

OZET**BİR GİRDİ GÖRÜNTÜSÜNDEKİ HALKA ŞEKLİNDE ARTEFAKTLARI EN AZA İNDİRMEK
İÇİN YÖNTEM VE APARAT**

5

Bir girdi görüntüsünün (1) kontrastını ayarlamaya yönelik bir yöntem ve aparat sağlanmaktadır. Girdi görüntüsüne (1) karşılık gelen bir bulanık görüntü (2) elde edilmektedir, girdi görüntüsündeki (1) piksellerden en azından bazılarının parlaklık seviyesi, bulanık görüntü (2) sağlanacak şekilde değiştirilmektedir. Girdi görüntüsündeki (1) pikseller için bir halka olasılığı (4) elde edilmektedir, halka olasılığı (4) söz konusu piksellerin bir kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar olmayan pikseller olma olasılığına ilişkin bir ölçümü sağlamaktadır. Çıktı görüntüsü (7), halka olasılıklarına bağlı olarak girdi görüntüsündeki (1) ve bulanık görüntüdeki (2) parlaklık seviyelerinin toplamı olarak üretilmektedir.

İSTEMLER

1. Girdi görüntüsündeki (1) piksellerinden en azından bazılarının parlaklık seviyesinin, bulanık görüntü (2) sağlanacak şekilde değiştirildiği, girdi görüntüsüne (1) karşılık gelen bir bulanık görüntü (2) elde edilmesini;
- 5 söz edilen girdi görüntüsündeki (1) pikseller için bir halka olasılığının (4) elde edilmesini; ve halka olasılığına bağlı olarak bahsedilen girdi görüntüsündeki (1) ve bulanık görüntüdeki (2) parlaklık seviyelerinin bir toplamı olarak, bir pikselin söz edilen halka olasılığı yüksekse toplamdaki bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyesine daha fazla ağırlık verileceği ve bir pikselin halka olasılığı düşükse toplamdaki bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyelerine daha az ağırlık verileceği şekilde çıktı görüntüsünün (7) oluşturulmasını
- 10 içeren; piksellerden en azından bazılarının girdi parlaklık seviyelerinden farklı olan bir çıktı parlaklık seviyesine sahip olduğu bir çıktı görüntüsünü (7) oluşturmak için her bir pikselin bir girdi parlaklık seviyesine sahip olduğu piksellerden oluşan bir girdi görüntüsünün (1) halka şeklinde artefaktları azaltmak için bir bilgisayar uygulamalı kontrastı ayarlama yöntemi olup, **özellği** söz edilen halka olasılığının (4), söz konusu piksellerin bir kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar olmayan pikseller olma olasılığına ilişkin bir ölçümü sağlaması,
- 15 **ve** bahsedilen bulanık görüntünün (2), girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyelerinin, bu girdi görüntüsündeki (1) kenar bilgilerine adaptif olan yineleme katsayılarına sahip en az bir yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle (10, 11) filtrelenmesi yoluyla elde edilmesidir, ve burada bir piksel için halka olasılığı (22), (i) söz konusu pikselin bir kenar olmayan piksel olma olasılığının (20) ve (ii) söz konusu pikselin komşu bölgesindeki en güçlü kenarın olasılığının (21) ürünüdür, söz konusu kenar olasılıkları (20, 21) söz konusu yineleme katsayılarından elde edilmektedir.
- 20
2. Bulanık görüntünün (2); girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyelerinin bu girdi görüntüsünün (1) pikselleri boyunca bir birinci yönde çalışan bir birinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle (10) filtrelenmesi, söz edilen girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyelerinin, girdi görüntüsünün (1) pikselleri boyunca birinci yönün tersi olan bir ikinci yönde çalışan bir ikinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle (11) filtrelenmesi, ve bahsedilen birinci ve ikinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtrelerinin (10, 11) çıktısının bir
- 30

ortalamasının (12) alınmasıyla bahsedilen bulanık görüntünün (2) parlaklık seviyelerinin elde edilmesi yoluyla elde edildiği, istem 1'e göre bir yöntem.

3. Söz konusu yineleme katsayılarının, azalan kenar gücüyle azaldığı, istem 1'e göre bir yöntem.

4. Söz konusu komşu bölgenin, ilgili pikselde ortalanmış olan bir $j \times k$ pikseller bloğu olduğu, söz edilen j ve k 'nin pozitif tam sayılar olduğu, istemler 1 ila 3'ten herhangi birine göre bir yöntem.

5. Girdi görüntüsündeki (1) ve bulanık görüntüdeki (2) parlaklık seviyelerinin toplamının, bir ağırlıklı toplam (23, 6) olduğu, herhangi bir belirli pikselde girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyeleriyle toplanan bulanık görüntünün (2) parlaklık seviyelerinin ağırlığının (23), bu pikselin halka olasılığına (22) bağlı olduğu, istemler 1 ila 4'ten herhangi birine göre bir yöntem.

6. Girdi görüntüsündeki (1) piksellerin en azından bazılarının parlaklık seviyesinin bulanık görüntüyü (2) sağlamak üzere değiştirileceği şekilde çalışan, girdi görüntüsüne (1) karşılık gelen bir bulanık görüntünün (2) elde edilmesine yönelik bir görüntü bulanıklaştırıcıyı ;

söz edilen girdi görüntüsündeki (1) pikseller için bir halka olasılığı (4) elde edilmesine yönelik bir halka olasılığı hesaplayıcısını; ve

bahsedilen halka olasılıklarına (4) bağlı olarak çıktı görüntüsü (7) oluşturmak için girdi görüntüsündeki (1) ve söz edilen bulanık görüntüdeki (2) parlaklık seviyeleri toplamının, bir pikselin halka olasılığı yüksekse toplamdaki bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyesine daha fazla ağırlık verileceği ve bir pikselin halka olasılığı düşükse toplamdaki bahsedilen bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyelerine daha az ağırlık verileceği şekilde elde edilmesine yönelik bir toplayıcıyı (6) içeren,

piksellerden en azından bazılarının girdi parlaklık seviyelerinden farklı olan bir çıktı parlaklık seviyesine sahip olduğu bir çıktı görüntüsünü (7) oluşturmak için her bir pikselin bir girdi parlaklık seviyesine sahip olduğu piksellerden oluşan bir girdi görüntüsünün (1) halka şeklinde artefaktları azaltmak için kontrastı ayarlama aparatı olup, **özellği** söz edilen halka olasılığının (4), söz konusu piksellerin bir kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar olmayan pikseller olma olasılığına ilişkin bir ölçümü sağlaması,

ve söz edilen görüntü bulanıklaştırıcının; bulanık görüntünün (2), girdi görüntüsündeki (1) kenar bilgilerine adaptif olan yineleme katsayılarına sahip girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyelerinin filtrelenmesi yoluyla elde edilmesi için en az bir yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresi (10, 11) içermesidir, ki burada bahsedilen halka olasılığı hesaplayıcısı, bir piksel için halka olasılığını (22) (i) söz konusu pikselin bir kenar olmayan piksel olma olasılığının (20) ve (ii) söz konusu pikselin komşu bölgesindeki en güçlü kenarın olasılığının (21) ürünü olarak hesaplamak üzere çalışmaktadır, söz konusu kenar olasılıkları (20, 21) söz konusu yineleme katsayılarından elde edilmektedir.

