Betonarme Binalarda Isınma Amaçlı Enerji Kullanımı Verimliliği: Bilgi Sistemi Tabanlı Bir Analiz

A. Kesikoğlu[1], A. E. Karkınlı[1], T. Kurban[1], E. Beşdok[1]
[1]EÜ, Erciyes Üniversitesi, Harita Müh.Bölümü, Kayseri, akesikoglu, aekarkinli, tubac, ebesdok@erciyes.edu.tr

ÖZET

Binaların ısıtılması sürecinde kullanılan kaynakların tüketilmesi enerji harcamasının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Binalarda meydana gelen enerji kaybının en büyük nedeni yapıların gerekli yalıtım malzemeleri ile donatılmamış olmasıdır. Bu sebeple yapının ihtiyaç duyulan ısı seviyesinde tutulabilmesi amacıyla daha fazla enerji tüketilmesi gerekmektedir. Yalıtım malzemesinin kullanılması sayesinde tüketilecek olan enerji miktarında düşüşler meydana gelmektedir. Termal kameralar ısı kaçışlarının tespiti için gerekli olan termografik imgelerin elde edilmesini sağlar. Bu çalışmada termal imgenin anlamlılık düzeyinin artırılabilmesi için RGB ve termal imgenin füzyon işlemi matematiksel yöntemlerle tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. Füzyon imgesinden ulaşılan enerji kaybı bilgileri ve uydu görüntüsü ilişkilendirilerek bilgi sistemi tabanlı bir analiz gerçekleştirilebilir.

Anahtar Sözcükler: Enerji Kaybı, Yalıtım Malzemesi, RGB ve Termal İmge, Bilgi Sistemi.

ABSTRACT

Consumption of resources used in the process of heating buildings make up a large part of energy expenditure. The biggest reason of energy loss in the buildings was not equipped with the necessary insulation materials. Therefore, the purpose of structure which can be kept at the heat level needed, more energy consumption are required. Owing to use of insulation material, amount of energy which was used up can be decreased. Thermal cameras provide to be obtained of thermographic images which was needed for despiting of heat escape. In this paper, in order to increase the meaningfulness level of thermal image, RGB and thermal images were carried out with defining of mathematical method. An information system-based analysis can be performed by relating with knowledge of energy loss which are obtained from fused image and satellite images.

Keywords: Energy Loss, Insulation Material, RGB and Thermal Image, Information System.

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu beraberinde daha fazla enerji kaynağı ihtiyacını ve bu kaynakların hızlı bir şekilde tüketilmesi sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple doğal kaynak yönetimi konusunda gerekli önemin ortaya konulabilmesi, çeşitli önlemler alınması gerekliliğinin doğmasına neden olmuştur. Avrupa Parlamentosu ve Konseyi' nin 2002/91/CE sayılı yönergesinde binalarda enerji performansının iyileştirilmesinin teşvik edilmesi üzerinde durulmuştur. Bu sebeple ülkemizde de "Enerji Verimliliği Kanunu" ve "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" çıkarılarak enerji kaybının en aza indirilebilmesi için gerekli önlemler alınmaya başlanmıştır.

Binalarda meydana gelen enerji kaybının en büyük nedeni yapıların gerekli yalıtım malzemeleri ile donatılmamış olmasıdır. Bu sebeple bina dış yüzeyinden, pencere ve kapı aralarından, çatı kaplaması gibi kısımlardan sürekli olarak bir ısı kaçışı meydana gelmektedir. Bu da beraberinde yapının ihtiyaç duyulan ısı seviyesinde tutulabilmesi amacıyla ısıtılabilmesi için daha fazla enerji tüketilmesi gerekliliğini meydana çıkarmaktadır. Yalıtım malzemesinin kullanılması ile ısı kaçışlarının engellenmesi sayesinde tüketilecek olan enerji miktarında düşüşler meydana gelmektedir. Buna paralel olarak yapılarda yıllık enerji harcamaları dikkate değer bir oranda düşüşe geçecektir. Hatta birkaç yıl içerisinde enerji tüketimine daha az harcama yapılmasıyla ortaya çıkan miktarların toplamı, bina yalıtımının yapılabilmesi için yapılan harcamaları karşılayarak kâra geçilmesini sağlayacaktır. Yalıtım malzemeleri kullanılmasının diğer bir faydası ise enerjinin ortaya çıkarılabilmesi için gerekli olan enerji kaynağının tüketilmesindeki hızın ivmesinde bir azalış meydana gelecek ve doğal çevrenin korunması sağlanarak doğal çevre gelecek nesillere miras olarak bırakılabilecektir.

