

Bazı Yerel Benirizasyon Yöntemleri ile Binalarda Isı Kaybına Yol Açan Kısımların Belirlenmesi

Önder Halis Bettemir¹

¹İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye (onder.bettemir@inonu.edu.tr)

Received Date : Dec.2, 2019.

Acceptance Date : Dec. 24, 2019.

Published Date : Jun.1, 2020.

Özetçe— Bu çalışmada mevcut yapılara zarar vermeden yapıların ısı yalıtım yeterliliğini insan müdahalesi olmadan ölçebilmek için 4 adet yerel benirizasyon yönteminin performansı karşılaştırılmıştır. Binaların ısı yalıtım performansı ölçebilmek için kasım ayında gece binaların dış cepheleri termal kamera ile görüntülendi. Elde edilen tek bant 8 bit görüntüler Bernsen, kontrast (contrast), ortalama ve medyan eşikleme algoritmaları ile 1 bite indirgenmiştir. Tek bit biçimine dönüştürülen görüntülerde 0 değerini alan görüntü elemanları ısı kaybının olmadığı, 1 değerini alan görüntü elemanları ise ısı kaybının olduğu yeri temsil eden görüntü elemanları olarak kabul edilmiştir. Benirizasyon sürecinde her algoritma için farklı komşuluk mesafeleri denenmiş ve yöntemler için literatürde belirlenen parametreler tayin edilmiştir. Denenen 4 algoritma arasında Bernsen algoritması en iyi sonuçları vermiş ve komşuluk mesafesinden en az etkilenen algoritma olmuştur. Bu durum algoritmanın test edilen diğer algoritmalara göre daha az insan müdahalesi ile kullanılabileceğini göstermektedir. Diğer algoritmalar parametrelerinin değiştirilmesi ile daha uygun sonuçlar sunabilecektir. Bu çalışma ile çok yaygın kullanım alanına sahip olan benirizasyon yöntemi ısı kayıplarının belirlenmesinde de kullanılmıştır. Bu sayede en az insan müdahalesi ile termal kamera görüntüleri ile yapının ısı kaybına yol açan kısımları belirlenebilmiştir.

Anahtar kelimeler : Benirizasyon, Bernsen, Kontrast, Ortalama, Medyan.

Abstract— In this study performances of four binarization methods are compared on the capability of measurement of the heat insulation level of buildings without human intervention. In order to measure the heat insulation performance, buildings are imaged by thermal camera at November night. Obtained 8-bit gray scale images are binarized by Bernsen, Contrast, Mean, and Median threshold algorithms. Pixels of binarized images can have 1 or 0 values which represent sections with inadequate heat insulation and adequate heat insulation respectively. Different neighboring distances are tested which are obtained from literature for each algorithm throughout the Binarization process. Bernsen algorithm provided the best results among the tested four algorithms. Bernsen algorithm is the least effected algorithm from the neighboring distance. This represent that the aforementioned algorithm can be implemented by fewer human intervention than the tested algorithms. Other three algorithms can present better results if their parameters are tuned. In this study, binarization algorithms are implemented for the detection of poor heat insulation portions of the buildings. Hence portions of the buildings which causes heat loss are detected by thermal images with minimum human intervene.

Keywords : Binarization, Bernsen, Contrast, Mean, Median.

1.Giriş

İnşaat sürecindeki denetim eksikliği nedeniyle mevcut yapıların kalitesi üzerinde ciddi belirsizlikler vardır. Bunun sonucunda ısı yalıtımının yeterliliği de önemli belirsizlik içeren bir inşaat kalemidir. Mevcut yapıların tamamına yakınında hangi yalıtım malzemesinin ne kadar kalınlıkta uygulandığı

belgelenmemiştir. Bu nedenle kullanılmakta olan binaların ısı yalıtım performansları belirsizdir. Isı yalıtımını sağlayan imalat sıvanın altında yer aldığı için tamamlanmış yapılarda sıvayı kırıp ısı yalıtım malzemesini incelemek hem zahmetli hem de yapıya zarar verecek bir uygulamadır.

