

ANDRZEJ KUNSTETTER

Heidelberg Polska

MultiDot – nowa idea rastrowania AM

Słowa kluczowe: raster, farba, przyrost punktu rastrowego, modulowanie amplitudowe, system MultiDot.

Technologia rastrowania autotypijnego pozwala na odwzorowanie za pomocą techniki jednotonalnej, jaką jest offset, obrazów wielotonalnych – naturalnie, wykorzystując określoną i ograniczoną zdolność rozdzielczą oka przy określonej odległości obserwacji. W sytuacji, gdy receptory rozmieszczone na siatkówce oka nie są w stanie rozróżnić kształtów drobnych elementów, zmysł wzroku interpretuje docierające doń światło jedynie w kategoriach ilościowych. Ta cecha widzenia (którą można nazwać „niedoskonałością”, ale nie wadą) pozwala na symulację obrazów wielotonalnych za pomocą techniki jednotonalnej. Naturalnie fizyczna rozdzielczość tak zreprodukowanego obrazu musi być wielokrotnie wyższa, niż ta faktycznie potrzebna do rozróżnienia najdrobniejszych elementów reproduktowanego obrazu.

Technologię autotypijną w rozumieniu czysto teoretycznym cechuje jedynie odwzorowanie wartości tonalnych poprzez zróżnicowanie względnego pokrycia powierzchni. W praktyce drukowania offsetowego powstają zjawiska natury nieco bardziej złożonej – w niniejszym artykule chciałbym zwrócić uwagę na dwa z nich, które mają bezpośredni wpływ na odwzorowanie wartości tonalnych. Pierwsze z nich (zwane przyrostem punktów rastrowych [ang. *dot gain*]) powoduje, że faktycznie odwzorowywana wartość tonalna jest wyższa, niż wynikałoby to z teoretycznego pokrycia powierzchni na formie drukowej. Drugie związane jest z samym procesem wypierania farby przez roztwór nawilżający na formie drukowej.

Przyrost punktów rastrowych jest tylko częściowo związany z technologią drukowania offsetowego – jego bezpośrednia przyczyna jest trojakiego rodzaju:

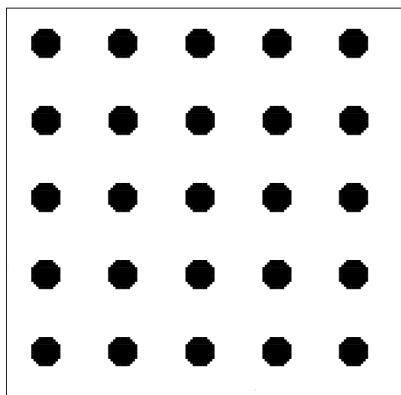
- poprzez fakt rozlewania się farby na podłożu („a”) – efekt dotyczy każdej technologii drukowania polegającej na przekazywaniu środka barwiącego (farby, tuszu, atramentu...) na podłoże i nie jest bezpośrednio związany z offsetem;
- poprzez fakt deformacji obciążenia gumowego cylindra pośredniego („b”) – efekt dotyczy każdej technologii pośredniej wykorzystującej element zwany obciążeniem gumowym; obecnie związane jest to prawie wyłącznie z technologią offsetową;
- poprzez tzw. przyrost optyczny („c”) – zjawisko dotyczy każdej autotypijnej technologii drukowania, w której iloczyn grubości warstwy środka bar-

wiącego (farby, tuszu, atramentu...) i długości linii brzegowej drukowanych elementów jest porównywalny co do dwóch rzędów wielkości z powierzchnią drukowanych elementów. Efekt dotyczy zatem w największym stopniu tych technologii, w których warstwa środka barwiącego ma mierzalną grubość (tak jak np. w offsecie), zaś w dużo mniejszym tych, w których środek barwiący wnika w zadrukowywane podłoże. W tym ostatnim przypadku zjawisko jest zauważalne jedynie dla podłoży przeświecalnych. Celowo pomijam tu sporadycznie występującą sytuację, w której mimo zastosowania technologii offsetowej farba całkowicie wnika w strukturę podłoża.