Yapılarda enerji kaybının ortaya konulması ile ilgili yapılan uygulamalarda genellikle kızılötesi termografisi kullanılmaktadır. Termografi elektromanyetik spektrumun 0.9-0.14 µm aralığı olan kızılötesi bölümünde yer alan ışınımın tespit edilmesidir (URL 1). Termal kameralar sayesinde enerji kaçışlarının tespiti için gerekli olan termografik görüntülerin elde edilmesi sağlanmış olur. Termal görüntülerde piksel değerleri, bu piksellere karşılık gelen noktaların termal ısı değerleridir. Elde edilen bu görüntüler göstermiştir ki termal yalıtımı yapılmamış olan binada termal yalıtımı yapılmış olan binaya göre oldukça fazla ısı kaçışı ve enerji kaybı meydana gelmektedir. Termal görüntülemede karşılaşılan temel sıkıntı bina yüzeyinden elde edilen termografik modellerin basit geometriye sahip olması ve görüntünün alındığı kameradan kaynaklanan geometrik hataları içermesidir. Bu oluşan eksikliklerde beraberinde termal görüntünün anlamlılık düzeyini düşürmektedir. Yani birbirine yakın ısı değerini yansıtan nesneleri birbirlerinden ayırt etme gücü azalmaktadır.

Yaptığımız bu çalışmada bu anlamlılık düzeyinin ve ayırt edebilme gücünün artırılabilmesi için optik kameradan elde edilen RGB görüntü ile termal kameradan elde edilen termal görüntünün füzyon işlemi görüntü işleme

sayesinde matematiksel yöntemlerle tanımlanarak birleştirilmiştir. Bu füzyon görüntüsünden elde edilen enerji kaybı bilgileri ve uydu görüntüleri birbirleri ile ilişkilendirilerek bilgi sistemi tabanlı bir analiz gerçekleştirilebilir. Bu sayede enerji kaybının yüksek olduğu bölgelerde, dikkat edilmeyen ancak çok önemli olan bu sorunun çözümü için çeşitli önlemler alınabilir ve enerji korunumu sağlanabilir.

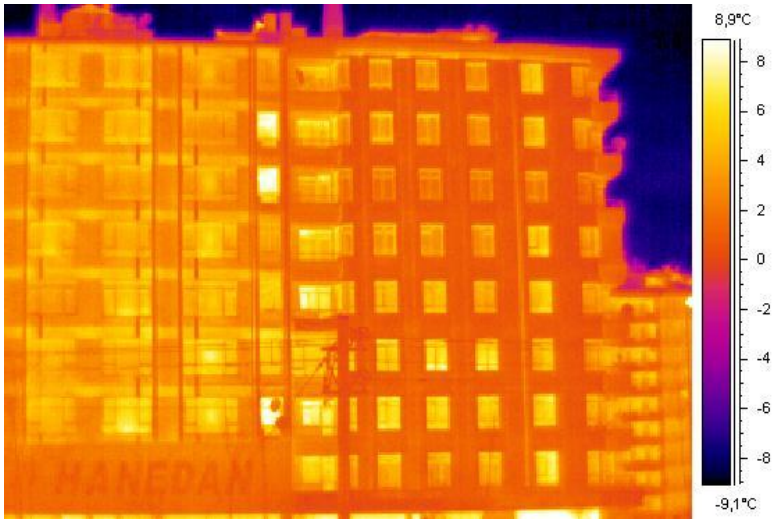
2.TERMAL GÖRÜNTÜLEME TEKNOLOJİSİ

Termografik görüntülerin elde edilmesine yarayan termal kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (0.9 –14 μm) cisimlerden yayılan ışınımın uzaktan algılanmasını sağlar (URL 1). Yeryüzünde bulunan bütün cisimler belli bir sıcaklığa sahip olmalarından dolayı kızılötesi ışınım yaparlar. (1) nolu denklemde görüldüğü üzere Stefan-Boltzmann Kanununa göre de cisimlerin sıcaklıkları arttıkça salınan ışınım miktarı da sıcaklığın 4. kuvveti ile artmaktadır.