Bu çalışmada yapıların ısı yalıtım performansını termal kamera ile ölçüp görüntülerin işlenerek yapıda ısı kaybı olan kısımların belirlenmesi önerilmiştir. Bu sayede binalara zarar vermeden ve çok daha kısa sürede yapıların ısı kaybının ölçülmesi mümkün olacaktır. Yapı içeriden ısıtıldığı durumda yapının ısı yalıtımının yetersiz olduğu kısımlar içerinin sıcaklığını dışarıya aktaracaktır. Bu nedenle ısı yalıtımının yetersiz olduğu kısımların dış yüzeyi, iyi yalıtımlı kısımlara göre daha sıcak olacak ve termal görüntüde daha parlak yer alacaktır. Yapının dış yüzeyinin tamamında ısı yalıtımının yetersiz olması durumunda zeminle olan sıcaklık farkından yararlanılacaktır. Zemine göre daha sıcak olan dış cepheyi temsil eden görüntü elemanları daha yüksek parlaklık değerine sahip olacaktır.

Belirtilen yöntemle yapının dış cephesi termal kamera ile görüntülenip yapının ısı yalıtımının uygunluğu belirlenebilecektir. Bu yöntemi uygulayabilmek için termal kameraya ihtiyaç duyulmaktadır. Çözünürlüğü 336*256 piksel olan bir termal kamera yaklaşık 5000\$ karşılığı temin edilebilmektedir. Görünür band optik kameralara göre fiyatı yüksek olmasına karşın yapı denetim firmaları veya müteahhitler tarafından termal kamera maliyeti karşılanabilir büyüklüktedir.

Isı yalıtım performansı incelenmesi gereken yapı adedinin çok olması göz önüne alındığında termal görüntülerin insan emeği ile incelenmesi ve kıymetlendirilmesi uygulanabilir bir çözüm değildir. Bu nedenle termal görüntülerde ısı kayıplarının olduğu noktaları belirleyebilen bir algoritmanın geliştirilerek görüntülerin kıymetlendirilmesi sürecindeki insan emeğinin azaltılması gereklidir. Görüntü elemanlarının ısı kaybının olduğu veya olmadığı kısmı temsil ettiğinin belirlenmesi problemi literatürde çok yaygın olan görüntü elemanlarının arka plan veya nesne olup olmadığı problemine büyük benzerlik göstermektedir. Yaygın şekilde arka plan ve nesne belirleme probleminin çözümü Benirizasyon ile aranmıştır.

Eyupoglu (2017) Bernsen yerel adaptif benirizasyon yöntemi ile metin görüntüleri üzerindeki yazı ve arka plan ayrımını test etmiştir. Bernsen yöntemini 3, 5 ve 15 piksel komşulukta denemiş ve denemeler esnasında zıtlık limit değerini 15 ve 50 almıştır. Parker (1991) iyi ışık almayan ortamlarda elde edilen görüntülerin benirizasyonu için yöntem geliştirmiştir. Yenilemeli seçim, gri seviye histogramı ve korelasyon tabanlı algoritma ile önerdiği yöntemi karşılaştırmış ve nesneyi tanımlayan görüntü elemanından yola çıkarak sürekli komşuluğunu genişleten algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Trier ve Taxt (1995) entegre fonksiyon algoritmasını iyileştirerek daha kesin sonuçlar vermesini sağlamıştır. Roy ve Adhikari (2018) bulanık mantıkla sınıflandırma yaparak tek bantlı görüntülerdeki el yazısı ve basılı yazıları ayırt etmek için entropi tabanlı binarizasyon yöntemi geliştirmiştir. Trier ve Jain (1995) Bernsen (1986), Chow ve Kaneko (1972, 1986), Eikvil vd. (1991), Mardia ve Hainsworth (1988), Niblack (1986), Taxt vd. (1989), Yanowitz ve Bruckstein (1989), White ve Rohrer dinamik algoritması (1983), Trier ve Taxt (1995) yerel benirizasyon yöntemlerini karşılaştırmış ve Niblack yönteminin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Niblack yöntemi geliştirildiği 1986 yılından itibaren 30 yılı aşkın bir süredir uygulanmakta ve farklı alanlarda kullanımını sağlamak için uyarlamalar yapılmaktadır. Niblack yöntemi için gelecekteki yönelimin hibrit binarizasyon ile ard işleme adımının eklenmesi olacaktır (Saxena, 2019). Zhao vd. (2019) kırışmış belgelerdeki el yazılarını görüntülerinden binarizasyon ile tespit eden bir algoritma geliştirmiştir. Bian vd. (2018) renkli metinlerin tespit edilmesi için derin yapay sinir ağı kullanarak binarizasyon uygulamıştır. ICDAR 2003 veri kümesi üzerinde algoritmayı denemiş ve %87,4 oranında doğru binarizasyon yapıldığını ölçmüştür.