7. Söz konusu yineleme katsayılarının, azalan kenar gücüyle azaldığı, istem 6'ya göre aparat.
8. Söz konusu komşu bölgenin, ilgili pikselde ortalanmış olan bir $j \times k$ pikseller bloğu olduğu söz edilen j ve k 'nin pozitif tam sayılar olduğu, istemler 6 ila 7'den herhangi birine göre aparat.
9. Toplayıcının, girdi görüntüsündeki (1) ve bulanık görüntüdeki (2) parlaklık seviyelerinin toplamının bir ağırlıklı toplam (23, 6) olacağı şekilde çalıştığı, herhangi bir belirli pikselde girdi görüntüsünün (1) parlaklık seviyeleriyle toplanan bulanık görüntünün (2) parlaklık seviyelerinin ağırlığının (23), bu piksel için halka olasılığına (22) bağlı olduğu, istemler 6 ila 8'den herhangi birine göre aparat.

TARİFNAME**BİR GİRDİ GÖRÜNTÜSÜNDEKİ HALKA ŞEKLİNDE ARTEFAKTLARI EN AZA İNDİRMEK
İÇİN YÖNTEM VE APARAT**

5

Mevcut buluş, bir girdi görüntüsünün halka şeklinde artefaktları azaltmak için kontrastı ayarlamaya yönelik bir yöntem ve aparat ile ilgilidir.

10

Mevcut buluş, özellikle, dijital görüntüler görüntülenirken bu görüntülerde ortaya çıkabilecek "halka şeklinde" artefaktlar olarak adlandırılan artefaktları en aza indirmek için uygulanmaktadır.

15

JPEG ve MPEG-1/2/4 gibi dijital görüntüleri sıkıştırmak için kullanılan çoğu görüntü/video kodlama standardı, sıkıştırma için blok tabanlı işlemeyi kullanmaktadır. Kullanılan blok tabanlı kodlama, kaba nicemleme ve katsayı kesme işlemi yüzünden sıkıştırması açılmış görüntülerde engelleme gürültüsü ve halka şeklinde gürültü gibi görsel artefaktlar meydana gelmektedir. Halka şeklinde gürültü kendisini görüntüleneni görüntünün kenarlarında haleler veya halkalar olarak göstermektedir. Görüntülerde, özellikle dijital görüntülerde kontrast ayarı veya kontrastın artırılması, bir televizyon alıcısı veya bir başka görüntü cihazı vasıtasıyla gösterim için, bir yazıcı vasıtasıyla yazdırma için, dijital kameralarda vb. bir dijital görüntünün

20

kontrastının artırılması dâhil olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Kontrastın artırılması, tıbbi ve diğer görüntülerde kontrastı iyileştirmek için kullanılmaktadır. Özellikle halka şeklinde gürültüsüyü gidermeye veya en aza indirmeye çalışan çok sayıda teknik bilinmektedir.

25

Örneğin 2004 yılında yayımlanan, Mitsubishi Electric Research Laboratory (Cambridge, Massachusetts, USA) firmasından Hao Song Kong ve arkadaşlarına ait "Coding Artefact Reduction Using Edge Map Guided Adaptive and Fuzzy Filter" adlı çalışmada ve US-A-2005/0100241 sayılı ilgili ABD patent başvurusunda görüntülerdeki halka şeklinde artefaktları azaltmak için bir yöntem açıklanmaktadır. Bu, Şekil 1'de şematik olarak gösterilmektedir. Piksel sınıflandırma bloğunda, bir piksel lokal varyansta eşik değerler kullanılarak yumuşak piksel, doku pikseli veya kenar pikseli olarak sınıflandırılmaktadır. Lokal varyans, 3x3 komşu piksel blokları kullanılarak ölçülmektedir. Eğer piksel bir kenar pikseli olarak sınıflandırılırsa, bunun komşu pikselleri bir bulanık kimlik filtresi kullanılarak filtrelenmektedir.

30

Bu önceki tekniğin dezavantajı, lokal varyansta eşik değerlerin kullanılmasıdır. Lokal varyans ve dolayısıyla eşik değerler, kontrast seviyesine bağlı olmaktadır, bu da görüntü alınırken kaynak ortamın aydınlatma koşullarını kapsamaktadır. Eşik değerleri optimum olarak ayarlamak mümkün olmadığından bu yanlış sınıflandırmaya yol açmaktadır. Bu önceki tekniğin bir başka dezavantajı, bulanık kimlik filtresinin karmaşık bir işlem olan ve bu nedenle uygulanması pahalı olan sıra istatistiği bilgilerini kullanması ve her halükarda sıra istatistiği bilgilerinin doğrusal olmaması ve atlamalar gösterebilmesi nedeniyle lokal titremeler gibi artefaktlar oluşturabilmesidir.

- 10 Bir başka yöntem, Şekil 2'de şematik olarak gösterilen, IEEE tarafından 2004 yılında yayımlanan Meng Zhao ve arkadaşları tarafından yazılan "Content Adaptive Image De-blocking" kaynağında açıklanmaktadır. Bu yöntem tekniği de sınıflandırmaya dayalı bir yaklaşım kullanmaktadır. Her (güncel) piksel, adaptif dinamik aralık kodlaması (ADRC) kullanan bir piksel sınıflandırma bloğunda sınıflandırılmaktadır. Güncel pikselin komşu bölgesindeki bir piksel, 15 değeri komşu bölgenin ortalamasından büyükse "1" değerine dönüştürülmektedir ve değeri komşu bölgenin ortalamasından küçükse "0" değerine dönüştürülmektedir. Bu işlemden sonra bir pikselin komşu bölgesinde yer alan dönüştürülmüş 1'ler ve 0'lar ikili bir sayı elde edilmek üzere eklenmektedir, bu da bir filtre taramalı tablo için indeks olarak kullanılmaktadır. Taramalı tablodan elde edilen filtre, komşu bölgedeki pikselleri filtrelemek ve güncel piksele karşılık gelen 20 yeni çıktı pikselini elde etmek için kullanılmaktadır. Her sınıfa yönelik filtre, bir eğitim prosedürü kullanılarak hesaplanmaktadır. Orijinal, artefakt içermeyen görüntüler, JPEG 2000 gibi bir blok tabanlı sıkıştırma algoritması kullanılarak sıkıştırılmaktadır. Ardından sıkıştırılan görüntünün kodu, artefaktların yer aldığı bozulmuş görüntünün elde edilmesi için çözülmemektedir. Kodu 25 çözülen görüntüdeki her piksel, ADRC kullanılarak sınıflandırılmaktadır ve filtre katsayıları bir doğrusal en küçük kareler kestirim tekniği kullanılarak hesaplanmaktadır.