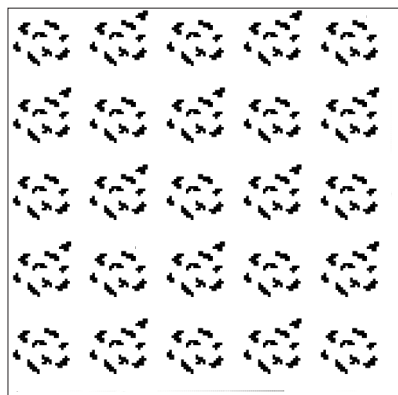
O ile zjawisko przyrostu punktów rastrowych jest stosunkowo dobrze zdefiniowane i przewidywalne, o tyle procesy rządzące wypieraniem farby przez roztwór nawilżający w drukowaniu offsetowym są dużo trudniejsze w opisie matematycznym ze względu na bardzo wiele czynników wzajemnie na siebie wpływających i uniemożliwiających ich jednoznaczne zdefiniowanie. Założenia opisu matematycznego tego procesu, jakkolwiek możliwe do zdefiniowania, wykraczają poza ramy niniejszego artykułu i na jego potrzeby opisywany proces można traktować jako całkowicie empiryczny.

Udział poszczególnych czynników („a”, „b”, „c”) w całkowitym przyroście wartości tonalnych na druku nie jest równy procentowemu udziałowi powierzchni drukującej w całej powierzchni formy drukowej. O ile czynniki tzw. geometryczne („a” oraz „b”) powodują fizyczny wzrost udziału zadrukowanej powierzchni – tj. środek barwiący na podłożu zajmuje fizycznie większą powierzchnię niż ta, którą zajmowały elementy drukujące na formie drukowej, o tyle czynnik optyczny („c”) powoduje pozorny wzrost zadrukowanej powierzchni – elementy pochłaniające światło nie są fizycznie pokryte środkiem barwiącym.

Przykład fragmentu tenty o wartości tonalnej ok. 10% przy zastosowaniu klasycznego rastra AM – punkt rastrowy okrągły, kąt $0^{\circ}/90^{\circ}$ (struktura teoretyczna – symulacja)



Przykład fragmentu tenty o wartości tonalnej ok. 10% przy zastosowaniu rastra AM – MultiDot, kąt $0^{\circ}/90^{\circ}$ (struktura teoretyczna – symulacja)



Udział poszczególnych czynników składających się na sumaryczny przyrost punktów rastrowych nie jest równy – suma czynników „a” oraz „b” stanowi zazwyczaj nie więcej niż 30% całości zjawiska.

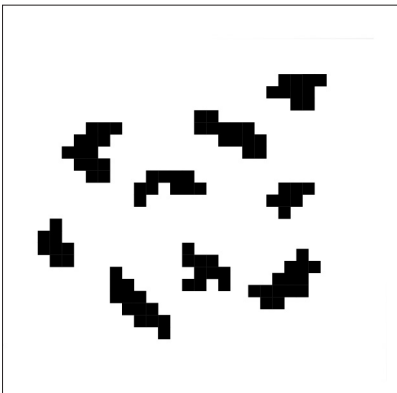
Powstają zatem dwa pytania:

- czy w ogóle rodzaj rastra – a w szczególności kształt punktów rastrowych może, choćby teoretycznie, mieć wpływ na zużycie farby w procesie drukowania offsetowego,
- jeśli tak, to jakie szczególne czynniki mogą decydować o wielkości tego zjawiska.

