aby była ona jak najmniej widoczna, niesie niebezpieczeństwo zbyt dużego ograniczenia liczby poziomów szarości. Zwykle widoczny raster znacznie mniej przeszkadza niż skoki tonalne.

Kąt rastra. Siatkę rastra można ustawiać pod różnymi kątami. Kąt rastra podaje się w stopniach. W liniaturze 37,5 lpi, zmiana kąta jest widoczna gołym okiem. Poniżej znajdują się rysunki dla kątów, od góry, 0°, 5°, 15°, 45° i 60°.

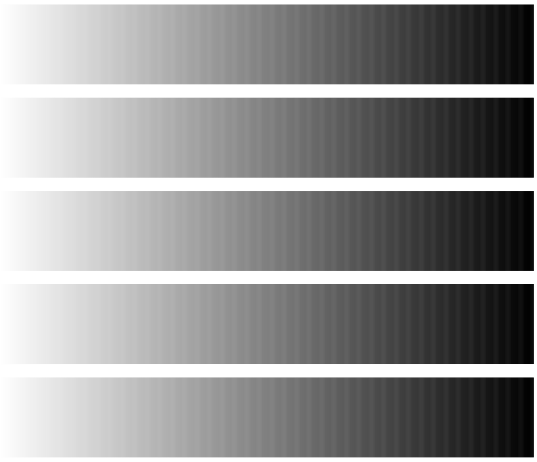


Wzorki geometryczne najbardziej rzucają się w oczy, jeśli zawierają elementy pionowe bądź poziome. Najmniej przeszkadza raster obrócony o 45°.

Kształt plamki rastra. Sposób tworzenia komórek rastra dla rożnych poziomów szarości można określić podając funkcję. W języku PostScript jest to funkcja dwóch zmiennych rzeczywistych z przedziału $-1, 1$, której wartości należą do przedziału $-1, 1$. W powyższych przykładach stosowana była funkcja $1 - (x^2 + y^2)$, co w zapisie PS wygląda następująco

```
{dup mul exch dup mul add 1 exch sub}
```

A oto inne funkcje dla liniatury 37.5 lpi i kąta 45°:



Odpowiednio:

```
{abs exch abs add 1 exch sub}
{add dup mul 5 div}
{exch pop}
{pop}
{abs add 2 div}
```

Dobór właściwej funkcji jest sprawą niebanalną. Zwykle idzie o to, żeby kropki w plamce były zgrupowane. Izolowane kropeczki sprawiają problemy w reprodukcji. Proste funkcje (jak te pokazane wyżej) dają wrażenie pasmowania przy przechodzeniu przez pewne, progowe wartości tonalne.

Stosując ciekawą funkcję można uzyskać bardzo atrakcyjne wzorki. Nie jest to jednak metoda zalecana do tworzenia efektów graficznych, ponieważ bardzo zależy od urządzenia drukującego.

Magia liczb

Przy okazji rastrowania nie sposób nie wspomnieć o kilku magicznych liczbach. Mam oczywiście na myśli 8, 16 i 256. Jakoś tak się złożyło, że bajt ma 8 bitów. W jednym bajcie można zapisać 256 różnych stanów. Jeśli bajt opisuje pojedynczy element obrazu, to mamy do dyspozycji 256 poziomów szarości. Niektórzy twierdzą, że człowiekowi to absolutnie wystarcza. Dodatkowo, 256 kropek da się ustawić w kwadrat o boku 16. Naprawdę trudno znaleźć inną tak poręczną trójkę liczb. Ich nieodparty urok urzekł nie tylko mnie, ale również twórców języka PostScript. Dzięki temu nasze praktyczne możliwości rastrowania ograniczają się do 256 poziomów szarości.

Na codzienny użytek warto zapamiętać pierwiastek tej liczby, czyli rozmiar boku kwadratu. Gdy już wiemy jaka liniatura jest potrzebna do wydrukowania naszej publikacji, to wartość tę (w lpi) mnożymy przez 16 i wiemy jaką minimalną rozdzielczość musi mieć naświetlarka. Na przykład, jeśli nasza praca nie może być drukowana z liniaturą mniejszą niż 75 lpi, to potrzebujemy naświetlarki o rozdzielczości co najmniej 1200 dpi. Można też liczyć w drugą stronę, tzn. mając drukarkę 600 dpi i w pamięci 16, ustalamy jaką liniaturą możemy zastosować, aby mieć do dyspozycji wszystkie 256 odcieni szarości (37,5 lpi).

