**Termal Görüntülerin Anlamlılık Düzeylerinin Arttırılmasında Görüntü Birleştirmenin Kullanımı**

**Abdüsselam KESİKOĞLU1,\*, Ahmet Emin KARKINLI1, Tuba KURBAN1, Erkan BEŞDOK1**

*1 Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri.*

*Özet*

İnsan gözünün elektromanyetik spektrumun sadece 0.4-0.7 µm aralığında bulunan elektromanyetik ışınımı algılayabilmesinden dolayı, cisimden yayılan elektromanyetik spektrumun ısıl kızılötesi bölümünde yer alan ışınımın tespit edilebilmesi amacıyla termal kameralar üretilmiştir. Termal kameralar, üzerlerinde bulunan infrared dedektörler sayesinde görünür ışığın cisimden geri yansımasının bulunmadığı durumlarda, cisimden yansıyan termal kızılötesi ışınımı tespit ederek dijital görüntülere çevirmektedirler. İlgili noktaya ait pikselin içerdiği parlaklı değeri o noktanın sıcaklık değerini vermektedir. Bu sayede görünür ışığa gerek duymadan, arada temas olmaksızın sıcaklık bilgisine ulaşılabilinmektedir. Gelişen bu teknoloji beraberinde askeri uygulamaları, yapı sektörü, elektrik-elektronik, tarımsal ölçüm, veterinerlik, sağlık sektörü, materyal analizi gibi uygulamaları içeren geniş bir kullanım alanını ortaya çıkartmıştır. Ancak bu görüntülerde ki anlamlılık düzeyinin düşük olması nedeni ile çalışma kapsamında ilk olarak optik ve termal kameralardan elde edilen görüntülerde bulunan geometrik hatalar kamera kalibrasyonu aracılığı ile giderilmiş, ardından bu hatalardan arındırılmış görüntülere görüntü birleştirme algoritmaları uygulanmış ve elde edilen birleştirme görüntüleri uzaysal frekans kalite metriği ile test edilerek sonuçlar sayısal ve görsel olarak yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler

Geometrik Hata, Görüntü Birleştirme, Kamera Kalibrasyonu, Termografik Görüntü.

# 1. Giriş

Cisimlerden yayılan elektromanyetik enerjinin tespit edilerek piksel parlaklık değerlerine çevrilmesi sayesinde, algılanan bu enerjinin anlaşılması ve yorumlanmasını sağlayan termal görüntüleme teknolojisi birçok uygulama alanında sıklıkla kullanılmaktadır.

Ancak termal ve optik kameralardan elde edilen görüntüler akademik anlamda kullanılacak ve çeşitli analizlere tabii tutulacaklarsa çeşitli ön işlemlerden geçirilmeleri gerekmektedir. Çünkü termal ve optik görüntülerden elde edilen bu görüntüler üretildikleri kameralardan kaynaklanan bazı lens hatalarını barındırmaktadırlar. Radyal lens hataları ve teğetsel lens hataları olarak ikiye ayrılan bu hataların giderilebilmesi ve 2 boyutlu resim koordinat sistemi ve 3 boyutlu dünya koordinat sistemi arasındaki ilişkinin tanımlanabilmesi amacıyla bu kameralara ait iç kamera parametreleri ve dış kamera parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi amacıyla kameralara ait kamera kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir (Tsai, 1987; Beşdok vd., 2006).

Optik ve termal kameralara ait kamera kalibrasyonlarının yapılabilmesi için, kalibrasyonu yapılacak kameraya ait iç ve dış parametrelerin bulunabilmesi amacıyla literatüre birçok yöntem sunulmuştur. Bunların başında Tsai, Heikkila, Faugeras, Zhang, Hall vd., Salvi vd., Wei ve Ma, Weng vd., Fraser ortaya koyduğu yöntemler gelmektedir (Heikkila 1997; Faugeras 1993; Zhang 2008; Hall vd. 1982; Salvi vd. 2002; Wei vd. 1993; Weng vd. 1992; Fraser 1997; Kesikoğlu, 2012). Yöntemler arasındaki farklılıklar ortaya konulan matematiksel bağıntılar ve bu bağıntıların sonucunda ortaya çıkan katsayıların çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Yöntemlerden bazıları lens hatalarından ($k\_{1},k\_{2},p\_{1},p\_{2}$) sadece radyal lens hatası katsayılarını vermekte iken, bazıları hem radyal lens hataları hem de teğetsel hataları katsayılarını vermektedir.