- Bu önceki tekniğin bir dezavantajı yine sınıflandırma bloğu ile ilgilidir. Hatalı sınıflandırmalar, istenmeyen şekilde artefaktsız piksellerin bulanıklaşmasına yol açmaktadır. Hatalı sınıflandırma oranını azaltmak için büyük bir görüntü veritabanı üzerinden eğitim yapılabilir ancak bu 30 durum elde edilen filtrelerin kalitesini azaltacaktır. Ayrıca iyi bir performans için sınıf sayısı büyük olmak zorundadır, bu da hesaplamasal karmaşıklığı beraberinde getirmekte ve daha fazla bellek kaynağı gerektirmektedir.

EP-A-1659799 sayılı patent dokümanı, bir girdi görüntüsündeki artefaktları azaltmaya yönelik bir kenar adaptif filtreleme sistemini açıklamaktadır. Sistem, halka şeklinde artefaktları kodu çözülmüş görüntülerden uzaklaştırmak için görüntü bilgilerini işlemeye yönelik bir adaptif kenar filtresi içermektedir. Filtre, filtre ağırlıklarının girdi görüntüsü için göreceli kenar ve maksimum kenar bilgileri kullanılarak lokal olarak uyarlandığı bir sonlu dürtü yanıtı filtre içermektedir. US-A-2002/0159096 sayılı patent dokümanı, görüntüdeki her bir piksel için kenar enerjisini belirleyerek ilerleyen yeniden yapılandırılmış görüntülerdeki görsel artefaktları azaltmaya ve her bir piksele yönelik kenar enerjisini bir eşik değeriyle karşılaştırarak bir kenar haritası oluşturmaya yönelik bir yöntemi açıklamaktadır. Bunun üzerine, bir filtre haritası oluşturmak için mesafe dönüşümü kullanılmaktadır ve görüntüdeki piksele bir filtre uygulanmaktadır, böylece uygulanan filtre her bir piksel için bir filtre harita değerine bağlı olmaktadır. Bunun üzerine her bir piksel için bir çıktı değeri üretilmektedir.

US-A-2006/125816 sayılı patent dokümanı, baskılanan girdi resminin halka benzeri bölgeleriyle bir pekiştirilmiş çıktı resmi üretmek için bir girdi resminin adaptif işlenmesini sağlayan bir yöntemi açıklamaktadır. Resimde halka benzeri bölge etrafında bir pencere saptanırsa, pencere pozisyonu için çıktı pikseli girdi resmindeki alçak geçiren filtrelenmiş pikseli içermektedir. Öte yandan, halka benzeri bölge etrafında pencere saptanmazsa, pencere pozisyonu için çıktı pikseli esasen girdi resmindeki değişmeyen pencereyi içermektedir.

Mevcut buluşun birinci yönüne göre, piksellerden en azından bazılarının girdi parlaklık seviyesinden farklı olan bir çıktı parlaklık seviyesine sahip olduğu bir çıktı görüntüsünü oluşturmak için her bir pikselin bir girdi parlaklık seviyesine sahip olduğu piksellerden oluşan bir girdi görüntüsünün halka şeklinde artefaktları azaltmak için kontrastı ayarlama yöntemi sağlanmakta olup, bahsedilen yöntem şunları içermektedir: girdi görüntüsüne karşılık gelen bir bulanık görüntü elde edilmesi, girdi görüntüsündeki piksellerden en azından bazılarının parlaklık seviyesi, bulanık görüntü sağlanacak şekilde değiştirilmektedir; girdi görüntüsündeki pikseller için halka olasılığının elde edilmesi ve halka olasılıklarına bağlı olarak girdi görüntüsündeki ve bulanık görüntüdeki parlaklık seviyelerinin toplamı olarak, bir pikselin halka olasılığı yüksekse toplamdaki bulanık görüntünün piksellerinin parlaklık seviyesine daha fazla ağırlık verileceği ve bir pikselin halka olasılığı düşükse toplamdaki bulanık görüntünün piksellerinin parlaklık seviyelerine daha az ağırlık verileceği şekilde çıktı görüntüsü oluşturulması olup, yöntemin özelliği halka olasılığının söz konusu piksellerin bir kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar

olmayan piksellerin olasılık ölçümünü sağlamasıdır ve bulanık görüntünün, girdi görüntüsünün parlaklık seviyelerinin, girdi görüntüsündeki kenar bilgilerine adaptif olan yineleme katsayılarına sahip en az bir yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle filtrelenmesiyle elde edilmesidir ve burada bir piksel için halka olasılığı, (i) söz konusu pikselin bir kenar olmayan piksel olma olasılığının ve (ii) söz konusu pikselin komşu bölgesindeki en güçlü kenarın olasılığının ürünüdür, burada söz konusu kenar olasılıkları söz konusu yineleme katsayılarından elde edilmektedir.

Böylece bir bulanık görüntü elde edilmektedir ve bu görüntü girdi görüntüsündeki piksellerin her birinde veya en azından bazılarında halka olasılıklarına bağlı olan bir şekilde girdi görüntüsüne eklenmektedir, böylece kenarlar etrafındaki halka şeklinde artefaktlar azaltılırken kenarlar korunmaktadır ve görüntünün diğer kısımları (mesela yumuşak bölgeler ve doku bölgeleri) etkilenmemektedir. Yineleme katsayıları halihazırda kenar bilgilerini içermektedir ve zaten hesaplanmıştır ve bu nedenle bu durum halka olasılıklarını elde etmenin doğru ve hesaplamasal olarak etkili bir yolunu sağlamaktadır.