Półtony w praktyce

Dobierając właściwą liniaturę należy mieć na uwadze urządzenie końcowe, na którym drukowana będzie publikacja. Jeśli urządzeniem tym jest współczesna drukarka, to o rastrowaniu możemy zapomnieć. Sposób rastrowania najlepszy dla tego modelu drukarki został wbudowany „do środka” przez producenta. Często jednak okazuje się, że na drukarce wydrukujemy tylko oryginał, który potem będzie powielany na kserokopiarce, risografie, czy powędruje do drukarni offsetowej. Zderzenie szarości wyprodukowanych optymalną techniką drukarki o rozdzielczości 1200 dpi z brutalną rzeczywistością starej kopiarki i najtańszego papieru, może być nieprzyjemne. I właśnie w takim momencie okazuje się, że umiejętność zmiany parametrów rastra jest przydatna.

Zmiana parametrów rastra. Nie zawsze jest łatwo zmienić parametry rastra. Dawniej było tak, że ustawienia domyślne urządzenia drukującego miały najmniejszy priorytet. Można je było zmienić w sterowniku do drukarki. Większy priorytet miały ustawienia w aplikacji, jeszcze większy ustawienia parametrów lokalnie dla konkretnego dokumentu, jeszcze większy ustawienia dla elementów tego dokumentu, itd. — raczej zgodnie z intuicją. Obecnie pojawiły się urządzenia z optymalnymi, wbudowanymi technikami rastrowania, które mają największy priorytet.

Nowoczesna, inteligentna drukarka może nie reagować na proste polecenia typu „zmień liniaturę” czy „obróć raster”. Sposób zmiany parametrów rastra na takim urządzeniu trzeba „odkryć” indywidualnie. Zwykle podanie pełnej definicji rastra (wszystkich jego parametrów jednocześnie) wymusza pożądane zmiany. Na taką okazję warto przygotować sobie jakąś sprytną funkcję kształtu plamki.

Reprodukowanie odcieni szarości. Problemy z plamkami rastra podczas reprodukcji są różnorakie. Przede wszystkim plamka zmienia swój rozmiar i to w sposób na pierwszy rzut oka nieprzewidywalny, tzn. zależny od technologii powielania i odcienia szarości. Przestrzeń półtonów przestaje być liniowa. W szczególności zbyt drobne plamki mogą zniknąć. Czy to dlatego, że „pospadają” z wałka maszyny drukarskiej, czy nie zostaną „znalezione” podczas kopiowania kserograficznego, czy nie przylepią się do papieru. Rezultat końcowy jest ten sam — poniżej pewnego stopnia zaczernienia jest już tylko biel. Podobne ograniczenie czeka z drugiej strony. Kropelki farby się zwiększają przy dociskaniu wałkiem, toner się skleja, itp. W efekcie zamiast np. 90% czerni otrzymamy 100%.

W praktyce może się okazać, że liczba poziomów szarości, którą dysponujemy wcale nie wynosi 256. Przy tanim druku offsetowym na najtańszym papierze, czy kopiowaniu kserograficznym, zakres dostępnych wartości tonalnych może zaczynać się od 10%, a kończyć na 90%. Tak naprawdę liczba dostępnych odcieni szarości to tylko 80% z 256, czyli około 200. Jakość reprodukcji może być zadowalająca, z wyjątkiem znikających detali w bieli lub czerni.

Nie zawsze zmiana techniki powielania na lepszą (droższą) jest wykonalna. Zwykle wystarczy delikatnie zmienić widmo obrazu. Elementy białe nieco przyszarzyć, a czarne rozjaśnić. Klasycznym przykładem są „faceci w czerni” spotykani w gazetach. Na reprodukcjach zdjęć giną wszystkie detale ciemnych marynarek (a twarze są plastyczne i nie nazbyt kontrastowe). Dużo lepiej wygląda nieco jaśniejsza niż w rzeczywistości marynarka, niż czarna plama. Szczyt „horroru” to młoda para na ślubnym kobiercu, umieszczona na przeciwnych biegunach naszej przestrzeni szarości. Wystarczy ich do siebie nieco „zbliżyć” (ją przyszarzyć, jego rozjaśnić) i do gazety. Funkcje takich transformacji obrazów są dostępne w języku PostScript. Można z nich korzystać również przy pomocy wielu aplikacji.