Han vd. (2019) deprem sonrası oluşan toprak kaymalarını arazi keşfi yapmadan sadece uydu görüntüsünden tespit edebilen binarizasyon tabanlı bir algoritma geliştirmiştir. Sayısal Yükseklik Modeli kullanarak toprak kayması görülmesinin yüksek olasılıkta olabileceği bölgeler tespit edilerek yöntemin başarısı artırılmıştır. Das (2019) renkli optik görüntüleri istatistiksel yöntemlerle tek banta indirgeyip kenar bulma ile binarizasyon yapıp basılı ve el yazısı metinleri tespit etmiştir. Chan (2019) yerel binarizasyon yöntemlerinin ihtiyaç duyduğu komşuluk içinde kalan piksellerin ortalama, medyan

ve varyans hesaplamalarını Sauvola yöntemi ile daha az bellek ve işlemci gücüne ihtiyaç duyacak şekilde binarizasyon yapmıştır.

Bu çalışmada literatürde yer alan Bernsen, kontrast, ortalama ve medyan yerel binarizasyon algoritmalarının termal görüntüler üzerindeki performansı karşılaştırılmıştır.

2. Yöntem

Hava sıcaklığının 4 °C olduğu 27 Kasım 2018 tarihinde akşam 19:50 sularında termal kamera ile İnönü Üniversitesi inşaat mühendisliği bölümü E-Blok binasının görüntüsü alındı (Şekil 1).



Şekil 1. Binarizasyon karşılaştırmasında kullanılan orjinal görüntü

Termal görüntünün binarizasyonunda kullanılan yöntemler bu bölümde açıklanmıştır.

2.1. Bernsen Algoritması

Bernsen algoritmasında karşılaştırması yapılan görüntü elemanının komşuluğu ile kontrast eşik değeri olmak üzere kullanıcı tarafından tayin edilen 2 parametre bulunmaktadır. Literatürde yaygın olarak komşuluk 3, 5 ve 15 piksel alınırken 8 bitlik görüntüler için kontrast eşik değeri 15 veya 50 alınmaktadır. Görüntü elemanının komşuluğunda bulunan görüntü elemanlarının maksimum ve minimum değeri hesaplanır ve bu değerlerden sırası ile eşitlik 1 ve 2'de belirtilen orta gri değeri ile yerel kontrast değerleri hesaplanır.

$$GD(x, y) = \frac{Z_{max} + Z_{min}}{2} \quad (1)$$

$$LC(x, y) = Z_{max} - Z_{min} \quad (2)$$

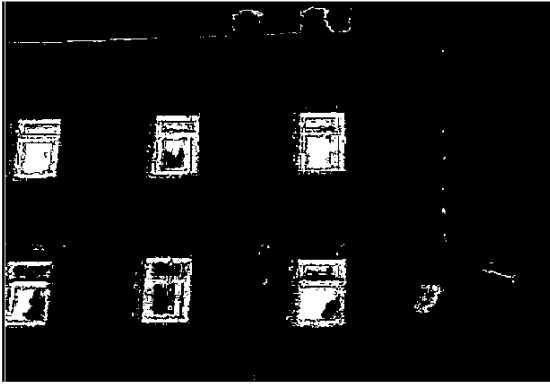
Denklemlerde GD orta gri değeri, LC ise yerel kontrast değerini ifade etmektedir. Z_{max} ve Z_{min} ise incelenen görüntü elemanının r komşuluğunda bulunan görüntü elemanlarının parlaklık değerlerinin sırası ile maksimum ve minimumudur. Görüntü elemanı için hesaplanan yerel kontrast değeri kontrast eşiklerinden küçükse ve orta gri değeri 128'den büyükse incelenen piksel ısı kaybı var olarak sınıflandırılır. Ayrıca yerel kontrast değerinin kontrast eşiklerinden büyük olduğu tüm durumlarda ısı kaybı var olarak sınıflandırılır. Bunun dışındaki durumlarda ısı kaybı yok olarak sınıflandırılır. Bu çalışmada komşuluk değeri 3, 5 ve 15 piksel olarak alınmış ve 15 ile 50 kontrast eşik değeri ile binarizasyon yapılmıştır. Analiz sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.