En çok tercih edilen bir uygulamada bulanık görüntü girdi görüntüsünün parlaklık seviyelerinin girdi görüntüsünün pikselleri boyunca bir birinci yönde çalışan bir birinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle filtrelenmesi, girdi görüntüsünün parlaklık seviyelerinin, girdi görüntüsünün pikselleri boyunca birinci yönün tersi olan bir ikinci yönde çalışan bir ikinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresiyle filtrelenmesi ve birinci ve ikinci yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtrelerinin çıktısının ortalamasının alınmasıyla bulanık görüntünün parlaklık seviyelerinin elde edilmesi yoluyla elde edilmektedir. Yukarıda olduğu gibi, tercih edilen bir uygulamada görüntü boyunca sırasıyla ileri geri yönde çalışan “ileri” ve “geri” filtreler olabilen filtreler kenarları korumaktadır ve kenarın bir tarafındaki pikselleri kenarın diğer tarafındaki piksellerle karıştırmadan kenarların her iki tarafını bulanık hale getirmektedir. Kendi başına bilindiği gibi bu tipte bir filtre, istenmeyen faz gecikmesine yol açabilmektedir. Pikseller boyunca zıt yönlerde çalışan iki filtrenin kullanılması ve iki filtrenin çıktılarının ortalamasının alınması ile iki filtrenin faz gecikmelerinin etkili şekilde birbirini iptal etmesi sağlanabilmektedir.

Genel olarak, söz konusu yineleme katsayılarının azalan kenar gücüyle azalması tercih edilmektedir.

Söz konusu komşu bölge ilgili pikselde ortalanmış $j \times k$ pikseller bloğu olabilmektedir, burada j ve k , pozitif tam sayılardır. Belirli bir örnekte komşu bölge, pek çok blok tabanlı sıkıştırma tekniğinde kullanılan 8×8 piksel bloklarına karşılık gelen bir 8×8 piksel bloğudur. Özellikle kullanılan girdi görüntüsünü oluşturan orijinal sıkıştırmada farklı büyüklükte bloklar kullanıldıysa

5 doğal olarak farklı büyüklükte piksellerden oluşan komşu bölgeler kullanılabilir.

Tercih edilen bir uygulamada girdi görüntüsündeki ve bulanık görüntüdeki parlaklık seviyelerinin toplamı bir ağırlıklı toplamdır, herhangi bir belirli pikselde girdi görüntüsünün parlaklık seviyeleriyle toplanan bulanık görüntünün parlaklık seviyelerinin ağırlığı bu pikselin halka

10 olasılığına bağlı olmaktadır. Tercih edilen uygulamada, eğer bir pikselin bir halka şeklinde artefaktlı piksele yol açma olasılığı daha düşükse, girdi görüntüsü piksellerinin büyük ölçüde artefaktsız pikseller için korunacağı şekilde bulanık görüntüye daha az ağırlık verilmektedir. Diğer yandan, eğer bir pikselin bir halka şeklinde artefaktlı piksele yol açma olasılığı daha

15 yüksekse, halka şeklinde artefaktın çıktı görüntüsünün bu bölgesinde azaltılacağı şekilde bulanık görüntüye daha fazla ağırlık verilmektedir.

Mevcut buluşun ikinci yönüne göre, piksellerden en azından bazılarının girdi parlaklık seviyesinden farklı olan bir çıktı parlaklık seviyesine sahip olduğu bir çıktı görüntüsünü oluşturmak için her bir pikselin bir girdi parlaklık seviyesine sahip olduğu piksellerden oluşan bir

20 girdi görüntüsünün halka şeklinde artefaktları azaltmak için kontrastı ayarlama aparatı sağlanmakta olup, bahsedilen aparat şunları içermektedir:

girdi görüntüsüne karşılık gelen bir bulanık görüntünün elde edilmesine yönelik bir görüntü bulanıklaştırıcı, görüntü bulanıklaştırıcı girdi görüntüsündeki piksellerin en azından bazılarının parlaklık seviyesinin bulanık görüntüyü sağlamak üzere

25 değiştirileceği şekilde çalışmaktadır;

girdi görüntüsündeki pikseller için bir halka olasılığı elde edilmesine yönelik bir halka olasılığı hesaplayıcısı ve

halka olasılıklarına bağlı olarak çıktı görüntüsü oluşturmak için girdi görüntüsündeki ve bulanık görüntüdeki parlaklık seviyeleri toplamının, bir pikselin halka olasılığı yüksekse

30 toplamdaki bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyesine daha fazla ağırlık verileceği ve bir pikselin halka olasılığı düşükse toplamdaki bulanık görüntünün piksellerinin parlaklık seviyelerine daha az ağırlık verileceği şekilde elde edilmesine yönelik bir toplayıcı,

aparatin özelliği halka olasılığının, söz konusu piksellerin bir kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar olmayan pikseller olması olasılığına ilişkin bir ölçümü sağlamasıdır, ve görüntü bulanıklaştırıcının bulanık görüntünün, girdi görüntüsündeki kenar bilgilerine adaptif olan yineleme katsayılarına sahip girdi görüntüsünün parlaklık seviyelerinin filtrelenmesi yoluyla elde edilmesi için en az bir yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresi içermesidir, burada halka olasılığı hesaplayıcısı, bir piksel için halka olasılığını (i) söz konusu pikselin bir kenar olmayan piksel olma olasılığının ve (ii) söz konusu pikselin komşu bölgesindeki en güçlü kenarın olasılığının ürünü olarak hesaplamak üzere çalışmaktadır, burada söz konusu kenar olasılıkları söz konusu yineleme katsayılarından elde edilmektedir.

Tercih edilen aparat ve/veya yöntem, örneğin bir televizyon setinde kullanılan bir görüntü işlemcisi veya benzeri, yazıcılar, dijital kameralar, televizyon yayını yakalama kartları, pek çok uygulamada kullanılabilecek dijital görüntü işleme yazılımı vb. dâhil olmak üzere bir dijital görüntünün çözünürlüğünü artırmak için kullanılan herhangi bir aparata ve/veya yönteme dâhil edilebilmektedir. Burada açıklanan yöntemler, uygun bilgisayar donanımında çalıştırılan uygun bir yazılımla yürütülebilmektedir. Yazılım bir entegre devreye gömülü olabilmektedir, entegre devre ilgili prosesleri gerçekleştirmek üzere uyarlanmaktadır veya gerçekleştirmede kullanılmak üzere uyarlanmaktadır. İşleme adımlarının çoğu, yazılım, özel donanım (ASIC'ler gibi) veya bir kombinasyon kullanılarak yürütülebilmektedir.

