



# FOTOĞRAFIN SAYISAL YÜZEYLERİ ALGILAYICILAR

CCD, CMOS, Foveon, Super CCD... Çok yakında bu liste daha da uzayacak. Görüntü algılayıcıların becerilerini geliştirmeye yönelik araştırma ve çalışmalar tüm hızıyla sürüyor. Kimileri giderek küçültülüp cep telefonlarının maharetlerini artırıyor, kimi de yeterince büyütülüp geleneksel fotoğraf kalitesini yakalamaya çalışıyor. Bu hareketlilik süredururken, özellikle sayısal fotoğrafla uğraşanların, algılayıcıların işleyişini anlamak gibi bir zorunlulukları da var. Çünkü bu sayısal yüzeylerin özellikleri, çekilen fotoğrafın kalitesinde de bir belirleyici.

Sayısal fotoğrafın, piksel denen yüzlerce, binlerce ya da milyonlarca minik karelerden oluştuğunu artık hepimiz biliyoruz. Bir görüntüyü yakalamak ve depolamak için film kullanan geleneksel fotoğraf makinelerinden farklı olarak sayısal makineler, görüntü algılayıcısı denen yarıiletken bir aygıt kullanırlar. Çoğu tırnak büyüklüğündeki bu aygıtlar, tek bir pikselin parlaklığını yakalayan ve "fotosit" denen ışığa duyarlı diyotların milyonlarcasını içerirler. Sayısal makine, deklanşörüne basıldığında örtücüyü açıp, ışığı sayısal yüze-

ye yani algılayıcıya ulaştırır. Objektif, manzarayı algılayıcının üzerine odakladığında, fotositler en parlak, en koyu bölgelerle bunlar arasındaki her türlü parlaklık düzeylerini kaydederler. Bu kayıt işlemi şöyle gerçekleşir. Her fotosit kendi üzerine düşen ışığı bir elektriksel gerilime dönüştürür. Gerilim düzeyleri, örneğin 0,2344 Volt (V) gibi analog değerler alır. Bu gerilim düzeyi, örneğin 3 V gibi, oluşabilecek en yüksek gerilim değeriyle oranlanır:  $0,2344 V / 3 V$ . Sonra da bu oran, kullanılan 24 bit algılayıcılarda 0 - 255 tamsayı aralığındaki en yakın tamsayıya çevrilir:  $0,2344 V / 3 V * 256 = 20$ . Bu yolla her piksel için, sayısal ışık düzeyi belirlenir. Analog/sayısal (A / D) çevrim denen bu matematiksel işlem sırasında, oluşan kesirler bir tamsayıya tamamlanır. Bu durum, aslında bir sorunun işaretidir: Hesaplamalar sırasında ışık bilgisi bir kayba uğrar. İşte A / D çevriminin en büyük sorununu, hesaplama kaynaklı olan bu kayıplar oluşturur. Kayıpları azaltmanın bir yolu 30 - 36 - 48 bit algılayıcılar kullanan makinelerden yararlanmak. Bu makinelerde ışık miktarı 256 yerine 1024 - 4096 -

65.536 basamakla ölçülür. Ayrıntıların önemli olduğu işlerle uğraşıyorsanız, böylesi gelişkin sistemlerle gerçek renklere ulaşabilirsiniz; ama, bu tür bir makineye yatracak çok paranız varsa!.. Ek olarak, böyle bir makineyle çekilen fotoğraflar da inanılmaz büyüklükte olacağından, görüntü işlemenin yapılabildiği yazılım ve bilgisayarın da yeterli kapasitede olması gerekir.