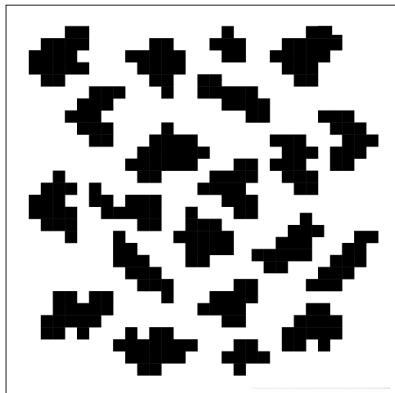
Odpowiedź na pierwsze z pytań jest twierdząca: jeśli nie budzi wątpliwości, że istnieją niezadrukowane elementy zadrukowywanego podłoża, które nie odbijają światła tak, jak podłoże pozbawione środka barwiącego (a w zasadzie odbijają je w dużo mniejszym stopniu niż czyste podłoże) – wzrost udziału powierzchni tych elementów skutkuje wzrostem wizualnej wartości tonalnej bez wzrostu zużycia środka barwiącego – tu: farby offsetowej. Głównym czynnikiem wpływającym na wielkość tego zjawiska jest stosunek powierzchni fizycznie pokrytej środkiem barwiącym i powierzchni niepokrytej środkiem barwiącym, ale pochłaniającej światło w powyżej opisany sposób. Naturalnie dla pełni opisu tego zjawiska należy uwzględnić także stopień, w jakim wspomniane elementy obrazu (nie pokryte środkiem barwiącym) pochłaniają padające światło.

Oczywiście warto zauważyć, że obszar o wartości tonalnej 0% nie będzie powodował żadnej dodatkowej oszczędności, a podany uprzednio stosunek prowadzi do nieoznaczoności i nie może być zastosowany. W przypadku pola pełnego nie mamy w ogóle do czynienia z rastrem, zaś obszar „pozornego zadrukowania”, o którym była mowa poprzednio, pojawia się jedynie wokół całego fizycznie zadrukowa-

Przykład kwadratu elementarnego przy wartości tonalnej ok. 10% z zastosowaniem rastra AM – MultiDot (struktura teoretyczna – symulacja)



Przykład kwadratu elementarnego przy wartości tonalnej ok. 50% z zastosowaniem rastra AM – MultiDot (struktura teoretyczna – symulacja)



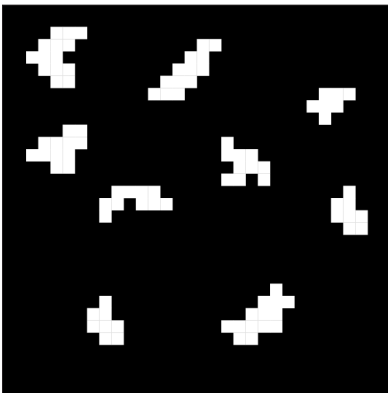
nego obszaru i zazwyczaj ma tak niewielki udział w całości zadrukowywanej powierzchni, że pozostaje bez praktycznego wpływu na powstanie jakichkolwiek oszczędności.

Efekt zmniejszenia zużycia środka barwiącego w odniesieniu jedynie do części optycznej zjawiska przyrostu punktów rastrowych (bez uwzględniania innych zjawisk charakterystycznych tylko dla technologii offsetowej) teoretycznie – na danym podłożu i przy wykorzystaniu danego środka barwiącego – zależy jedynie od tzw. długości linii brzegowej punktów rastrowych. Zakładając teoretycznie, że grubość warstwy farby na całym druku jest stała, a podłoże jest nieprzeświecalne, wielkość powierzchni nieprzeświecalnej oraz niepokrytej środkiem barwiącym, a odbijającej światło w stopniu mniejszym niż inne, niezadrukowane elementy podłoża jest wprost proporcjonalna do stosunku sumy obwodów wszystkich obszarów fizycznie pokrytych środkiem barwiącym do powierzchni tych obszarów. Grubość warstwy farby jest w tym przypadku współczynnikiem proporcjonalności.

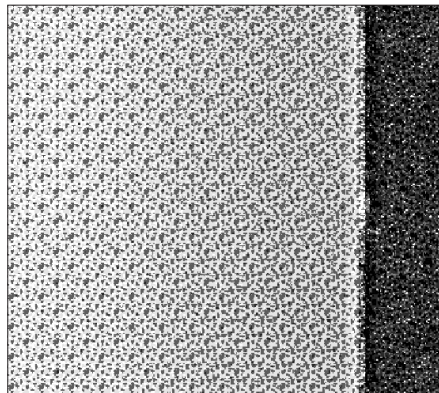
W sytuacji, gdy podłoże jest przeświecalne, współczynnikiem proporcjonalności staje się liczba będąca iloczynem grubości warstwy farby oraz kolejnego współczynnika, wynikającego ze stopnia przeświecalności i rozproszenia światła przez zastosowane podłoże.