Mevcut buluşun uygulamaları şimdi örnek olarak ve ekli şekillere atıfla aşağıda tarif edilecektir, burada:

Şekil 1 ve Şekil 2, önceki tekniğe ait iki tekniği gösteren şematik blok diyagramlarıdır;

Şekil 3, mevcut buluşun bir uygulamasının bir örneğine genel bakışı gösteren bir şematik blok diyagramıdır;

Şekil 4, Şekil 3'teki uygulamanın görüntü bulanıklaştırıcısının bir örneğini gösteren bir şematik blok diyagramıdır;

Şekil 5, Şekil 3'teki uygulamanın halka olasılığı hesaplayıcısının bir örneğini gösteren bir şematik blok diyagramıdır ve

Şekil 6, Şekil 3'teki uygulamanın toplayıcısının bir örneğini gösteren bir şematik blok diyagramıdır.

5

10

15

20

25

30

Öncelikle Şekil 3'e atıfla, genel bakışla, mevcut buluşun bir uygulamasının bir örneği aşağıdaki gibi çalışmaktadır. Bir girdi görüntüsü (1) bir bulanık görüntü (2) elde edilmesi için bulanık hale getirilmektedir. Ayrıca, girdi görüntüsünün (1) bir kenar olasılık haritası (3) girdi görüntüsündeki (1) her bir piksel için bu belirli pikselin girdi görüntüsündeki (1) bir kenar pikseli olma olasılığını sağlamak üzere elde edilmektedir. Bunun üzerine, bu kenar olasılıklarından her bir piksel için halka olasılığı (4) elde edilmektedir. Tercih edilen uygulamada belirli bir piksel için halka olasılığı, güncel pikselin bir güçlü kenar pikselinin komşu bölgesinde kenar olmayan bir piksel olma olasılığının ne olduğuna ilişkin bir ölçümü sağlamaktadır.

Ardından, halka olasılıkları (4) bir toplayıcıya (6) sağlanan ağırlıkları (5) oluşturmak için kullanılmaktadır. Toplayıcıda (6) girdi görüntüsü (1) çıktı görüntüsünü (7) sağlamak üzere bulanık görüntünün (2) ağırlıklandırılmış versiyonuna eklenmektedir. Başka bir deyişle, girdi görüntüsündeki (1) piksellerin parlaklık seviyeleri, bulanık görüntüdeki (2) piksellerin parlaklık seviyelerinin ağırlıklandırılmış versiyonlarına eklenmektedir, bu eklemede kullanılan ağırlıklar, çıktı görüntüsündeki (7) piksellerin ağırlık seviyelerini sağlamak için ilgili pikseller için halka olasılıklarına bağlı olmaktadır.

Şekil 4, tercih edilen uygulamanın bulanık görüntüsünün (2) elde edilmesini şematik olarak göstermektedir. Girdi görüntüsü (1) bir yinelemeli uzamsal adaptif kenar koruma filtresi kullanılarak bulanık hale getirilmektedir. Bir "yinelemeli" filtre, yineleme kullanan filtredir, yani çıktı sinyalinin mevcut değeri çıktı sinyalinin en az bir önceden hesaplanmış değerine bağlı olmaktadır. Tercih edilen yinelemeli filtre kenarları korumaktadır ve kenarın bir tarafındaki pikselleri kenarın diğer tarafındaki piksellerle karıştırmadan kenarların her iki tarafını bulanık hale getirmektedir. Görüntünün kenarlar etrafında bulanıklaştırılması, kenarlar etrafındaki halka şeklinde artefaktları kaçınılmaz olarak gidermektedir.

Bu tür bir filtrenin kullanılması, filtrelenmiş çıktıda bir faz kaymasına yol açabilmektedir. Bu doğrultuda, her biri bir kenar korumalı uzamsal adaptif yinelemeli filtre olan, bir ileri filtre (10) ve bir geri filtre (11) olmak üzere iki filtrenin kullanılması daha çok tercih edilmektedir. İleri filtre (10) öne doğru ızgara taramalı yönde ilerlemektedir, yani görüntünün üst sol köşesinden başlayıp alt sağ köşesinde sona ermektedir ve önceden filtrelenmiş çıktılarda yineleme gerçekleştirmektedir.

İleri filtrenin (10) tercih edilen bir uygulaması için yineleme denklemi şu şekildedir:

$$F[m,n] = c1[m,n]*F[m,n-1] + c2[m,n]*F[m-1,n] \\ + c3[m,n]*F[m-1,n-1] + c4[m,n]*F[m-1,n+1] \\ + (1 - c1[m,n] - c2[m,n] - c3[m,n] - c4[m,n]) * I[m,n],$$

10

burada m, n piksellerin satır ve sütun sayılarıdır; I[m,n] girdi görüntüsü piksellerinin parlaklık seviyeleridir, F[m,n] ileri filtrenin (10) çıktısıdır ve c1, c2, c3, c4 uzamsal olarak adapte edilmiş yineleme katsayılarıdır. (Birinci pikseli filtrelemeye çalışırken yineleme sırasında önceki piksel için filtrelenmiş değerler olmadığı anlaşılabacaktır. Bu da birkaç şekilde ele alınabilmektedir. Bir örnekte orijinal görüntüden gelen ilgili pikselin değerleri yaklaştırma olarak kullanılmaktadır.)

15

Sınırlı girdi/sınırlı çıktı kararlılığını sağlamak için tüm yineleme katsayılarının negatif olmaması ve toplamalarının 1'den az veya 1'e eşit olması (yani $c1+c2+c3+c4 \leq 1$) tercih edilmektedir.

20

Yineleme katsayıları kenar bilgileriyle adapte edilmektedir, böylece bulanık görüntü (2) oluşturulurken kenarlar bulanık olmamaktadır. Bir uygulamada, bu, yukarıdaki kararlılık koşullarını da sağlayan yineleme katsayılarının aşağıdaki gibi hesaplanması yoluyla sağlanmaktadır:

25

$$c1[m,n] = 1 - |(F[m,n-1] - I[m,n]) / 255| a / 4$$

$$c2[m,n] = 1 - |(F[m-1,n] - I[m,n]) / 255| a / 4$$

$$c3[m,n] = 1 - |(F[m-1,n-1] - I[m,n]) / 255| a / 4$$

30

$$c4[m,n] = 1 - |(F[m-1,n+1] - I[m,n]) / 255| a / 4,$$

burada a, herhangi bir gerç k sayıdır ve genellikle 1-8 arasındadır.

5 Yukarıdaki denklemlerde her bir önceki yineleme çıktısı, güncel girdi pikseli ve önceki yineleme çıktısıyla birlikte bulunan girdi pikseli arasındaki kenar gücünü belirlemek için kullanılmaktadır. Eğer bir kenar varsa, yineleme katsayısı azaltılmakta ve ilgili önceki yineleme çıktısı güncel yineleme çıktısına daha az katkıda bulunmaktadır.