Yeryüzünde yaşayan canlıların etrafını daha iyi kavrayabilmesi için tüm duyu organlarını kullanmasına benzer bir şekilde dijital görüntüleme sistemlerinde de çevreyi daha iyi kavrayabilmek için farklı sensorlardan elde edilen bilgiler birleştirilerek kullanılmaktadırlar. Bu amaçla üretilen matematiksel bağıntılara görüntü birleştirme (image fusion) yöntemleri denilmektedir (Zhang vd. 1999; Blum vd. 2006). Günümüzde görüntü birleştirme teknolojisi uzaktan algılama, görüntü işleme, bilgisayarlı görme, robotik, bulanık görüntü geri-çatımı, tahribatsız değerlendirme, askeri uygulamalar, görüntü kalitesi değerlendirmesi, tıbbi tanı, biyometrik sistemler, gözetleme sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Blum vd. 2006).

Literatürde genel olarak aynı sensor teknolojisine sahip kameralar ile farklı odaklarda çekilmiş olan optik görüntülere ait birleştirme işlemi yapılırken, bu çalışma kapsamında termal kameradan ve optik kameradan alınmış olan aynı bölgeye ait iki görüntünün Laplacian piramidi ve Wavelet dönüşüm yöntemleri kullanılarak birleştirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ilk işlem adımı olarak elde edilen görüntülere ait lens hataları giderilmiştir. İkinci işlem adımında lens hataları giderilen görüntülerin birleştirilebilmesi amacıyla termal ve optik görüntüler aynı boyuta getirilmiştir ve karşılıklı seçilen noktalardan hataları yüksek olan nokta çiftleri Ransac algoritması ile elimine edilerek bu görüntüler üst üste bindirilmiş olarak hazır hale getirilmiştir. Son olarak iki farklı yöntem ile görüntüler birleştirilerek uzaysal frekans kalite metriği ile birleştirme görüntülerindeki sayısal hata tespit edilerek çalışma sonlandırılmıştır.

## 2. Termal Görüntüleme

Dünya üzerinde bulunan bütün cisimler bünyelerinde bulunan sıcaklıklar sayesinde etraflarına kızılötesi ışınım yaymaktadırlar. Bu ışınım Stefan-Boltzmann Kanununa göre sıcaklığın 4. Kuvveti ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

J=σ$T^{4}$ (1)

 J : Yüzeyden ışıyan enerji (watt)

 σ : Stefan Boltzmann sabiti (5.6697x10-8 W/m2K4)

$ T$ : Cisim yüzey sıcaklığı (K)

Bu ışınım çıplak gözle görülememekte ve tespit edilememekte olup, elektromanyetik spektrumunun 3-14 µm aralığı olan ısıl kızılötesi bölümünde yer alan ışınım termal görüntülemede kullanılmaktadır (URL-1). Termal kameralar sayesinde bu ışınım tespit edilerek dijital görüntülere çevrilmektedir. Bu görüntülerde (u,v) piksel koordinatlarına ait parlaklık değeri cismin sıcaklığını göstermektedir (Selek, 2007; Eads vd.,2000).

Gelişen teknoloji sayesinde termal görüntüleme sistemleri aşağıda görüldüğü üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Kesikoğlu, 2012);

 - Yapı sektörü

 - Elektrik ve elektronik alanı

 - Veterinerlik

 - Materyal analizi

 - Tarım alanı

 - Sağlık sektörü

 - Askeri uygulamalar

 - Havacılık çalışmaları.

## 3. Kamera Kalibrasyonu

Literatürde 2 boyutlu resim koordinat sistemi ile (u,v) 3 boyutlu dünya koordinat sistemi (X,Y,Z) arasındaki ilişkinin tanımlanması olarak adlandırılan kamera kalibrasyonu sayesinde kamera kaynaklı olan lens hataları giderilebilir, 2 boyutlu görüntü düzlemi ve 3 boyutlu dünya arasındaki ilişki tanımlanarak görüntü düzleminden metrik değerlere ulaşılabilir (Kesikoğlu, 2012).