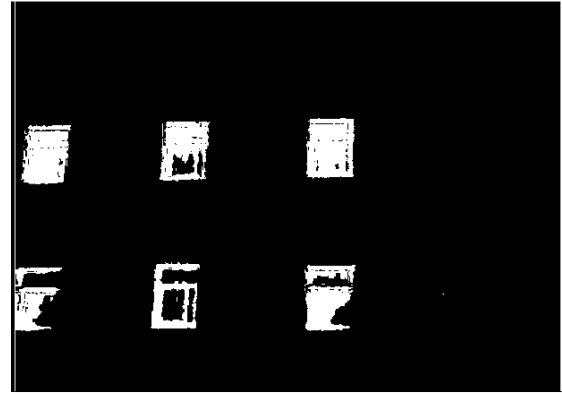
$r = 3, CT = 15$



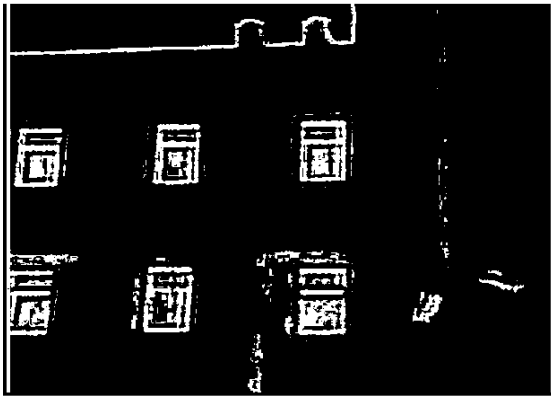
$r = 3, CT = 50$



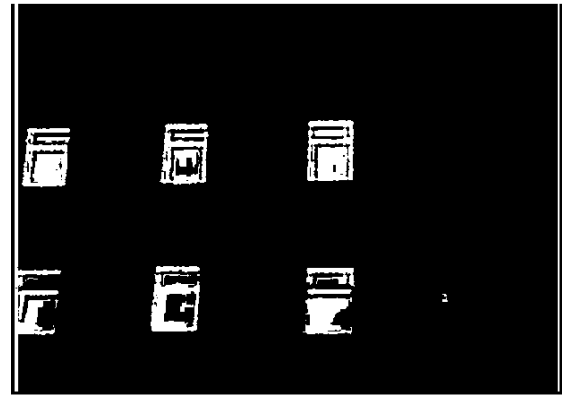
$r = 5, CT = 15$



$r = 5, CT = 50$



$r = 15, CT = 15$



$r = 15, CT = 50$

Şekil 2. Bernsen algoritmasının sonuçları

Kontrast eşliğinin 15 alındığı durumlarda bina ile gökyüzü arasındaki sınırın ısı kaybı var olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Sınıflandırma binanın dış cephesi ile hava sıcaklığının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık farkı çok az olduğu için kesikli biçimde sınıflandırma olmaktadır. Ayrıca sadece belirtilen çizgi üzerinde ısı kaybı olduğu anlamına geldiği için doğru kabul edilebilir bir sınıflandırma değildir. Kontrast eşliğinin 50 alındığı durumda ise daha doğru sınıflandırma yapıldığı görülmektedir. Şekil 2 incelendiğinde sınıflandırmanın komşuluk mesafesine çok bağlı olmadığı ortaya çıkmaktadır.