10 Geri filtre (11) ileri filtreye (10) benzerdir ancak görüntünün alt sa  köşesinden ba layıp üst sol köşesinde sona ererek geriye doğru ızgara taramalı şekilde ilerlemektedir. Geri filtrenin (11) tercih edilen bir uygulaması için yineleme denklemi aşağıdaki gibidir:

$$B[m,n] = c5*B[m,n+1]+c6*B[m+1,n]+c7*B[m+1,n-1] \\ +c8*B[m+1,n+1] + (1-c5-c6-c7-c8)*I[m,n] ,$$

15 burada m, n satır ve sütün sayılarıdır; I[m,n] girdi görüntüsü pikselinin parlaklık seviyesidir, B[m,n] geri filtrenin (11)  ıktısıdır ve c5, c6, c7, c8 yineleme katsayılarıdır. Bu yineleme katsayıları, ileri filtre (10) için olduğu gibi uzamsal olarak adapte edilmiştir ve aşağıdaki gibi olabilmektedir:

20
$$c5[m,n] = 1 - |(B[m,n+1]-I[m,n])/255|^{a/4}$$

$$c6[m,n] = 1 - |(B[m+1,n]-I[m,n])/255|^{a/4}$$

$$c7[m,n] = 1 - |(B[m+1,n-1]-I[m,n])/255|^{a/4}$$

25

$$c8[m,n] = 1 - |(B[m+1,n+1]-I[m,n])/255|^{a/4},$$

(Yine birinci pikseli filtrelemeye çalışırken yineleme sırasında önceki piksel için filtrelenmiş değerler olmadığı anlaşılacaktır. Bu da birkaç şekilde ele alınabilmektedir. Bir örnekten orijinal görüntüden gelen ilgili pikselin değerleri yakla tırma olarak kullanılmaktadır.)

30

Ön ve geri filtrelerin (10, 11) biri veya her ikisi için hesaplama karmaşıklığı, yinelemenin daha az sayıda önceki çıktıda ilerleyeceği şekilde bazı yineleme katsayılarının sıfıra ayarlanmasıyla azaltılabilmektedir. Farklı bir alternatif olarak yineleme katsayıları, üstel gibi kenar gücüyle azalan farklı bir fonksiyon kullanılarak bulunabilmektedir.

5

Ortalama alıcı (12), bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyelerini ($M[m,n]$) oluşturmak için ön ve geri filtrelerin (10, 11) iki çıktısının ortalamasını almaktadır:

$$M[m,n] = (F[m,n] + B[m,n]) / 2$$

10

Şimdi Şekil 3 ve 5'e atıfla daha sonra girdi görüntüsündeki (1) her bir piksel için halka olasılığı hesaplanmaktadır. Halka olasılığı, güncel pikselin bir güçlü kenar pikselinin komşu bölgesindeki kenar olmayan piksel olma olasılığının ne olduğuna ilişkin bir ölçümü sağlamaktadır. Bir uygulamada pikselin "komşu bölgesi", güncel piksel etrafındaki bir tanımlı pikseller bloğudur.

15

Yaygın sıkıştırma algoritmalarında kullanılan tipik blok büyüklüğü olduğundan komşu bölge için 8x8 blok tercih edilmektedir. Genellikle her bir piksel için 8x8 komşu bölgesi, üst sol piksel koordinatları olan blok olarak tanımlanmaktadır: $[m',n'] = [\text{taban}(m/8) * \text{taban}(n/8) * 8]$. Sıkıştırma standartlarında 8x8 bloklar örtüşmemektedir, dolayısıyla bu bakımdan "güncel piksel" ait olduğu 8x8 bloğunun herhangi bir pikseli olabilmektedir.

20

Bir uygulamada halka olasılığı, güncel pikselin kenar olmama olasılığının, 8x8 komşu bölgesindeki bir kenarın en güçlü olasılığıyla (yani bir kenar olması olasılığı en yüksek olan bloktaki pikselin kenar olasılığı) çarpılmasıyla elde edilmektedir.

25

Ön ve arka yineleme katsayılarının toplamının ikiden çıkarılması ile her bir piksel için kenar olasılığının bulunması yoluyla tercih edilen uygulamada bir kenar olasılık haritası (3) elde edilmektedir:

$$E[m,n] = 2 - c1[m,n] - c2[m,n] - c3[m,n] - c4[m,n] - c5[m,n] - c6[m,n] - c7[m,n] - c8[m,n]$$

30

Yinelemeli filtre hesaplama prosesinde halihazırda elde edilmiş olduğundan yinelemeli katsayılardan elde edilen kenar bilgisi kullanılmaktadır.

En güçlü kenarı (SE) bulmak için aşağıdaki şekilde güncel pikselin 8x8 komşu bölgesinde maksimum kenar gücü için bir arama (21) yapılmaktadır:

5

$$mBase = \text{taban}(m/8) * 8$$

$$nBase = \text{taban}(n/8) * 8$$

$$SE[m,n] = \max\{E[x,y] \text{ öyle ki } mBase \leq x < (mBase + 8), \\ \text{ve } nBase \leq y < (nBase + 8)\}$$

10

Bu, güncel pikselle aynı sıkıştırma bloğundaki bir güçlü kenarın SE olasılığını göstermektedir.

Halka olasılığı (RL) (22), aşağıdaki gibi elde edilebilecek olan, güncel piksel bir kenar olmadığında bloktaki bir güçlü kenarın olasılığıdır:

15

$$RL = SE[m,n] * (1 - E[m,n])$$

20

25

30

Bunun üzerine, halka olasılıkları (22) ağırlıklar (23) üretmek için kullanılmaktadır, bunlar da her bir pikselde girdi görüntüsünün (1) bulanık görüntüye (2) karıştırılma derecesini belirlemek üzere kullanılmaktadır. Özellikle, eğer bir pikselin halka olasılığı yüksekse, halka şeklinde artefaktı gidermek veya en azından azaltmak için bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyelerine daha fazla ağırlık verilmektedir. Bu doğrultuda, eğer bir pikselin halka olasılığı düşükse, girdi görüntüsünde (1), özellikle yumuşak piksel bölgelerinde ve doku pikseli bölgelerinde bulunan ayrıntının korunması için bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyelerine daha az ağırlık verilmektedir. Tercih edilen bir uygulamada her bir pikseldeki halka olasılığı, ağırlıklı ortalama alıcıdaki (6) ağırlık olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, ağırlıkların elde edilmesine yönelik diğer yöntemler veya fonksiyonlar kullanılabilir ancak pikselin halka olasılığının daha yüksek olduğu durumlarda ağırlığın daha yüksek olması şartını veya tam tersini sağlamak zorundadırlar.