## Renk

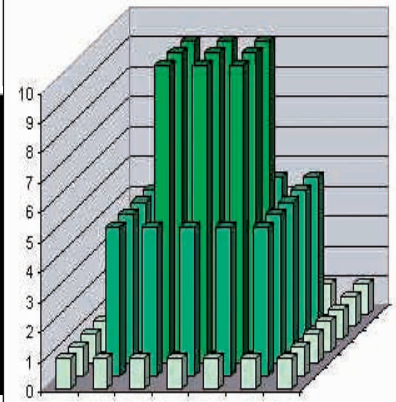
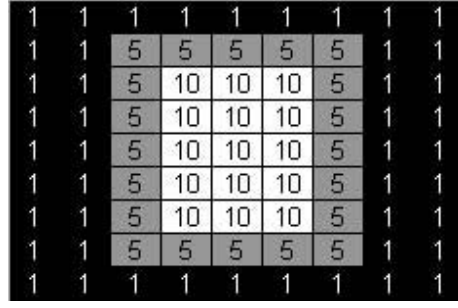
Sayısal fotoğrafik görüntüdeki renkler, üç ana renk (kırmızı:red, yeşil: green ve mavi:blue) üzerine kurulu. Kameraların çok büyük bir çoğunluğu RGB renk sistemini, çok az sayıda gelişkin birkaç kamera ve bütün baskı araçları da CMYK renk sistemini (siyan:cyan, macenta:magenta, sarı:yellow vğ siyah) kullanırlar. Renk konusunun ayrıntılarına, dergimizin Ekim 2006 sayısında uzun uzun değinmiştik.

Fotoğrafın keşfedildiği yıllarda siyah beyaz kaydedildiğini artık bilmeyen yoktur. Fotoğrafın renkliye geçişiye, oldukça uzun ve zahmetli araştırmala-

rın ardından olabildi. Renkli fotoğraf konusundaki en büyük ilerleme, James Clerk Maxwell'in 1860'ta, kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerle renkli fotoğraf oluşturulabileceğini bulmasıydı. Birlikte çalıştığı fotoğrafçı Thomas Sutton ekose bir kumaş parçasını üç kez fotoğrafladı. Her çekimde, objektifin önüne farklı renkteki renkli filtrelerden birini taktı. Bu üç görüntü banyo edilip, geliştirildi ve sonra her biri, üç farklı projektörden tek bir ekran üzerine düşürülerek izlendi. Her projektörün önünde, gösterdiği fotoğrafın çekimi sırasında kullanılanla aynı renkte bir filtre bulunuyordu. Bu üç görüntü, ekranda üst üste bir araya getirildiğinde, bütün renklerin oluştuğu tek bir görüntü şekillendi. Yüzyılı aşkın bir süre sonra yeniden, aslında görüntüyü siyah beyaz kaydeden görüntü algılayıcıları da hemen hemen aynı yolla çalışıyorlar. Farklı olanları da var ama, en çok kullanılan ve geçerliliği kabul görmüş Bayer renk filtresinden söz ederek, renklerin, algılayıcıda nasıl oluştuğunu birlikte inceleyelim. Algılayıcıdaki her fotositin önünde, kırmızı (K), yeşil (Y),

## Renk Derinliği

Fotositlerin, üzerine düşen ışık miktarına göre bir gerilim ürettiklerini; üretilen gerilimlerin düzeylerininse, oranlama yoluyla yapılan bir hesaplamayla 0 - 255 arasında bir tamsayıya çevrilir. Bu oranın neden 0 - 255 aralığında olduğunu merak edebilirsiniz. Bilgisayarlar ya da sayısal teknolojiyle çalışan tüm araçlar, herhangi bir ara değerle değil, ikili sistemden sayılarıyla çalışır. Tüm değerler 0 ve 1'lerle ifade edildiğinde, 2'lik sayı düzeninde yazılmış uzun sayı dizileri elde edersiniz. Sayısal terminolojide, 0 ve 1'lerden oluşan her sayı dizisinin her bir basamağına "1 bit" denir. Bu nedenle, ışık düzeyini 256 basamakla ifade etmek için 8 bite gereksinim duyulur; Sıfır, ikili sistemde 00000000'la, 255'se 11111111'le ifade edilir. Her renk için 8 bit kullanıldığından, 3 x 8 bit olmak üzere toplam 24 bitlik bir renk derinliği elde edilir. Bu boyuttaki bir renk derinliğinde;  $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$  renk ya da kısaca 16,8 milyon renk elde edilir. 30, 36, 48 bit algılayıcılarıdaysa sırasıyla her renk için, 1024 - 4096 - 65.536 ara değer ölçülebilir ki, 30 bit yaklaşık bir milyar, 36 bit 68 milyar, 48 bit'le 280 trilyon ton farkı oluşturulabilir. Bu kadar ton farkını ayırtmeksiz, çıplak gözle olanaksız. Doğal olarak, renk derinliği arttıkça, her piksel için saklanan renk bilgisi de artar; böylece dosya boyutları da çok büyür. Bu tür dosyaların saklanması da, işlenmesi de özel çözümleri gerektirir.