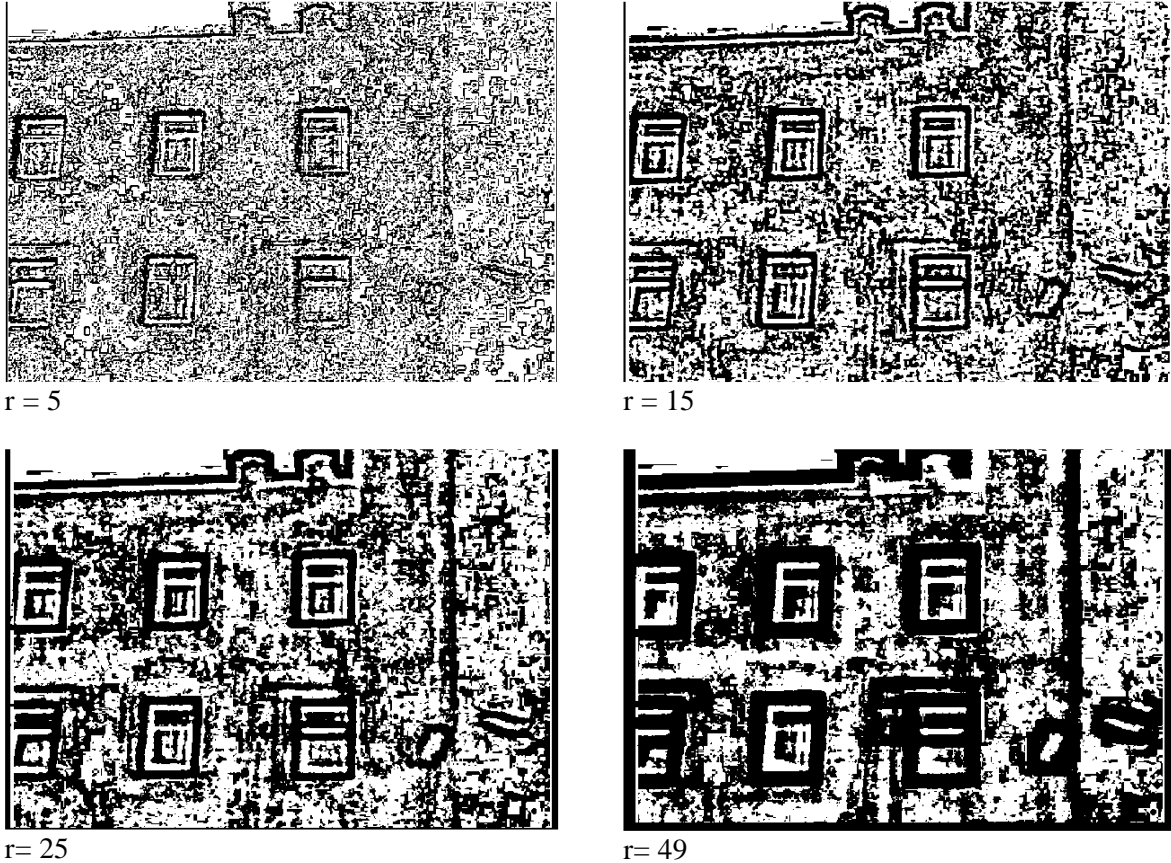
2.2. Kontrast Algoritması

Kontrast algoritmasında sadece incelenen görüntü elemanının kaç birim mesafedeki komşuluğunun dikkate alınacağı uygulayıcı tarafından belirlenir ve başka bir parametreye ihtiyaç duyulmaz. Bu nedenle insan müdahalesi olmadan kullanıma uygun bir yöntemdir. İncelenen görüntü elemanının r

komşuluğunda yer alan görüntü elemanlarının maksimum ve minimum değerleri (Z_{max} , Z_{min}) ile $GD(x,y)$ Eşitlik 1'den hesaplanır. İncelenen görüntü elemanı $P(x,y)$ 'nin parlaklık değeri Z_{max} ile $GD(x,y)$ arasında ise yetersiz ısı yalıtımı imalatı yapılmış, $GD(x,y)$ ile Z_{min} arasında ise yeterli ısı yalıtımı imalatı yapılmış olarak sınıflandırılır. Kontrast algoritması Eşitlik 3'te gösterilmektedir Soille (2004).

$$\begin{aligned} 1 & \quad \text{Eğer } GD(x,y) < P(x,y) < Z_{max} \\ 0 & \quad \text{Eğer } Z_{min} < P(x,y) < GD(x,y) \end{aligned} \quad (3)$$

Komşuluk değeri olarak 5, 15, 25 ve 49 değerleri atanarak sınıflandırma yapılmış ve sonuçları Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. Kontrast algoritmasının sonuçları

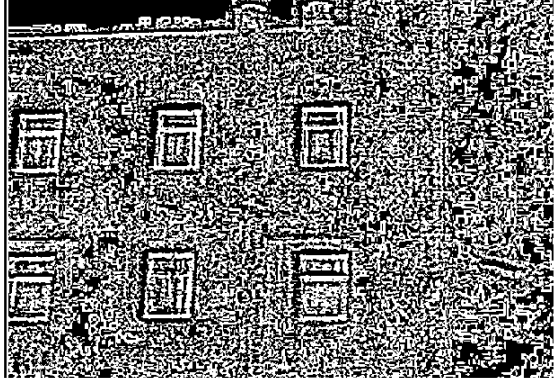
Analiz sonuçları Kontrast Algoritmasının ısı kayıplarının sınıflandırılması için uygun bir yöntem olmadığını göstermiştir. Sınıflandırma sonuçları tutarlı değildir. Bina dış cephesi birkaç santimetre içinde yeterli ısı yalıtımı imal edilmiş ve yetersiz ısı yalıtımı imal edilmiş olarak sınıflandırılması aynı malzeme ve işçilik kalitesinin uygulandığı ve boyutların değişmediği bir durum için beklenir değildir. Pencere boyutunun büyütülmesi ile sonuçlar tutarlı hale gelmiştir, fakat çok büyük pencere boyutu seçimi ile görüntü kayba uğramaktadır. Kontrast yönteminin olumlu tarafı bina dış cephesinin de yetersiz ısı yalıtımı imal edilmiş olarak sınıflandırılabilir olmasıdır.