Wpływ tylko tych wymienionych czynników powoduje, że bardzo trudno jest oszacować nawet teoretyczny wynik wpływu kształtu punktu rastrowego na potencjalne oszczędności w zużyciu środka barwiącego (tu: farby offsetowej). Do tego dochodzą zjawiska związane z rozkładem grubości farby offsetowej w zależności od odległości danego punktu zadrukowanego obszaru od jego krawędzi – jest to zjawisko istotne szczególnie dla bardzo małych obszarów, jak ma to miejsce w przypadku punktów rastrowych – w szczególności tworzących struktury rastrowe o drobnych punktach. Tu pojawia się wpływ zjawisk charakterystycznych

Przykład kwadratu elementarnego przy wartości tonalnej ok. 90% z zastosowaniem rastra AM – MultiDot (struktura teoretyczna – symulacja)



Przykład fragmentu obrazu zrastrowanego za pomocą struktury MultiDot – złożenie CMYK (struktura teoretyczna – symulacja)



dla samej technologii drukowania offsetowego, zasadniczo zmieniających ten rozkład.

Ta dodatkowa komplikacja nie zmienia jednak zasadniczych założeń, pozwalających na drodze matematycznej dobrać optymalny kształt punktów rastrowych. Szczegółowy kształt punktów dobrany pod kątem zużycia farby musi (po analizie matematycznej) zostać dodatkowo zweryfikowany, a następnie zoptymalizowany na drodze empirycznej (ze względu na wielką liczbę czynników wpływających na wynik). Czynniki te zostały jedynie zasygnalizowane w niniejszym artykule. Nie należy zapominać o jakości odwzorowania, jaką dana struktura powinna zapewniać; winna ona zostać zaprojektowana pod kątem jak najwierniejszej reprodukcji drobnych elementów, jak najmniejszej widoczności samej struktury rastra oraz odporności na wzajemną interferencję wyciągów oraz interferencję rastra z reprodukowanym obrazem. Ważna jest też percepcyjna jednorodność dużych, gładkich obszarów o zbliżonej wartości tonalnej – z tą właśnie cechą związany jest największy problem występujący w przypadku wykorzystania rastrów typu FM [ang. *frequency modulated*] zwanych też stochastycznymi z powodu udziału w procesie rastrowania czynników losowych lub pseudolosowych.

* * *

Spełnienie opisanych powyżej założeń legło u podstaw stworzenia nowego sposobu rastrowania – a projekt polegający na jego opracowaniu zyskał uznanie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), uzyskując pierwsze miejsce na liście projektów, które otrzymały dofinansowanie. Dzięki środkom przyznanym przez NCBR możliwe stało się nie tylko teoretyczne opracowanie założeń nowego systemu rastrowania, ale także przeprowadzenie prac badawczych nad stworzeniem odpowiednich modeli matematycznych wraz z potwierdzeniem ich empirycznie. Ponadto w ramach projektu prowadzone są prace nad zastosowaniami przemysłowymi nowego systemu rastrowania oraz wszechstronne testowanie działania opracowanych rozwiązań w warunkach realnej produkcji.

System rastrowania, o którym mowa, został, ze względu na swój sposób działania, nazwany MultiDot i pod tą nazwą zyskał ochronę patentową.