Bu iki çizim, görüntü algılayıcıların görüntüyü nasıl yakaladığını gösteriyor.

Objektiften geçerek algılayıcıya ulaşan değişik miktarlardaki ışık, çarptığı her fotositte önce elektron salınmasına, sonra yakalanmasına ve depolanmasına neden oluyor. Herhangi bir fotositten salınan elektronların sayısı, üzerine düşen ışığın miktarıyla doğrudan orantılıdır. Işıklama tamamlandığında, algılayıcı, her bir karesi (fotosit) üzerinde dama taşlarından (yani elektronlardan) oluşmuş sütunların yükseldiği bir dama tahtasına benzer. Algılayıcı görüntüyü kendi kendine okuduğunda, depolanmış elektronlar bir seri analog yüke dönüştürülür. Daha sonra bu analog yükler de analoğu sayısal çeviren bir dönüştürücüyle sayısal değerlere dönüştürülür.

mavi (M) renkli birer filtre bulunur. Yeşil filtre, yeşilin hem doğada çok bulunmasından hem de gözün en iyi algıladığı renk olmasından, iki kat sıklıkla kullanılır; filtredeki renk sıralaması bir sıra KYKYKYKY, bir sıra da YMYMYM şeklindedir. Bu filtrelerden süzülerek geçen ışık, her fotositte, ilgili renge özgü bir gerilim düzeyi oluşturur; başka bir deyişle, yalnızca tek bir renge özgü bilgiyi toplar. Oysa sonuç fotoğrafın her pikselinde, tüm renklere ait bilgiyi görebiliriz. İşte burada, fotoğraf makinesinin elektroniği devreye girer. Makine bir hesaplamayla, her piksel için çevresindeki piksellerin de renklerini değerlendirerek, bir "ara değerlendirme" yapar. Bu işlemle, en basit makinelerde bile artık çok başarılı renk ara değerlemesi yapılabilir. Ancak çok renkli, ince desenli motifleri içeren görüntülerde, işlem bazen başarısızlığa uğrayabiliyor. Bu sorunları aşmaya yönelik üretilen yeni çözümler de giderek yaygınlaşıyor; yeni nesil algılayıcılarla giderek daha iyi sonuçlar elde edilebiliyor. Örneğin Sigma firması Foveon X3 algılayıcısıyla 3 katmanlı bir düzenek geliştirmiş ve her renge duyarlı algılayıcıları yan yana değil de üst üste sıralamış. Sony'nin geliştirdiği HAD CCD'ninse yalnızca teknolojisinde değil, renk diziliminde de farklılık yaratılmış: Bayer filtresindeki KYMY (RGBG) renkleri KYMZ (RGBE) şeklinde değiştirilmiş. Z harfi zümrüt (emerald) yeşilini simgeliyor.

## Algılayıcılar

"Charge-Coupled Device" ya da kısaca CCD, Bell Laboratuvarı'nın araştır-

macıları George Smith ve Willard Boyle'un birlikte yaptıkları bir buluş. Günümüzde, CCD teknolojisi yalnızca televizyon yayıncılığında değil, güvenlik monitörlerinden, görüntü kalitesi çok yüksek televizyonlara ve endoskopiden masaüstü video konferans sistemlerine kadar değişen video uygulamalarında yaygın olarak kullanılıyor. Faks ve fotokopi makinelerinde, görüntü tarayıcılarda, sayısal sabit kameralarda, barkod okuyucularda da, ışık desenlerini kullanışlı bilgiye çevirmede CCD'ler kullanılıyor. CCD'lerin temel çalışma ilkesi, ışık kaynağından gelen fotonları yakalamaya dayanır. Yakalanan fotonlar fotoelektrik etkileşim sonucu fotoelektronları oluştururlar. Fotoelektronlar hücrelerde toplanır, sayılır ve sayısal değerleri bulunur. Sayısal değerler, koordinatlarıyla birlikte işlemek üzere makine üzerindeki işlemcilerle gön-

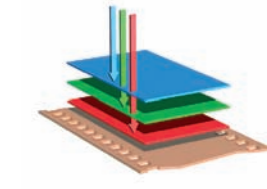


Jelibondan yapılmış bu resimde her jelibonun bir piksel olduğunu düşünebilirsiniz.