$$J=\sigma T^4 \tag{1}$$

Burada J yüzeyden ışıyan enerji (watt), σ Stefan Boltzmann sabiti (5.6697×10^{-8} W/m^2K^4), T cisim yüzey sıcaklığıdır (K). Stefan Boltzmann Kanunu sayesinde çıplak göz ile görülemeyen cisimler termal kameralar ile rahatlıkla tespit edilebilmektedir.

Termal görüntüleme teknolojisini kullanan cihazlar elde ettikleri görüntüleri kızılötesi ışımayı tespit eden lensler kullanarak elde edebilmektedirler. Lenslerden elde edilen kızılötesi ışıma değerleri sayısal değerlere çevrilir ve Şekil 1 de görüldüğü üzere yüzey sıcaklık değerlerine karşılık gelecek şekilde farklı renklerle belirtilerek termografik görüntü elde edilir (Eads vd.,2000; Argiriou ve Balaras, 2002).



Şekil 1: Termal görüntü örneği

3.TERMAL YALITIM

Termal yalıtım ısı kaçışlarının engellenerek ortam sıcaklığının dengede ve istenilen düzeyde tutulabilmesi, fazla yakıt tüketiminin önlenerek enerji tasarrufunun sağlanabilmesi ve doğal kaynakların korunabilmesi, yapının maruz kaldığı nem ve sıcaklık teneffüsünün engellenmesi sebebi ile yapı ömrünün uzatılması, hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla alınacak önlemlerin en önemlisi olarak görülebilir (Paralı, 2009).

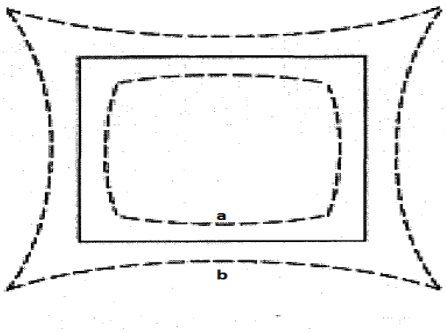
Termal yalıtım malzemeleri ısı iletim katsayılarının yeterli seviyede düşük olması sayesinde farklı sıcaklık değerlerine sahip ortamlar arasında ısı geçişlerine engel olarak ortam sıcaklıklarındaki değişimleri en aza indirmektedir. Bu sayede bina içi ısı kaçışlarının engellenmesiyle konut ısıtılması amacıyla kullanılan yakıt miktarlarında fark edilebilir derecede düşüşler meydana gelmekte ve yakıt tüketimine yapılan harcamalar sayesinde %50 lere varan tasarruflar yapılabilmektedir. Ortaya çıkan kazanç termal yalıtımın kendisini 1-2 yıl içerisinde amorti etmesini sağlamaktadır (Akıncı, 2007). Şekil 2 de görüldüğü üzere termal yalıtım yapılmış bina yüzey sıcaklığına ait olan SP01 noktası ile termal yalıtım yapılmamış olan bir bina yüzey sıcaklığına ait olan SP02 noktası arasında yaklaşık 5,6° C sıcaklık farkı bulunmaktadır. Bu sıcaklık farkı bina ısıtılması için harcanan yakıtın bir kısmının gereksiz yere harcandığının bir göstergesi olup termal yalıtımın farkını ortaya koymaktadır.

Şekil 2: SP01 ve SP02 sıcaklık değerleri

4. UYGULAMA

Yapılmış olan uygulamada Kayseri İli Kocasinan ilçesi Sivas Bulvarı üzerinde bitişik nizamda bulunan iki adet binaya ait olan FLIR ThermaCAM P65 termal kamera ve Canon dijital kameradan alınan termal ve optik görüntüler kullanılmıştır.