MultiDot nie jest rastrem modulowanym częstotliwościowo. Mimo swych niewątpliwych zalet system rastrowania FM obarczony jest szeregiem wspomnianych powyżej oraz szeroko opisywanych w literaturze bardzo istotnych wad. Z tego właśnie powodu raster MultiDot został opracowany jako struktura modulowana amplitudowo (AM), nie mająca elementów losowych ani pseudolosowych. Największą innowacją MultiDot w stosunku do rozwiązań klasycznych jest podział komórki rastrowej na klastry – co bardzo istotne – o różnej wielkości. Kontrolowane wydłużenie linii brzegowej komórek rastrowych przy zachowaniu proporcji kształtu punktów wewnątrz subkomórek oraz regularności struktury rastrowej zaowocowało podwyższeniem stopnia odwzorowania szczegółów, zmniejszeniem podatności rastra na interferencje, pozornym wzrostem dynamiki obrazu (z wykorzystaniem szczególnych cech ludzkiego wzroku) oraz oszczędnością środka barwiącego (tu: farby offsetowej, gdyż badania dotyczą w głównej mierze offsetowej

technologii drukowania) bez pogorszenia stabilności procesu drukowania. Raster MultiDot jest obecnie testowany w kilku drukarniach offsetowych, a przewidywane teoretycznie oszczędności farby znajdują potwierdzenie w testach przemysłowych.

Cechy rastra MultiDot stały się także podstawą do jego zupełnie innego zastosowania, jakim jest ochrona przed nieuprawnionym kopiowaniem obiektów zadrukowanych oraz kontrola autentyczności druków poprzez kodowanie w strukturze rastrowej jawnej bądź ukrytej informacji. W tym obszarze zastosowań raster MultiDot otrzymał nazwę MultiDot Security. Zasada jego działania będzie stanowiła przedmiot osobnego artykułu.

Bibliografia

1. Boff K.R., Kaufmann L., Thomas P., *Handbook of Perception and Human Performance vol. 1*. New York–Chichester–Brisbane–Toronto–Singapore 1986.
2. Ulichney R., *Digital Halftoning*. MIT Press, Cambridge/Mass. 1987.
3. Venkata Damera N., Evans B.L., *FM halftoning via block error diffusion. International Conference On Image Processing, vol. 3*. Thessaloniki 2001.
4. Wadle H., *An Introduction to Screening Technology, Expert Guide*. Heidelberg Druckmaschinen AG., Heidelberg 2007.
5. Aijazi A.T., *Hybrid Color Halftoning, Master thesis*. Linköping University – Department of Science and Technology, Linköping 2010.
6. Žitinski P. E., *Halftoning for Multi-Channel Printing*, Linköping University – Department of Science and Technology, Linköping 2014.
7. US Patent nr US 8,576,449 B2 Nov 2013. *Parametrically Controlled halftone Spot Function for an Irregular Halftone Grid*.
8. US Patent nr US 2006/0002603 A1 Jan 2006. *Optical Proximity Correction in Raster scan printing based on corner matching templates*.

Abstract

MultiDot – the new AM screening concept

Screening technology let reproduce continuous tone images using bilevel printing method (as f.e. offset). Some properties of human eye allows the correct reception of the continuous tone image. One have to remember, that tonal value (caused by surface covered by printing elements only) existing on the printing plate is not the same as the one present on the printout. In offset printing technology the difference between tonal value on the printing plate and on the printout is provoked by two different phenomenons: one is the Dot Gain, while the other is caused by driving the ink out by dampening solution.

The Dot Gain effect has 3 main reasons:

- spilling out of the ink on the printed surface,
- deformation of transfer medium (f.e. offset blanket) – present only when indirect printing technology is in use
- “shadow” of the printing ink layer,

... and is well defined and known. The mutual (the ink and the water/dampening solution) influence is very difficult to predict using mathematic formulas.

We can observe, that (because of the Dot Gain effect) there are some areas not covered by ink, but absorbing the light as they would be – so it can be a base for some ink saving – if the effect would be used properly.

However the FM screening has significant DotGain effect (so ink saving should be noticeable), it demonstrates lot of disadvantages: less print stability, unevenly flat areas and many, many others.

To fulfill some expectations the new AM screening was developed (and patented). It was named MultiDot and is based on multi-cluster principle, where – what's important – single clusters have different size and shape. Optimal shape and tonal function caused, that newly developed screening concept let the user receive stable, rich in details and Moire free images with significant ink-saving capabilities.

The other aspect of using MultiDot screening structure is to prevent prints against illegal copying and allowing the user to confirm (or deny) the authenticity of certain printouts or goods – this functionality is called MultiDot Security and will be a subject of another article.