2.3. Ortalama Algoritması

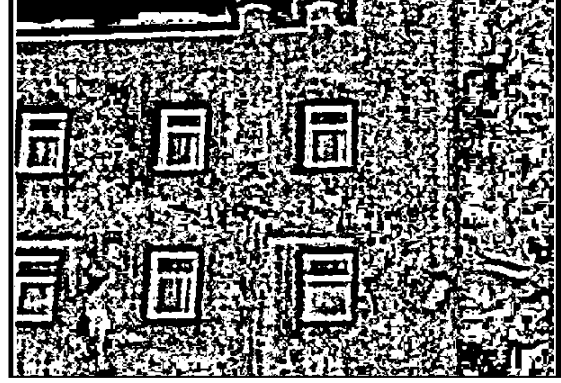
Ortalama algoritması incelenen görüntü elemanının r komşuluğunda yer alan görüntü elemanlarının ortalamasını dikkate alır. İncelenen görüntü elemanının parlaklık değeri r komşuluğunun ortalama değerinden büyükse incelen görüntü elemanı yetersiz ısı yalıtımı imal edilmiş, küçükse yeterli ısı yalıtımı imal edilmiş olarak sınıflandırılır. Ortalama algoritması Eşitlik 4'te sunulmuştur Soille (2004).

$$\begin{aligned}
1 & \quad \text{Eğer } P(x,y) > \text{ortalama} \\
0 & \quad \text{Eğer } P(x,y) < \text{ortalama}
\end{aligned}
\tag{4}$$

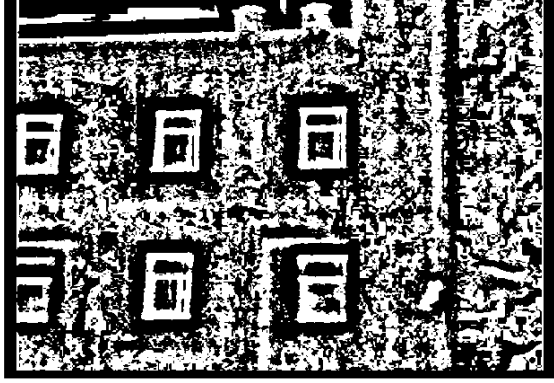
Komşuluk değeri olarak 9, 25, 49 ve 81 değerleri atanarak sınıflandırma yapılmış ve sonuçları Şekil 4'te sunulmuştur.



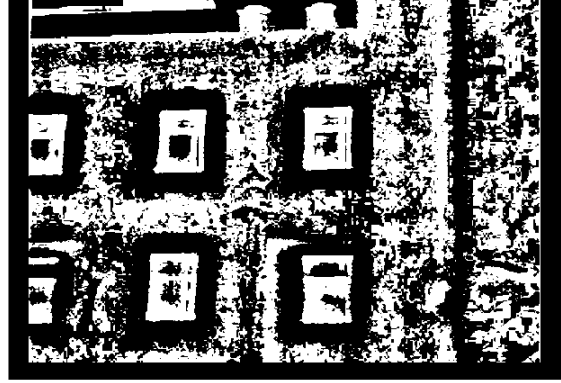
r = 9 süre



r = 25



r=49



r = 81

Şekil 4. Ortalama algoritmasının sonuçları

Ortalama algoritması kontrast algoritmasına çok yakın sonuçlar sunmuştur. Algoritmaların uygulanabilirliği ve hesap yükü birbirine çok yakındır.