Bu iki koordinat sistemi arasındaki ilişkinin tanımlanması amacıyla belirlenen kamera parametreleri iç kamera parametreleri ve dış kamera parametreleri olarak ikiye ayrılmaktadır. İç kamera parametrelerini odak uzaklığı ($ƒ\_{x}$,$ ƒ\_{y}$), görüntü merkezi ($c\_{x},c\_{y}$), lens hatalarından (radyal hatalar ($k\_{1},k\_{2}$), teğetsel hatalar ($p\_{1},p\_{2}$)) oluşturmakta olup görüntü piksel koordinatları ve kamera koordinatları arasındaki bağıntının oluşturulmasını sağlamaktadır. Dış kamera parametreleri ise üç euler açısı (ϴx, ϴy, ϴz), üç ötelemeden ($t\_{x}t\_{y}t\_{z}$) oluşmakta olup kamera koordinatları ve dünya koordinatları arasındaki bağıntının oluşturulmasını sağlamaktadır (Karkınlı, 2010).

Üretilen kameralara ait lenslerin kusursuz olarak üretilememelerinden kaynaklanan lens hatalarının giderilerek kameralardan elde edilen görüntülerin geometrik düzeltmelerinin yapılmaları gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında lens hataları radyal ve teğetsel hatalar olmak üzere iki kısımda ele alınmıştır. Radyal lens hataları görüntülerin alındığı kameralara ait lenslerin yüzeylerinin gerektiği şekilde oval olarak üretilememesinden kaynaklanmakta olup, kamera lenslerinden geçen ışınlar olması gerekenden ya az ya da daha çok kırılarak cisme ait bir noktanın görüntü düzleminde ana noktaya göre olması gerekenden yakında ya da daha uzakta bulunmasına yol açmaktadır (Heikkila, 2000, Bendeş, 2008).

Teğetsel hatalar da ise görüntülerin elde edildiği kameraların lenslerinin yüzeylerine ait ovallik merkez noktalarının birbirleri ile tam olarak çakışmamalarından kaynaklanmakta olup cisim üzerinde düz olan hatların görüntü düzleminde eğik bir biçimde oluşmasına neden olmaktadır (Heikkila, 2000).

## 4. Görüntü Birleştirme Yöntemleri

Görüntü birleştirme tek bir sensör tarafından farklı bakış açılarından çekilmiş ve/veya birden çok sensora ait iki ve/veya daha fazla görüntünün birleştirilmesi ile yeni bir görüntünün üretilmesi işlemidir. Bu işlem sayesinde görüntülerin barındırdığı bulanıklıklar gibi eksiklikler giderilerek görüntülerden bilgi açısından zengin kısımlar alınarak bilgi yönünden zengin görüntüler üretilebilir (Zhang vd., 1999; Aslantaş vd., 2010).

Görüntü birleştirme açısından literatürde birçok yöntem bulunmaktadır;

 - Wavelet Dönüşümü

 - Laplacian Piramidi

 - Uzaysal Frekans

 - Ana Bileşen Dönüşümü

 - Gradient Piramit Dönüşümü

 - Alçak Geçirgen Piramit Oranı

 - Morfolojik Piramit Dönüşümü

 - Kontrast Piramit Yaklaşımı

 - Yapay Sinir Ağları.

## 4.1 Wavelet Dönüşümü

1980 yılında ortaya çıkmış olan wavelet dönüşümü görüntülerin çok çözünürlüklü bölümlemesini yapabilmektedir. Bu yöntemin genel işleyişi Laplacian dönüşümüne benzer durumdadır. İşlem adımlarının ilki görüntülere dalgacık dönüşümü uygulayarak ayrıştırma işlemi uygulanmasıdır. Bu ilk aşamada sonucunda alçak-alçak, yüksek-alçak, alçak-yüksek ve yüksek-yüksek olmak üzere dört adet frekans bandı elde edilir. Belirlenen ayrıştırma seviyesi sayısına göre alçak-alçak bant üzerinden tekrarlı olarak ayrıştırma işlemine devam edilir. Sonraki işlem adımında dalgacık bazında seçilen birleştirme kuralına göre dalgacık formunda birleştirilmiş görüntü elde edilir. Çalışma kapsamında birleştirme kuralı olarak mutlak değerleri en yüksek katsayıların seçilmesi ile birleştirme bu aşama sonlandırılmıştır. En son aşama ise ters dalgacık dönüşümü uygulanarak birleştirilmiş görüntünün elde edilmesidir. Wavelet dönüşümü işleyiş şeması Şekil 1’ de görülmektedir (Canga, 2002).