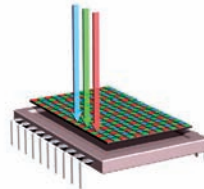


derilirler. İşlemci üzerinde işlenen sinyaller, bilgisayar formatının anlayabileceği görüntü haline dönüştürülür. CCD'lerin üretiminde farklı yöntem ve teknolojiler kullanılıyor. Üretim maliyeti çok yüksek olan CCD'ler, az sayıda firmaca, yalnızca çok özel fabrikalarda üretilip, makine üreticisi firmalara satılıyor. CCD'ler, ışığa duyarlılık bakımından fimlerden daha üstün nitelikte üretiliyorlar; yani, daha yüksek kalitede görüntüler elde edilmesini sağlıyorlar. Ancak olumsuz yanları da az değil; hem daha pahalılar hem de aşırı enerji tüketiyorlar. Yüksek enerji tüketimi CCD'lerin aşırı ısınmasına ve ısı bir kaynağa dönüşmesine neden oluyor. Bu nedenle CCD kullanılan makineler, daha pahalı yöntem ve malzemelerle, ısıya dayanıklı üretilmek zorunda kalıyorlar; bu da, makineleri daha pahalı ürünlere dönüştürüyor. CCD kullanan fotoğraf makinelerinde, enerji tüketiminin aşırılığı pil tüketimini de artırıyor. CCD'lerin, yüksek ISO değerlerinde, ısınmadan kaynaklanan ve katlanarak artan gürültü yüzünden, önemli sayılabilecek görüntü bozulmalarına neden oluyorsa bir başka olumsuz yanı.

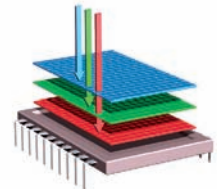
1963 yılında Fairchild Semiconductor şirketinde çalışan Frank Wanlass tarafından keşfedilen "Complementary Metal Oxide Semiconductor" ya da kısaca CMOS'lar da ışığı elektriksel sinyallere dönüştürülür. Yüzlerce transistörden oluşurlar. Başka bir deyişle, her



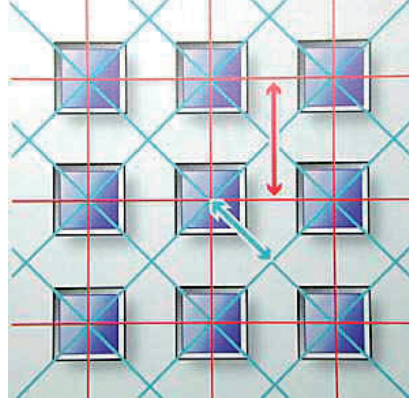
Geleneksel renkli film



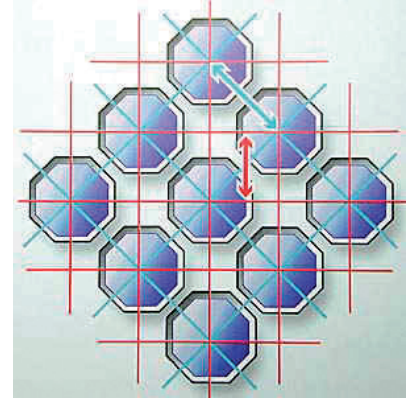
Sıradan algılayıcı  
Renk Filtreleri



Foveon X3



Tipik bir görüntü algılayıcısı, sıra ve sütunlarda düzenlenmiş kare şeklinde fotositleri içerir.



Fuji'nin kullandığı Süper CCD'ye, balpeteği deseninde düzenlenmiş sekizgen fotositleri kullanır.

bir piksel ayrı bir transistörce oluşturulur. Çip üreten hemen her fabrikada kolayca üretilen CMOS'ların hem üretim maliyetleri hem de enerji tüketimleri çok daha düşük. Isınma yoluyla oluşacak görüntü bozulmaları söz konusu değil; daha az pil tüketiyorlar; ama, CMOS çiplerinde de olumsuz yanları var. Işığa olan duyarlılık genellikle daha az. CMOS algılayıcısı olan makinelerle düşük ışık koşullarında çekilen fotoğrafların görüntü kalitesi oldukça

düşük olabiliyor. Görüntü kalitesinin genellikle düşük olduğu ucuz sayısal fotoğraf makinelerinin tümünde, CMOS çipli algılayıcılar kullanılıyor. CMOS duyarlıkların kullanıldığı sayısal SLR (DSLR) makineler de var; ama, bu makinelerin içinde, görüntü kalitesini artıran özel görüntü işleme çipleri bulunuyor.