2.4. Medyan Algoritması

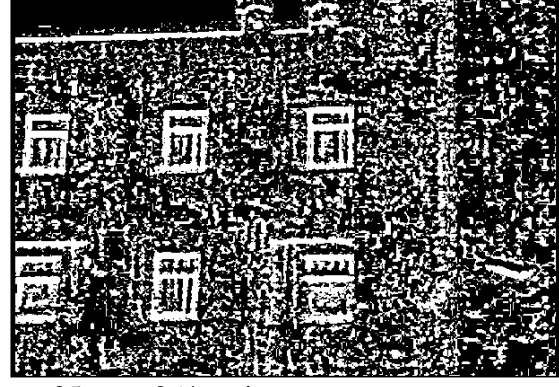
Medyan algoritması incelenen görüntü elemanının r komşuluğunda yer alan görüntü elemanlarının medyan değerini dikkate alır. İncelenen görüntü elemanının $P(x,y)$ parlaklık değeri medyan değerinden büyükse incelen görüntü elemanı yeterli ısı yalıtımı imal edilmemiş, küçükse yeterli ısı yalıtımı imal edilmiş olarak sınıflandırılır. Medyan algoritması Eşitlik 5'te gösterilmektedir Soille (2004).

$$\begin{aligned}
1 & \quad \text{Eğer } P(x,y) > \text{medyan} \\
0 & \quad \text{Eğer } P(x,y) < \text{medyan}
\end{aligned}
\tag{5}$$

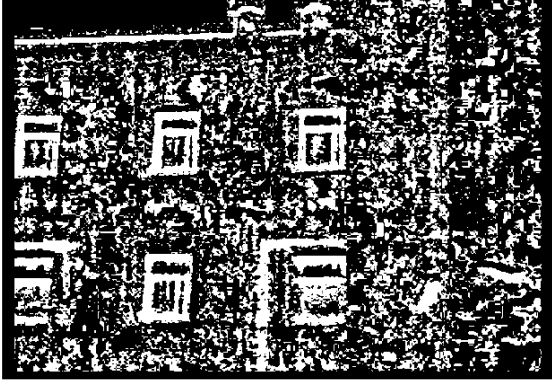
Komşuluk değeri olarak 9, 25, 49 ve 81 değerleri atanarak sınıflandırma yapılmış ve sonuçları Şekil 5'te sunulmuştur.



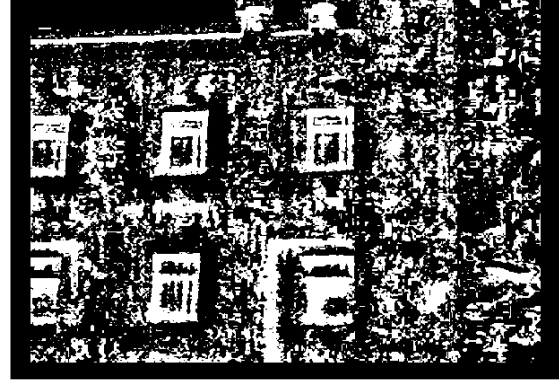
r = 9, süre 132 saniye



r = 25, süre 264 saniye



r = 49, süre 295 saniye



r = 81, süre 608 saniye

Şekil 5. Medyan algoritmasının sonuçları

3. Sonuç

Bu çalışmada dış ortamın soğuk olduğu dönemde içerisi ısıtılan binaların dış cepheleri termal kamera ile görüntülenerek termal görüntülerin en az insan müdahalesi olacak şekilde binaların ısı kaybına yol açan kısımlarının belirlenmesi üzerinde çalışıldı. Isı kaybının görüldüğü bölgelerin belirlenmesi için Bernsen, Kontrast, Ortalama ve Medyan yerel adaptif binarizasyon yöntemleri farklı komşuluk değerleri denenerek test edildi.

Deneme sonucunda Bernsen algoritmasının en tutarlı sonucu verdiği görülmüştür. Sınıflandırma sonucunda pencerelerin olduğu bölümlerin ısı kaybının olduğu bölümler olduğu görülmüştür. Fakat binanın dış yüzeyi ısı kaybına yol açmadığı yönünde sınıflandırılmıştır. Buna karşın diğer 3 yöntem ağırlıklı olarak binanın dış yüzeyini ısı kaybı var olarak sınıflandırmış fakat sınıflandırma tutarlı olmamıştır. Çok küçük alan içerisinde yeterli-yetersiz ısı yalıtım imalatı yapılmış biçiminde değişen sonuçlar güven vermemektedir. Ayrıca bina yüzeyi olmayan gökyüzü de ısı kaybı var olarak sınıflandırılmış ve algoritma parametrelerinin iyileştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Denenen algoritmalar arasında Bernsen algoritması en iyi sonucu vermiştir. Isı kaybının görüldüğü kısımlar pencerelere denk gelmektedir. Binanın dış yüzeyi ısı kaybı görülen yer olarak sınıflandırılmamıştır. Bunun nedenleri arasında iç ortamlar dış ortam arasındaki sıcaklık farkının 20°C'den daha az olmasının payı bulunmaktadır. Bu çalışma hava sıcaklığının sıfırın altında olduğu durumda tekrarlanacak ve ısı kayıpları sınıflandırmasının nasıl değişeceği gözlenecektir.