*Şekil 1: Wavelet Dönüşümü İşleyiş Şeması.*

## 4.2 Laplacian Piramidi

Laplacian piramit yöntemi 1983 yılında Burt ve Andelson tarafından bulunmuştur. Bu yöntem, temelde görüntüyü belirli bir ölçekte alt çözünürlüğe ayırarak piramidin tabanında ana görüntü, en üstünde en alt çözünürlüklü görüntü bulunmak üzere görüntü piramidi oluşturmaktadır. Sonrasında her bir katmana ayrı ayrı olarak bant geçirgen filtre veya alçak geçirgen filtre uygulayarak art arda gelen katmanlar arasındaki farkın hesaplanmasına dayanmaktadır. Her iki görüntü için bu işlem uygulandıktan sonra piramitlerin her bir katmanındaki pikseller karşılıklı olarak değerlendirmeye tabii tutularak baskın olan pikseller birleşim piramidini oluşturur. Son olarak oluşan bu birleşim piramidine ters laplacian piramit dönüşümü uygulanarak füzyon görüntüsü elde edilir (Burt vd., 1983; Şimşek vd., 2006).

Laplacian piramit dönüşümüne ait matematiksel işleyiş aşağıda gösterilmektedir (Burt vd. 1983, Shechtman 2000, Canga 2002);

$LP\_{k}^{A}\left(i,j\right)=G\_{k}^{A}\left(i,j\right)-8ω×[G\_{k+1}^{A}\left(i,j\right)]\_{\uparrow 2}$, (2)

$LP\_{k}^{B}\left(i,j\right)=G\_{k}^{B}\left(i,j\right)-8ω×[G\_{k+1}^{B}\left(i,j\right)]\_{\uparrow 2}$

$G\_{A}$ ve $G\_{B}$ A ve B ana kaynak görüntülerine ait Laplacian piramidinin k. seviyesini, $ω$ Gaussian bulanıklaştırma için konvolüsyon maskesini, k={0,1,….,n│n Ɛ N} olup ayrışım seviyesini göstermektedir. $G\_{0}^{A}$ ve $G\_{0}^{B}$ değeri için A ve B ana kaynak görüntülerinin orjinalleri alınmalıdır. $[]\_{\downright 2}$ ise aşağı örneklemeyi göstermektedir.

 $LP\_{k}^{A}$ ve $LP\_{k}^{B}$ Laplacian piramidinde k. ve k+1. seviyeler arasındaki ağırlıklandırılmış farkı göstermekte olup $[]\_{\uparrow 2}$ yukarı ölçekleme işlemini ifade etmektedir.

$LP\_{k}^{F}(i,j)=\left\{\begin{array}{c}LP\_{k}^{A}\left(i,j\right), \\LP\_{k}^{B}\left(i,j\right),\end{array}\right.\begin{array}{c} \left|LP\_{k}^{ A}\left(i,j\right)\right|>\left|LP\_{k}^{ B}\left(i,j\right)\right|\\diğer \end{array} $ (3)

Daha sonra her bir seviyedeki $LP\_{k}^{A}$ ve $LP\_{k}^{B}$ değerlerinin mutlak değerlerini karşılaştıran en yüksek katsayıların seçilmesini gerçekleştiren bir algoritma çalışmaktadır. Son olarak ters Laplacian piramit dönüşümü gerçekleştirilerek birleştirilmiş görüntü üretilmektedir.

$F\_{k}^{ }\left(i,j\right)=LP\_{k}^{F}\left(i,j\right)+8ω×[F\_{k+1}^{ }\left(i,j\right)]\_{\uparrow 2}$ (4)

## 5. Sayısal Uygulama

Uygulama kapsamında Kayseri İli, Kocasinan İlçesi, Beyazşehir Mahallesi’ n de bulunan binaya ait Flir P65 TermaCAM termal kamerası ve Canon SX110 optik kamerasından alınan görüntüler kullanılmıştır.

## 5.1. Kamera Kalibrasyonu

##

İlk olarak kullanılan kameraların kusursuz üretilememelerinden kaynaklanan lens hatalarının giderilmesi gerekmektedir. Bu sebeple Matlab Bouguet Camera Calibration Toolbox kullanılarak sırasıyla optik ve termal kameralar kalibre edilmiş daha sonra elde edilen Tablo 1 ve Tablo 2 de görülen parametreler ile görüntülerde bulunan geometrik hatalar giderilmiştir (Bouguet, 2010).