Oszczędzając na kosztach druku przeżyjemy wiele emocjonujących przygód. Poszukując rozwiązań należy określić ile tak naprawdę poziomów szarości potrzebujemy. Zbyt mała liniatura rastra może powodować, że ramki tekstowe wyróżnione szarym tłem będą bardzo słabo czytelne. Ale akurat w tym miejscu potrzebny jest nam jeden z kilku poziomów szarości, więc liniaturę bez kłopotu można zwiększyć. Jeśli zaś mamy naprawdę dużo pieniędzy na druk, to o opisanych wyżej problemach możemy zapomnieć.

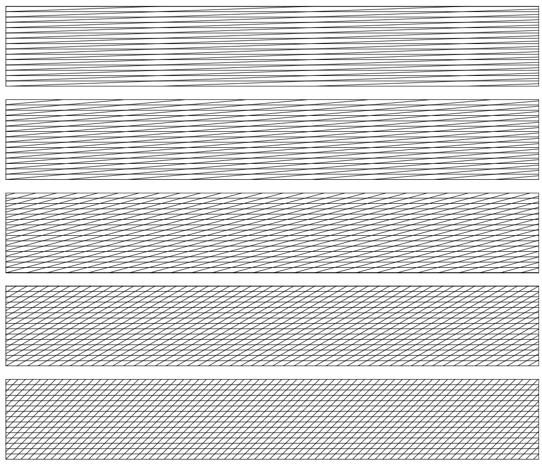
Kiedy rastrować?

Zasadniczo im później tym lepiej. Dobrym pomysłem jest rastrowanie dopiero na poziomie urządzenia drukującego (czyli PostScript). Można rastrować już w podczas skanowania, czy w programie, którym obrabiamy zdjęcia. Zwykle jednak zbyt wczesne rastrowanie nie prowadzi do niczego dobrego. Obrazy zrastrowane są większe. Bez kompresji współczynnik wynosi aż 32 razy (dla 256 odcieni szarości 8 bitów jest zastępowane przez 256). Mimo tak znacznego zwiększenia liczby bitów informacja o obrazie się nie powiększa, za to pojawia się informacja o sposobie budowania plamki rastra. Zrastrowany obraz nie jest skalowalny. Zmiana wielkości może powodować pojawienie się „kraty”.

Nawet jeśli istnieją przesłanki skłaniające do wcześniejszego rastrowania, to nie należy pozbywać się oryginałów.

Siatki i kłopoty

Współczesne rastrowanie cyfrowe nawiązuje bardzo mocno do tradycji rastrowania fotograficznego. Elementem łączącym obie technologie jest regularna siatka, w której umieszczone są elementy rastra. Siatki mają tę niemiłą cechę, że nakładane na siebie mogą tworzyć bardzo interesujące, acz nie zawsze pożądane wzory, zwane czasem *morą*. Wzór zależy od gęstości siatek i kąta, pod jakim są ustawione. Na poniższym rysunku siatki są nałożone na siebie odpowiednio pod kątem 2°, 5°, 15°, 20°, i 45°.



Efekty wynikające z nakładania się siatek mogę powodować problemy przy reprodukcji pewnych obrazów oraz w drukach barwnych, gdzie drukowane są cztery nakładające się siatki. Teoretycznie nic nie stoi na przeszkodzie, aby tworzyć siatki o wzorze nieregularnym. W praktyce język PostScript zaimplementowano tak, że nie umożliwia stosowania stochastycznych funkcji kształtu plamki rastra. Kształt plamki odpowiadającej danemu poziomowi szarości jest wyliczany tylko raz, a potem przechowywany w pamięci. Przyśpiesza to znacznie proces rastrowania, ale stosując funkcję losową, różnice zauważymy dopiero między kolejnymi wydrukami.

Alternatywne techniki rastrowania są dostępne poza PostScript-em.

Oprócz rastrowania *stochastycznego* istnieje rastrowanie *częstotliwościowe*, gdzie nie tworzy się zwartych plamek, lecz zaczernia odseparowane punkty w przestrzeni wyjściowej drukarki. Częstotliwość pojawiania się kropek na papierze odpowiada poziomowi szarości. Jest to metoda wymagająca bardzo precyzyjnych (i najdroższych) maszyn drukarskich, które nie pogubią małych punktów. W literaturze specjalistycznej można znaleźć wiele dalszych propozycji algorytmów i urządzeń rastrujących, nie wiem jednak na ile te pomysły mają znaczenie praktyczne.