İlk olarak binalara ait görüntülerin elde edilmesinde kullanılan kameraların kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Kamera kalibrasyonu, 2 boyutlu (u,v) resim düzlemi ile 3 boyutlu (X,Y,Z) dünya koordinat sistemi arasındaki dönüşümün tanımlanmasını sağlayan kamera dönüklüklerinin ve 3 boyutlu kamera konumunun (iç yöneltme parametreleri) ve/veya kameranın geometrik ve optik özelliklerinin (iç yöneltme parametreleri) belirlenmesi olarak tanımlanabilir (Tsai, 1987). Üretilen her kamera optik sapmaları içeren bazı lens distorsiyonlarını barındırmaktadır (Cohen vd., 1992). Lens distorsiyonları gerçekleştirilen uygulamada radyal ve teğetsel distorsiyon olmak üzere iki kısımda ele alınmıştır. Kamera mercek yüzeyinin gerektiği biçimde oval olmamasından kaynaklanan radyal distorsiyonda mercekten geçen ışınlar az yada fazla kırılarak cisme ait bir noktanın görüntü düzleminde ana noktaya göre olması gerekenden uzakta yada daha yakında bulunmasına yol açmaktadır. Bu da Şekil 3de görüldüğü üzere görüntüde bozulmalara yol açar (Heikkila, 2000; Bendeş, 2008).



Şekil 3. Radyal Distorsiyon Türleri (a:negatif, b:pozitif) [8]

Radyal distorsiyon denklemleri şu şekildedir (Heikkila, 2000);

$$\begin{bmatrix} x_u \\ y_u \end{bmatrix} = (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 \ldots) \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \end{bmatrix} \quad (2)$$

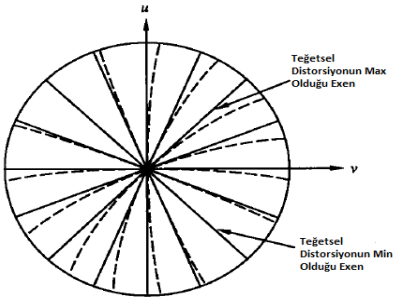
$$r = \sqrt{x_d^2 + y_d^2} \quad (3)$$

$k_1, k_2, .k_n$ Distorsiyon katsayıları

$x_u, y_u \ldots$ Distorsiyonlu görüntü koordinatları

$x_d, y_d \ldots$ Distorsiyonsuz görüntü koordinatları

Teğetsel distorsiyon da ise kamera mercek yüzeylerinin ovallik merkezlerinin birbirleri ile çakışmamalarından kaynaklanarak cisim üzerinde düz olan hatların Şekil 4 de görüldüğü üzere eğik bir biçimde oluşmasına neden olmaktadır (Heikkila, 2000).



Şekil 4. Teğetsel Distorsiyon [8]

Teğetsel distorsiyon denklemleri şu şekildedir (Heikkila, 2000);

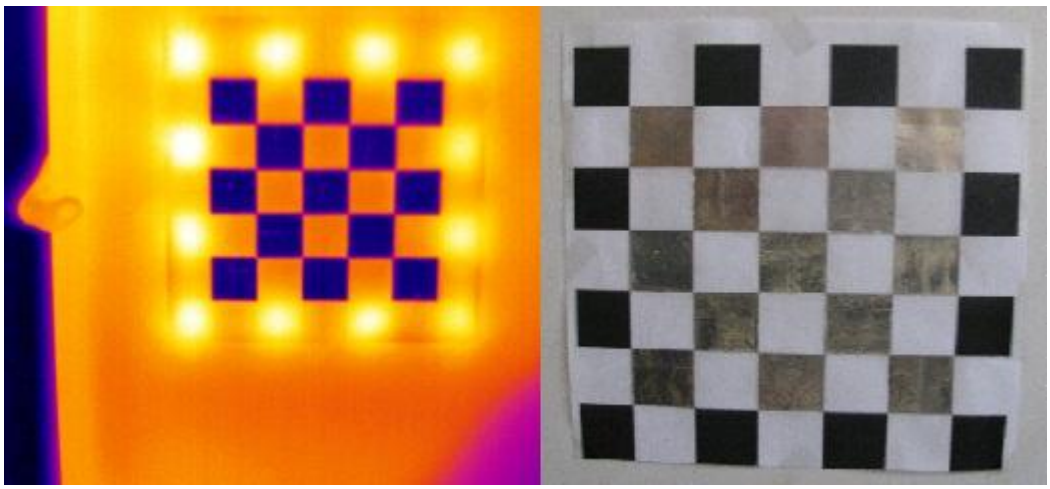
$$\Delta x_s = 2\rho_1 x_d y_d + \rho_2(r^2 + 2x_d^2) \quad (4)$$