*Tablo 1: Optik Kamera İçin İç (Instrinsic) Kamera Parametreleri*

|  |  |
| --- | --- |
| Odak uzaklığı (fc) | [3536.35834 3538.98750] ± [25.54888 27.48234] |
| Ana nokta (cc) |  [ 1667.58613 1346.00379 ] ± [ 31.97252 29.93909 ] |
| Çarpıklık (alpha\_c) | [ 0.00000 ] ± [ 0.00000 ]  |
| Distorsiyon Katsayıları (kc) | [-0.23956 0.44871 0.00227 -0.00207 0.00000] |
|  ± [0.03633 0.35220 0.00167 0.00176 0.00000] |
| Pixel hatası (err) | [0.78553 0.89862] |

*Tablo 2. Termal Kamera İçin İç (Instrinsic) Kamera Parametreleri*

|  |  |
| --- | --- |
| Odak uzaklığı (fc) | [ 770.62611 766.20171 ] ± [ 57.00316 60.75255 ] |
| Ana nokta (cc) |  [ 154.75136 79.53605 ] ± [ 59.83643 40.13027 ] |
| Çarpıklık (alpha\_c) | [ 0.00000 ] ± [ 0.00000 ]  |
| Distorsiyon Katsayıları (kc) | [-0.64689 3.05359 0.01529 -0.00771 0.00000] |
|  ± [0.45830 10.88039 0.01214 0.02261 0.00000] |
| Pixel hatası (err) | [0.13047 0.12285] |

## 5.2. Görüntü Birleştirme

Optik ve termal görüntülerin birleştirilebilmesi için bu iki görüntünün aynı boyutta ve üst üste çakışık durumda olması gerekmektedir. Görüntülerin bu duruma getirilebilmesi için Matlab içerisinden “Control Point Selection Tool” kullanılarak iki görüntüdeki 277 adet eş nokta manuel olarak seçilmiştir. Ancak termal görüntünün hassasiyetinin düşük olması sebebi ile seçilen bu noktalar hata barındırmaktadır. Noktalar arasındaki homografinin tespit edilerek hatalı noktaların elimine edilebilmesi amacıyla ‘Ransac Algoritması’ kullanılmıştır.

Martin A. Fischler ve Robert C. Bolles tarafından 1981 yılında üretilen Ransac (Random Sample Consensus) algoritması, uyuşumlu veri çiftlerinin arasındaki homografinin tespit edilerek veri çiftleri içerisinden belirtilen eşik değerinin üzerinde kalan verinin tespit edilmesini sağlamaktadır (Fischler vd., 1981).

Algoritmanın temeline inildiğinde hipotez ve test aşamasından oluştuğu görülmektedir. İşlenilecek olan giriş verisi içerisinden karışık olarak seçilen veri kümesinin üretildiği hipotez aşamasında bu veri kümesi kullanılarak model parametreleri elde edilir. İkinci kısmı oluşturan test aşamasında işleme tabii tutulan verilerin tamamı ile bir önceki aşamada üretilmiş olan veri kümesi kullanılarak üretilen model örneğinin tutarlılığı kontrol edilir. Bu kısımda oluşan elemanların kümesine uyumluluk kümesi adı verilir. Algoritmanın başında belirtilecek olan eşik değerine göre, daha iyi bir uyumluluk kümesi bulma olasılığı bu değerin altında kalırsa algoritma sonlandırılır. Veri seti arasındaki homografi en son seçilen uyumluluk kümesi kullanılarak tespit edinilmiş olunur (Fischler vd., 1981).

Ransac algoritması kullanılarak karşılıklı olarak seçilmiş olan 277 adet noktadan 23ü elimine edilerek 254 adet nokta tespit edilmiştir. Bu noktalar kullanılarak Ransac algoritmasının tespit ettiği homografi ile optik görüntünün termal görüntüye göre projektif dönüşümü gerçekleştirilerek iki görüntü üst üste çakıştırılmıştır.