Skanowanie

Na koniec powróćmy do tytułu. Milcząco zakładałem, że zdjęcie, które ma być wydrukowane zostało wskanowane. Skaner nie musi być skanerem, może to być cyfrowy aparat fotograficzny, kamera video, itp. Przystępując do skanowania należy wiedzieć jakie będzie przeznaczenie skanu. Jeśli interesuje nas druk, to musimy ustalić z jaką liniaturą będziemy rastrować.

Gęstość próbkowania podczas skanowania musi być *dwa razy* większa od liniatury. Na przykład, jeśli chcemy uzyskać pełne 256 odcieni szarości na drukarce 1200 dpi, to zastosujemy liniaturę (16 w pamięci) 75 lpi, więc skanujemy z gęstością 150 punktów na cal. Dbając o to, żeby skaner zapewnił co najmniej 8 bitów na próbkę, i żeby były to bity odpowiadające rzeczywistości (nie należy się tu sugerować napisami na pudełku od skanera, skaner 8-bitowy zwykle tak naprawdę jest 6-bitowy). Jeśli skaner powiększa (np. skaner slajdów), to zawsze możemy policzyć sobie, że na każdy wydrukowany cal zdjęcia potrzebujemy 150 ośmiobitowych punktów obrazu.

Skąd się bierze *dwa razy*? Bez tego nadmiaru informacji spadek jakości reprodukcji może być widoczny. Komórki obróconego rastra nie muszą pokryć się z punktami obrazu, a do przeliczeń dobrze jest mieć pewien zapas danych. Dwukrotnie więcej informacji to absolutne maksimum. Skanując dokładniej poniesiemy większe koszty (czas, miejsce na dysku) nie zyskując poprawy jakości. Jeśli skanów jest dużo, to warto sprawdzić, czy nie wystarczy współczynnik 1,6 albo mniejszy. Będzie szybciej i taniej, a jakość się nie zmieni.

Skanując zdjęcia wydrukowane trzeba pamiętać o możliwym konflikcie siatek. Przed ponownym wydrukowaniem zdjęcie takie należy delikatnie rozmyć.

Warto też wiedzieć, że niektóre programy do składu czy tworzenia grafiki wczytując zdjęcie bardzo mocno sugerują się liniaturą przypisaną do wybranego modelu drukarki. Program zapamiętuje minimalną ilość danych. Jeśli obraz jest za dokładny, to zostaje przepróbkowany do mniejszej rozdzielczości i dopiero potem zapamiętany. Jeśli po wykonaniu pięknej grafiki zmienimy domyślną drukarkę (600 dpi) na naświetlarkę (2400 dpi), to może nas czekać niespodzianka. Przeglądając reklamy w prasie prowincjonalnej mam wrażenie, że wiele osób się tym wcale nie przejmuje.

Podsumowanie

Tak naprawdę wiedza o rastrowaniu nie jest potrzebna. Wszystko załatwiają za nas inteligentne drukarki. Wystarczy wiedzieć, że przygotowując zdjęcie do wydruku na drukarce o rozdzielczości 600 dpi nie trzeba płacić za skanowanie z rozdzielczością 600 próbek na cal.

Jeśli przy kopiowaniu wydruku na kserokopiarce ktoś będzie zmuszony wymienić papier na lepszy, to po lekturze tego tekstu będzie wiedział dlaczego. Myślę, że zawsze lepiej wiedzieć więcej. Być może zdarzy się potrzeba przygotowania zdjęcia do druku na papierze gazetowym lub nawet do przesłania faksem.

Literatura

Wiadomości podane w tekście można znaleźć m.in w następujących publikacjach:

[1] B. Jackowski, „*Szare jest piękne*”, Biuletyn GUST, Zeszyt 6, str. 45–50, 1995.

[2] B. Jackowski, „*Grafika dyskretna*”, Bachotek 1998.

[3] J. M. Nowacki, `poligraf.tex` *czyli Między TEX-em a drukarnią*”, Biuletyn GUST, Zeszyt 8, 1997.

[4] J. Zabrodzki i inni, „Grafika komputerowa, metody i narzędzia”, Warszawa, WNT, 1993.

[5] „*PostScript language referance manual*”, Addison-Wesley, 1990.

[6] D. Blatner, S. Roth, „*Skanowanie i półtony w praktyce*”, Kraków, Lettera-Graphic s.c, 1995.