CCD ve CMOS kadar yaygın olmasa da, bir başka algılayıcı da Foveon. Bu algılayıcıda, renkli filmldekine benzer şekilde, kırmızı, yeşil, mavi renk katmanları bulunur. Her katman yalnızca kendi renginin ışıklandırmasını sağlar. Bu temel algılayıcı yapılarının yanı sıra bazı firmaların CCD ya da CMOS teknolojisini geliştirerek kullandığı da görülür.

Bunların dışında, Canon firması gelişmiş D-SLR modellerinde kendi geliştirdiği CMOS algılayıcıları, Fujifilm'se, kendi Super CCD'lerini kullanıyor.

Aslında algılayıcılar, özellikle fotoğrafla içiçe yaşayanların, sayısal makine alırken üzerinde önemle durmaları gereken bir ölçüt olmalı. Çünkü sayısal teknoloji, film değiştirir gibi algılayıcıların da değiştirilmesine henüz olanak tanımıyor.

Serpil Yıldız

## Görüntü Büyüklüğü

Bir sayısal görüntünün kalitesi, kısmen görüntüyü yaratmak için kullanılan piksellerin sayısına, yani çözünürlüğüne, çözünürlük de görüntüyü yakalamakta kullanılan görüntü algılayıcısının üzerinde ne kadar fotosit bulunduğuna bağlı olarak değişir. Aslında sayısal bir makinenin optik çözünürlüğü, çok net bilinen bir sayı, yani fotosit sayısıdır. Bu sayıyla sınırlanmış bir çözünürlüğü daha da geliştirmek için ya da gelişmiş göstermek için çözünürlüğü artırmada yazılımlar devreye girer. Üreticiler, bazı makinelerde görüntü büyüklüğünü yapay olarak şişirmek için, yazılımlar yoluyla fazladan piksel eklerler. Çoğu durumda, bu işlem, görüntünün kalitesini artırmaksızın yalnızca görünüşünü büyütür. Yazılım, eklediği yeni pikselin ne renk olacağını belirlemek için her yeni pikselin çevresini saran piksellere göre bir değerlendirme yapar. Örneğin, yazılımla yüklenmiş yeni pikselin çevresini saran piksellerin tümü kırmızıysa, yeni piksel de yazılımla kırmızı yapılacaktır. Bu işlem renk ara değerlemesi olarak bilinir. Aklınızda tutmanız gereken en önemli şey,

ara değerlemeyle hesaplanmış çözünürlüğün, görüntüye yeni bir bilgi eklediğidir; yazılım yalnızca piksel ekler ve görüntü dosyasını büyütür. Kendi makinelerinin geliştirilmiş yani "ara değerlemeli" olduğunu ısrarla vurgulayan ya da bu özelliğin aygıtın değerini artırdığını söyleyen satıcılardan da uzak durun. Çünkü umduğunuzdan daha azına sahip olursunuz. Her zaman, aygıtın optik çözünürlüğünü, başka bir deyişle etkin piksel sayısını sorgulayın.

Sayısal bir görüntüyü yeterince büyütürseniz, pikseller, "piksellenme" denen bir etkiyi gösterirler. Bu etki, elbette, baskı boyu büyüdükçe noktasal taneciklerin görünmeye başladığı geleneksel gümüş tabanlı baskıdakinden çok da farklı değil; ama unutmayın ki, yapıları, bu yüzden de etkileri birbirinden çok farklı. Bir görüntüde etkin piksel sayısı ne denli büyükse, görüntünün de piksellenme oluşmadan büyütülebilmesi o denli olası. Unutmayın, etkin piksel sayısındaki artış, görüntüdeki ayrıntıları ve kenar keskinliğini artırır.

Kaynaklar  
<http://www.shortcourses.com/how/sensors/sensors.htm>  
<http://electronics.howstuffworks.com>  
<http://www.howstuffworks.com/digital-camera.htm>  
[http://www.physics.utoledo.edu/~lsa/\\_color/16\\_film.htm](http://www.physics.utoledo.edu/~lsa/_color/16_film.htm)