# baseinputregistered1

 c)

 b)

 a)

*Şekil 2: a) Termal Görüntü b) Optik Görüntü c) Ransac algoritması ile tespit edilen*

*254 adet nokta ile dönüşümü yapılan optic görüntü*

## 5.3. Laplacian Piramidi ve Wavelet Dönüşümü İle Görüntü Birleştirme

Görüntü birleştirmede kullanılacak olan bu iki yöntemin tek bant üzerinden çalışmaları sebebi ile optic görüntü ve termal görüntüler hazırlandıktan sonra bantlarına ayrıştırılmışlardır. Dönüşümlar uygulandıktan sonra tekrar birleştirilerek oluşturulmuş olan birleştirme görüntüleri Şekil 3’ de görülmektedir. Soldaki görüntü Laplacian piramit dönüşümü ile elde edilmiş olup sağdaki görüntü ise Ingrid Daubechies tarafından bulunmuş olan wavelet ailesinden ‘daubechies-4’ seçilerek üretilmiştir. Oluşturulan bu görüntülerin görsel değerlendirmelerinin haricinde metric olarakta karşılaştırılabilmesi amacıyla literatürde birleştirme görüntülerinin değerlendirilmesinde kullanılmakta olan uzaysal frekans kalite metriği kullanılmıştır.



*Şekil 3: Solda Laplacian Piramit Dönüşümü İle Sağda Wavelet Dönüşümü İle Oluşturulmuş Dönüşüm Görüntüleri*

**5.4. Uzaysal Frekans Kalite Metriği**

Uzaysal frekans görüntüdeki genel aktivite düzeyini ölçerek değişim seviyesini hesaplamaktadır. Bu yöntem matematiksel olarak komşu pikseller arasındaki farkları hesaplamakta olup iki görüntü karşılaştırıldığında metrik olarak daha büyük değere sahip olan görüntünün kalitesi daha yüksektir sonucuna varılabilir (Shutao vd., 2001; Eskicioğlu vd., 1995; Aslantaş vd., 2010).

$RF=\sqrt{\frac{1}{MxN}\sum\_{i=0}^{M-1}\sum\_{j=1}^{N-1}\left[f\left(i,j\right)-f\left(i,j-1\right)\right]^{2}}$ (5)

$CF=\sqrt{\frac{1}{MxN}\sum\_{j=0}^{N-1}\sum\_{i=1}^{M-1}\left[f\left(i,j\right)-f\left(i-1,j\right)\right]^{2}} $ (6)

$UF=\sqrt{RF²+VF²} $ (7)

Burada RF ve CF satır ve sütun gradyentleri olup, MxN boyutlu bir görüntüdeki uzaysal frekans UF ile hesaplanmaktadır. Laplacian piramidi ile oluşturulmuş olan füzyon görüntüsüne ait uzaysal frekans UF=9.9989 iken Wavelet dönüşümü ile oluşturulmuş olan füzyon görüntüsüne ait uzaysal frekans UF=10.2338 olarak hesaplanmıştır.

# 6. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında termal görüntülerin anlamlılık düzeylerinin düşük olmalarından kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılabilmeleri amacıyla termal ve optik görüntülerin birleştirilme yöntemlerinden olan Laplacian piramit dönüşümü ve Wavelet dönüşümünden bahsedilmiştir. Oluşan dönüşüm görüntüleri uzaysal frekans kalite metriği ile de değerlendirilerek karşılaştırılmışlardır. Wavelet dönüşümü ile oluşan görüntü matematiksel olarak Laplacian piramidi ile oluşan görüntüye göre düşük bir farkla daha iyi sonuç vermiştir. Ancak farklı metrikler ile değerlendirme yapıldığında sonuçlar değişebilmektedir. Görsel olarak değerlendirmede göz önüne alındığında Wavelet dönüşümü ile oluşan görüntünün daha iyi sonuç ürettiği kanısı oluşmaktadır. Termal görüntülerde cisimlerin net olarak seçilememesi durumunda optik ve termal görüntülerin kullanılarak birleştirme görüntüsünün elde edilmesi seçim kolaylığı sağlaması sebebi ile tercih edilebilecek bir durumdur.

**Kaynaklar**

Aslantaş V., (2010), *Görünür ve Termal Görüntülerin Birleştirilmesinde Kullanılan Çoklu-Ölçekli Yöntemlerin Karşılaştırılması*, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu’ nun İçinde, (Kurban R., Bendeş E.), Gebze, Türkiye, ss.710-715.