Bu nedenle tercih edilen ağırlıklı ortalama alıcıda her bir pikselde girdi görüntüsündeki (1) parlaklık seviyesi, çıktı görüntüsünü (6) sağlamak için bulanık görüntüdeki (2) aynı pikselde bir ağırlıklı parlaklık seviyesi versiyonuna eklenmektedir:

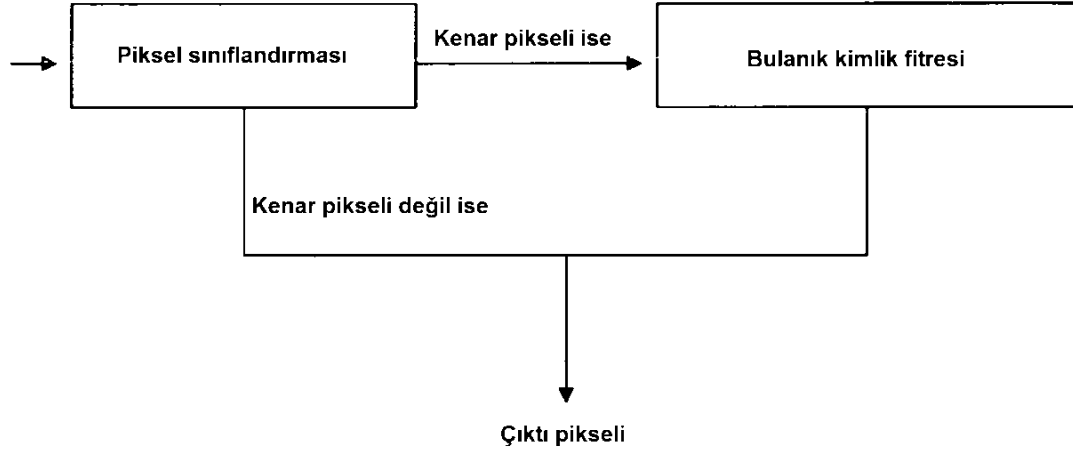
$$O[m,n] = RL * M[m,n] + (1-RL) * I[m,n]$$

burada $O[m,n]$ çıktı görüntüsü piksellerinin parlaklık seviyeleridir ve yine $M[m,n]$ bulanık görüntünün (2) piksellerinin parlaklık seviyeleridir, $I[m,n]$ girdi görüntü piksellerinin parlaklık seviyeleridir ve RL , ilgili piksellerin halka olasılıklarıdır.

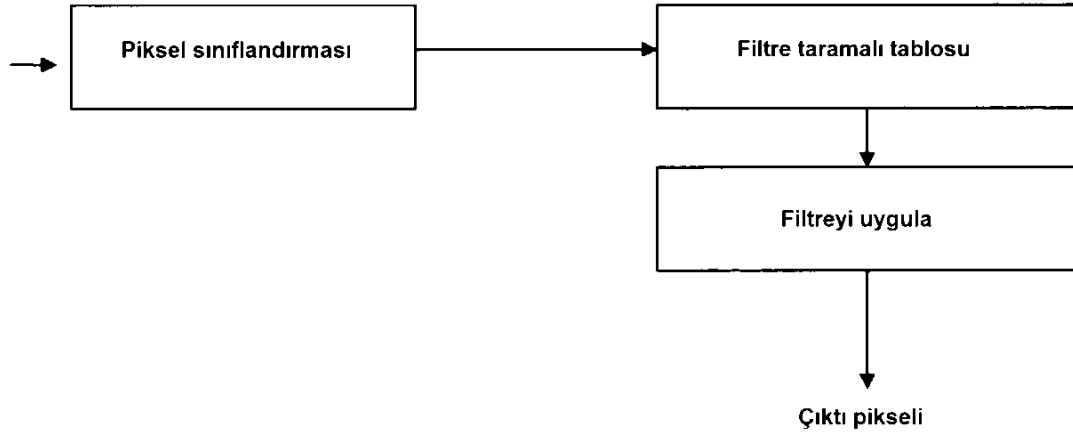
[0-1] aralığındaki halka olasılıklarının her zaman [0-1] aralığına haritalandırılması şartıyla doğrusal olmayan şekilde dönüştürülmüş halka olasılıkları gibi halka olasılıklarına yönelik diğer fonksiyonların kullanılabileceği kaydedilmelidir.

Tercih edilen uygulamalar dijital görüntülerdeki halka şeklinde artefaktların azaltılmasını sağlamaktadır. Tercih edilen uygulama, yukarıda bahsedilen önceki tekniğin sınıflandırmaya dayalı yaklaşımının önüne geçmektedir ve görüntünün diğer kısımlarını etkilemeden (yumuşak bölgeler ve doku bölgeleri) kenarları korumaktadır. Tercih edilen uygulama hesaplamasal olarak yoğun değildir ve bir televizyon seti gibi evsel donanımda bile uygun maliyetlerle çalıştırılabilmektedir.