$$\Delta y_s = \rho_1(r^2 + 2y_d^2) + 2\rho_2 x_d y_d \quad (5)$$

$$r = \sqrt{x_d^2 + y_d^2}$$

$\rho_1, \rho_2 \ldots$ Distorsiyon katsayıları

Lens distorsiyon hatalarının giderilerek optik ve termal kameralara ait iç yöneltme parametreleri elde edilebilmesi için Matlab Camera Calibration Toolbox (Bouguet, 2010) kullanılmıştır. Şekil 5 de görülen Termal kamera kalibrasyon paterni ve Şekil 6 da görülen optik kamera kalibrasyon paterni kullanılarak kameraların kalibrasyon işlemleri yapılmıştır.



Şekil 5. Termal Kamera Kalibrasyon Paterni Termal ve Optik Görüntüsü

Şekil 6. Optik Kamera Kalibrasyon Paterni Görüntüsü

Matlab Camera Calibration Toolbox kullanılarak optik ve termal kameralar için elde edilmiş olan iç kamera parametreleri Tablo 1 ve Tablo 2 de belirtilmiştir.

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 error (err)	[0.78553 0.89862]

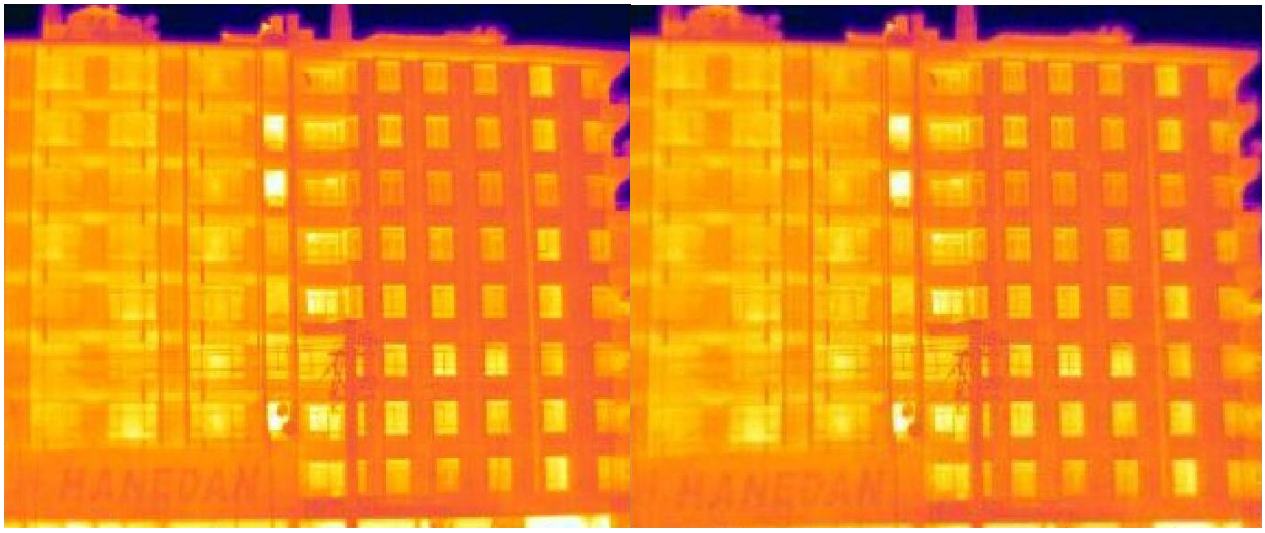
Tablo 2. Termal Kamera İçin İç (Instrinsic) Kamera Parametreleri