Beşdok, E., (2006), *3D Nesne Modellemeye Yönelik Lazerli Bir Tarayıcı Sistemin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi*, Eleco'2006, Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı Bildirileri’ nin İçinde, (Kasap, B.), Bursa, Türkiye.

Blum, R. S., Liu, Z., (2006), Multi-Sensor Image Fusion and Its Applications, special series on Signal Processing and Communications, 528-556.

Bouguet, J.Y., (2010), Camera Calibration Toolbox for Matlab, California Institute of Technology, <http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/>, [Erişim 1 Mart 2013].

Burt P. T., Andelson E. H., (1983), T*he laplacian pyramid as a compact image code*, IEEE Trans. Commun, 31(4), 532-540.

Canga E. F., (2002), *Image Fusion*, Project Report, University of Bath, Bath, UK., 72ss.

Eads, L.G., Epperly, R.A., Snell J.R., (2000), *Thermography*, ASHRAE Journal, 42(3), 51-55.

Eskicioglu, A. M., Fisher, P. S., (1995), *Image quality measures and their performance*, IEEE Transactions on Communications, 43 (12), 2959-2965.

Fischler, M. A., Bolles, R. C., (1981), *Random sample consensus: a paradigm for model fitting with apphcatlons to ımage analysis and automated cartography*, Graphics and Image Processing, 24(6), 381-395.

Kesikoğlu, A., (2012), T*ermal görüntüler ile binalarda enerji kullanımı verimliliği analizi*, Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.

Karkınlı, A. E., (2010), Ç*izgi lazer tabanlı 3d tarayıcı tasarımı*, Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.

Selek, M., (2007), İnfrared Termograf Yoluyla Metal Yorulmasının Gerçek Zamanda Analizi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 190s.

Şimşek, M., (2006), Ayrıştırma teknikleri kullanarak görüntü birleştirme. Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi. http://anibal.gyte.edu.tr/dosya/104/seminer/S1-06-6-003.pdf, [Erişim 10 Ağustos 2012].

Tsai R.Y., (1987), *A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3d machine vision metrology using off-the-shelf tv cameras and lenses*, IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-3(4), 323-344.

URL-1, Thermography, Wikipedia İnternet Sitesi, http://en.wikipedia.org/wiki/Thermography, [Erişim 22 Ağustos 2012].

Zhang Z. Blum R. S., (1999), *A categorization of multiscale-decomposition-based image fusion schemes with a performance study for a digital camera application*, Proceedings of the IEEE, 87(8), 1315-1326.

Eskicioglu, A. M., Fisher, P. S., (1995), *Image quality measures and their performance*, IEEE Transactions on Communications, 43 (12), 2959-2965.

Heikkila J., (1997). *Accurate camera calibration and feature based 3-d reconstruction from monocular image sequences,* Doktora Tezi, University of Oulu, Oulu, Finland.

Zhang Z., (2008) *A flexible new technique for camera calibration*, Microsoft Research, Microsoft Corporation, Technical Report, MSR-TR-98-71.

Hall E.L., Tio J.B.K., McPherson C.A., Sadjadi F.A., (1982). *Measuring curved surfaces for robot vision*, Computer Journal, 15, 42–54.

Salvi J., Armangue X., Batlle J., (2002), *A comparative review of camera calibrating methods with accuracy evaluation*, Journal of Pattern Recognition, 35(2002), 1617–1635.

Wei G., (1993), *A Complete Two-Plane Camera Calibration Method And Experimental Comparisons*, In Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Visio’ nun İçinde (Ma S.), Berlin, ss439-446.

Weng J., Cohen P., Herniou M., (1992), *Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation,* IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(10), 965-980.

Fraser C.S., (1997), *Digital camera selfcalibration*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 52, 149-159.

Faugeras O.D., (1993), *Three-dimensional computer vision*, The MIT Press, Cambridge, MA.

Heikkila J., (2000), *Geometric camera calibration using circular control points*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(10), 1066-1077.

Bendes. E., (2008), *Kamera kalibrasyonunda yapay zeka tekniklerinin uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.

Shechtman E., (2000), *Sequence fusion based on 3D pyramids*, Project Report, The Faculty of Mathematics and Computer Science, Israel.

Li S., Kwok J.T., Wang Y., *Combination of ımages with diverse focuses using the spatial frequency*, Information Fusion, 2(3), 169-176.