Gelecek çalışmalar için Bernsen algoritmasının farklı eşik değerlerine nasıl tepki vereceği araştırılması ve ısı kayıplarının daha yüksek başarıda belirlenmesi için algoritmanın geliştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca karşılaştırmada kullanılan diğer 3 algoritmanın da parametrelerinin iyileştirilerek daha tutarlı sonuçlar vermesinin sağlanması amaçlanmaktadır. Buna ek olarak termal kamera ile görüntülenen yapının ısı yalıtım performansının kullanılan ısı yalıtım malzemesinin ısı geçirgenliğinin termodinamik denklemlerle hesaplanması, hesaplama sonucu yapılan sınıflandırma ile binarizasyon sonucu yapılan sınıflandırmanın doğruluğu ve tutarlılığının denetlenmesi amaçlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FBA-2018-1051 kod numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Bernsen J. (1986) Dynamic thresholding of grey-level images Proc. Eighth Int. conf. Pattern Recognition, Paris, pp. 1251-1255.
- Bian, W., Wakahara, T., Wu, T., Tang, H., & Lin, J. (2018, December). Binarization of Color Character Strings in Scene Images Using Deep Neural Network. In *2018 Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Chan, C. (2019). Memory-efficient and fast implementation of local adaptive binarization methods. *arXiv preprint arXiv:1905.13038*.
- Chow CK. ve Kaneko T. (1972) Automatic detection of the left ventricle from cineangiograms, *Computers and Biomedical Research* 5: 388-410.
- Das, S. A statistical tool based binarization method for document images. *Multimed Tools Appl* 78, 27449–27462 (2019) doi:10.1007/s11042-019-07857-x
- Eikvil L., Taxt T ve Moen K. (1991) A fast adaptive method for binarization of document images *Proc. First Int. Conf. Document Analysis and Recognition*, Saint-Malo, France 435-443.
- Eyupoglu C. (2017) Implementation of Bernsen's Locally Adaptive Binarization Method for Gray Scale Images. *The Online Journal of Science and Technology* 7(2): 68-72.
- Han, Z., Li, Y., Du, Y., Wang, W., ve Chen, G. (2019). Noncontact detection of earthquake-induced landslides by an enhanced image binarization method incorporating with Monte-Carlo simulation. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 219-241.
- Mardia KV. ve Hainsworth TJ. (1988) A spatial thresholding method for image segmentation *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 10(6): 919-927.
- Nakagawa Y. ve Rosenfeld A. (1979) Some experiments on variable thresholding, *Pattern Recognition* 11(3): 191-204.
- Niblack W. (1996) An Introduction to Digital Image Processing, Englewood Cliffs, NJ. Prentice Hall.
- Øivind DT, Taxt T. (1995) Improvement of "Integrated Function Algorithm" for binarization of document images *Pattern Recognition Letters* 16(3): 277-283.
- Øivind DT, Jain AK. (1995) Goal-Directed Evaluation of Binarization Methods *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Learning* 17(12): 1191-1201.
- Parker JR. (1991) Gray Level Thresholding in Badly Illuminated Images *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 13(8): 813:819.
- Roy, P., ve Adhikari, S. (2018). An Entropy-Based Binarization Method to Separate Foreground from Background in Document Image Processing. *IUP Journal of Telecommunications*, 10(2).
- Saxena, L. P. (2019). Niblack's binarization method and its modifications to real-time applications: a review. *Artificial Intelligence Review*, 51(4), 673-705.
- Soille, P (2004), Morphological Image Analysis: Principles and applications. Springer,
- Taxt T, Flynn PJ ve Jain AK. (1989) Segmentation of document images *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 11(12):1322-1329.

- Yanowitz SD. ve Bruckstein AM. (1989) A new method for image segmentation *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 46(1): 82-95.
- White JM. ve Rohrer GD. (1983) Image thresholding for optical character recognition and other applications requireing character image extraction *IBM J. Research and Development* 27(4) 400-411.
- Zhao, J., Shi, C., Jia, F., Wang, Y., ve Xiao, B. (2018, August). An Effective Binarization Method for Disturbed Camera-Captured Document Images. In *2018 16th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR)* (pp. 339-344). IEEE.