Odak uzaklığı (fc)	[768.75678 768.44834] ± [32.89156 35.40909]
Ana nokta (cc)	[176.45954 73.03965] ± [39.13861 39.45913]
Çarpıklık (alpha_c)	[0.00000] ± [0.00000]
Distorsiyon Katsayıları (kc)	[-0.41608 -0.81736 0.01458 -0.00940 0.00000]
	± [0.23578 4.11802 0.00780 0.00869 0.00000]
Pixel error (err)	[0.18019 0.17189]

Kameralara ait elde edilen iç kamera parametreleri kullanılarak termal ve optik görüntüler ait lens distorsiyon hataları giderilerek undistort görüntüler üretilmiştir. Şekil 7 de optik kameradan alınmış olan orijinal ve buna ait Distorsiyonu Giderilmiş görüntü, Şekil 8 de ise termal kameradan alınmış olan orijinal ve buna ait Distorsiyonu Giderilmiş görüntü yer almaktadır.

a b

Şekil 7. a) Orijinal Görüntü b) Distorsiyonu Giderilmiş Görüntü



a b

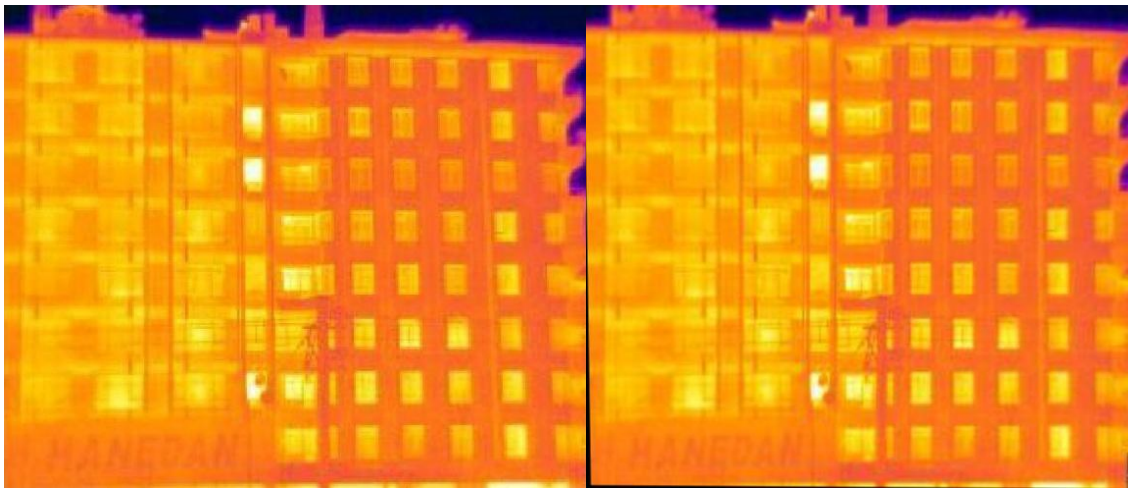
Şekil 8. a) Orijinal Görüntü b) Distorsiyonu Giderilmiş Görüntü

Distorsiyonu giderilmiş görüntü düzleminden gerçek dünya düzlemine geçiş projektif dönüşüm ile gerçekleştirilmiştir. Projektif dönüşüm bu düzlemler üzerinde ortak olarak bulunan en az dört adet nokta yardımı ile düzlemlerin birbiri üzerine izdüşürüldüğü genel bir dönüşüm yöntemi olup (6) nolu eşitlikte belirtilmiştir (Yaşayan, 1978).

$$X = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{a_3 x + b_3 y + 1} \qquad (6)$$

$$Y = \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{a_3 x + b_3 y + 1}$$

Matlab Image Processing Toolbox da distorsiyonsuz termal ve optik görüntülere binalardan alınan uzunluk bilgileri kullanılarak projektif dönüşüm ile rektifikasyon uygulanmıştır. Rektifikasyon aşamasında hatalı görüntüye geometrik dönüşüm uygulayarak hataların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (Doğan ve Temiz, 2005). Projektif dönüşüm ile rektifikasyonu yapılmış olan termal ve optik görüntüler Şekil 9 ve Şekil 10 da gösterilmiştir.



a b

Şekil 9. a) Orijinal Görüntü b) Rektifikasyonu Yapılmış Görüntü

a b

Şekil 10. a) Orijinal Görüntü b) Rektifikasyonu Yapılmış Görüntü

Rektifikasyonu yapılmış olan termal ve optik görüntüler her ikisinde de bulunan ortak noktalarından faydalanılarak projektif dönüşüm ile üst üste bindirilmiştir (Şekil 11). Bu sayede termal görüntünün anlamlılık düzeyi artırılarak ısı kaçışlarının olduğu kısımlar tespit edilebilmiş ve yorum yapabilme imkânı ortaya çıkmıştır.