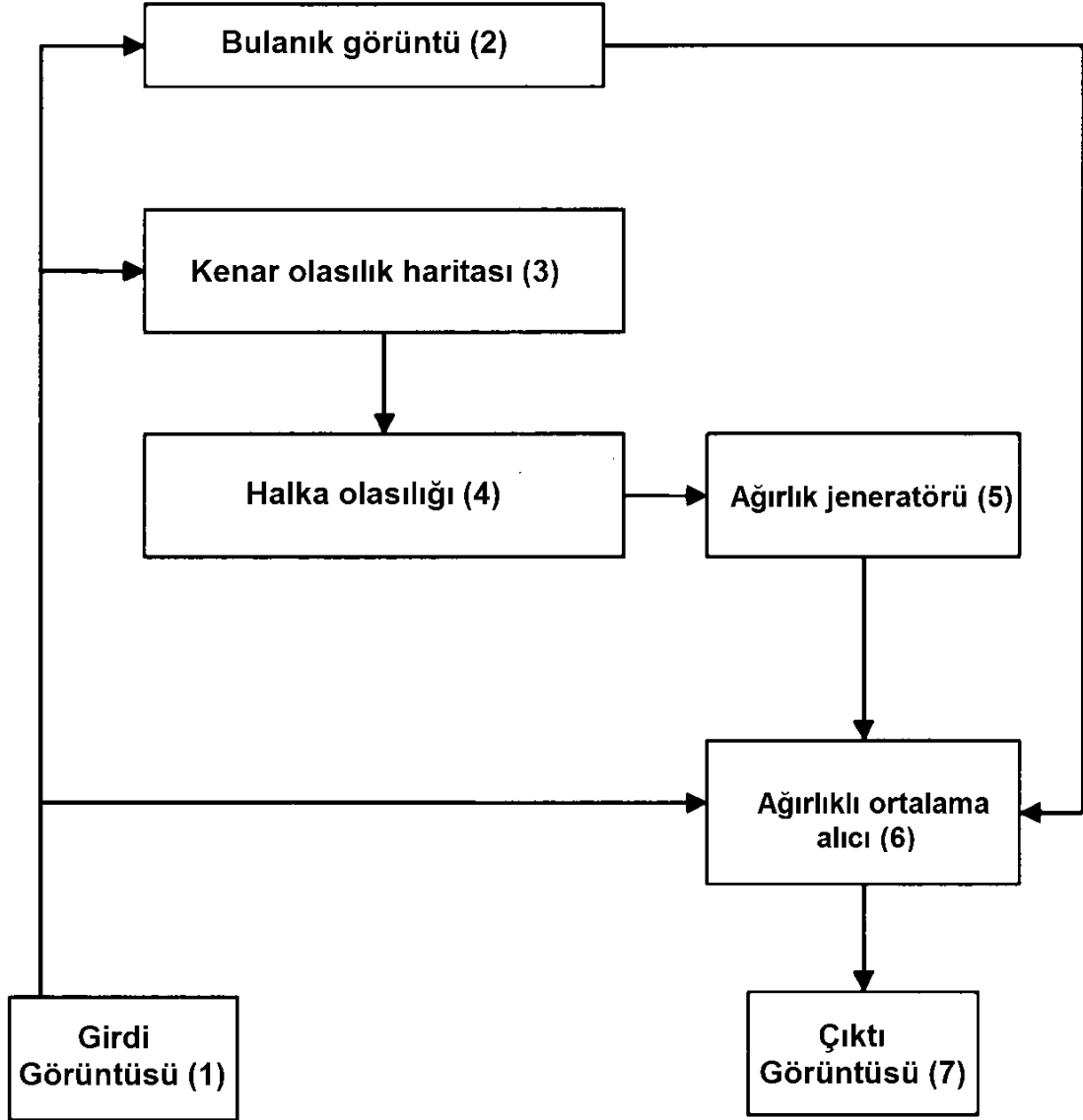
Mevcut buluşun uygulamaları, verilen örneklerle özel atıfla açıklanmıştır. Ancak mevcut buluşun kapsamı içinde açıklanan örneklerde, istemlerle tanımlandığı gibi, değişiklikler ve modifikasyonlar yapılabileceği takdir edilecektir.



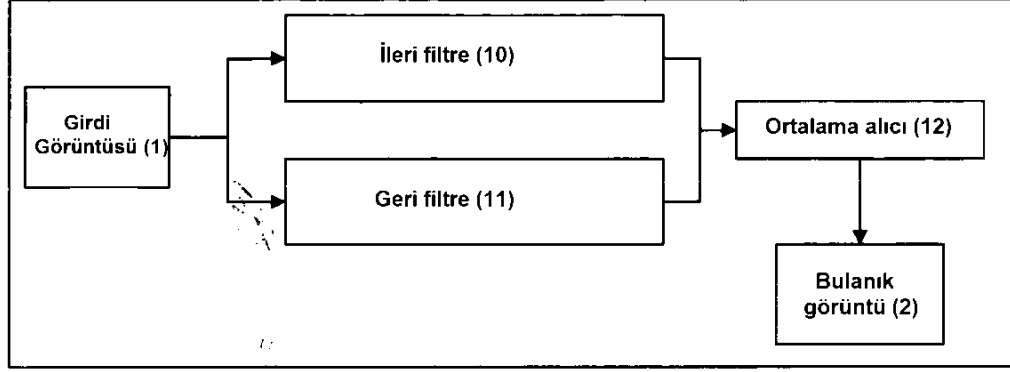
Şekil 1
ÖNCEKİ TEKNİK



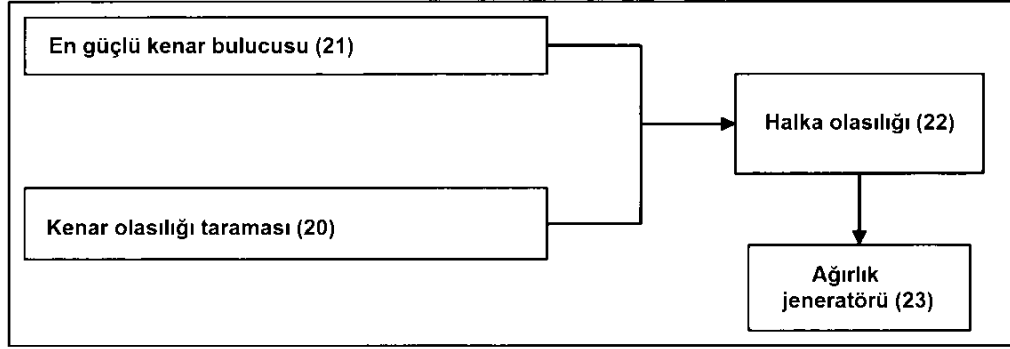
Şekil 2
ÖNCEKİ TEKNİK



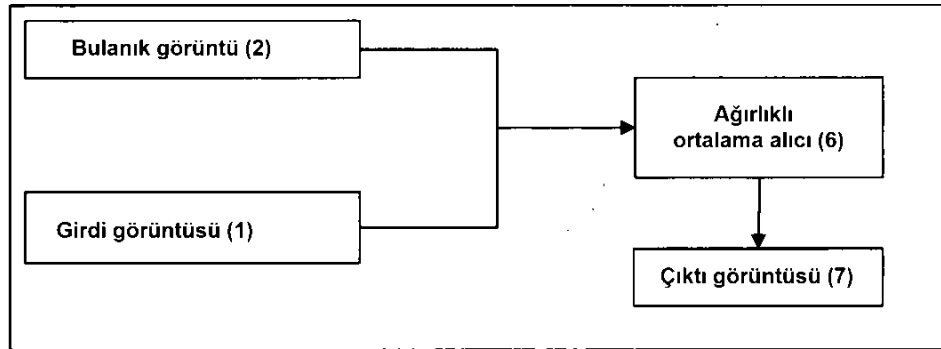
Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5



Şekil 6