Şekil 11. Çakıştırılmış Termal ve Optik Görüntüler

Son olarak lens distorsiyonları giderilmiş ve projektif dönüşümü yapılmış olan termal görüntünün Google SketchUp Demo Sürümü kullanılarak Şekil 12 de görüldüğü gibi üç boyutlu model üzerine kaplanması yapılmıştır.

Şekil 12. Texture Kaplanmış 3D Model

5. SONUÇ

Bu çalışmada termal yalıtımın enerji verimliliğine sağlayacağı katkının ve gerekliliğinin ortaya konulabilmesi amacıyla termal yalıtımlı ve yalıtımsız olan binalardan kış ayı içerisinde alınmış olan termal ve optik görüntüler kullanılmıştır. İlk olarak görüntülere ait lens distorsiyonları giderilmiş ve sonrasında projektif dönüşümleri yapılmıştır. Elde edilen görüntülerden bariz bir şekilde anlaşılmaktadır ki termal yalıtımın olmadığı binalarda termal yalıtımlı binalara göre bina yüzeylerinden ortalama 5-6 °C ısı kaybı meydana gelmektedir. Bu ısı kaybı da beraberinde enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde tüketilmesi ve maddi kayıpların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yapılan uygulamada termal görüntülerin anlamlılık düzeyinin artırılabilmesi için termal ve optik görüntüler çakıştırılarak ısı kaçışlarının olduğu bölgeler daha net bir şekilde ortaya çıkarılmıştır. Google Earth 6.0.3.2197 Demo Sürümü kullanılarak kaydedilmiş olan uydu görüntüsü altlığı üzerine üretilmiş olan yapıların üç boyutlu modelleri konumlandırılmıştır ve bu modeller termal görüntüler ile kaplanmıştır. Bu sayede çalışma alanı içerisinde bilgi sistemine yönelik değerlendirmeler yapılabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu bildiride kullanılan yazılım ve donanımların elde edilmesindeki katkılarından dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne teşekkür eder. Bu araştırma Erciyes Üniversitesi EUBAP 06-AY-15 proje kodu ve Termal Kamera ve Görüntüleme Sistemi (Termografik Fotogrametri) adı altında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

URL 1, Wikipedia İnternet Sitesi, Thermography, http://en.wikipedia.org/wiki/Thermography, (son giriş tarihi: 22 Ağustos 2011).

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

Argiriou, A. A., Balaras, C. A., 2002. Infrared Thermography For Building Diagnostics, Energy and Buildings, Sayı: 34, 171-183.

Akıncı, H., 2007. Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri Özellikleri Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Sakarya.

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, Sayı: 3(4), 323-344.

Bouguet, J.Y., *2010.* California Institute of Technology, Camera Calibration Toolbox for Matlab, http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/, (Son giriş tarihi: 12 Eylül 2011).

Cohen, P., Herniou M., Weng J., 1992. Camera Calibration with Distortion Models and Accuracy Evaluation, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Sayı: 14(10), 965-980.

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

Bendeş. E., 2008. Kamera Kalibrasyonunda Yapay Zeka Tekniklerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, , Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Yaşayan, A., 1978. Hava Fotogrametrisinde İki Boyutlu Doğrusal Dönüşümler ve Uygulamaları, K.T.Ü. ,Sayı: 102.

Doğan, S., Temiz M. S., 2005. Dijital Görüntülerin Rektifikasyonu: Sensör Modelleri, Geometrik Görüntü Dönüşümleri ve Yeniden Örnekleme, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan, Ankara, Türkiye.

Paralı, D., 2009. Bina Duvarlarında Uygulanan Isı Yalıtım Sistemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Sakarya.