



Araştırma Makalesi

Kentsel Görüntülerin Fuzzy C-Means ile Bölütlenmesi

Ahmet Çınar*¹, Taner Tuncer²

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:
Kentsel Görüntüler
Fuzzy C-Means
Benzerlik indeksi

Görüntü Bölütleme, resim içinde birbirinden kolayca ayrılabilen ve kendi içinde homojen olabilen farklı bölgelerin elde edilmesinde kullanılan zor bir tekniktir. Bu makale yerden 5 ila 30 metre yükseklikte bir drone tarafından elde edilen 6000*4000 pixel boyutundaki kuşbakışı görüntülerinin kentsel görüntülerim anlamsal olarak bölütlemesini sunar. Bölütleme için Fuzzy C-Means (FCM) algoritması kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde herhangi bir ön işleme yapmadan elde edilen bölütleme sonuçları Dice, Jaccard ve Mutual Information, benzerlik ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre FCM algoritması kentsel görüntüleri başarılı bir şekilde bölütleme yapmaktadır.

Segmentation of Urban Images with Fuzzy C-Means

Keywords:

Urban Images
Fuzzy C-Means
Similarity Index

ABSTRACT

Image Segmentation is a difficult technique used to obtain different regions in the image that can be easily separated from each other and can be homogeneous within itself. This article presents a semantic segmentation of urban images of 6000 * 4000 pixels bird's-eye view captured by a drone at an altitude of 5 to 30 meters above the ground. Fuzzy C-Means (FCM) algorithm is used for segmentation. The segmentation results obtained without any pre-processing on the images were evaluated using Dice, Jaccard and Mutual Information, similarity indexes. According to the results, FCM algorithm successfully segments the urban images.

*Sorumlu Yazar

*(acinar@firat.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-5528-2226
(ttuncer@firat.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-0526-4526

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 26/11/2020; Kabul Tarihi: 15/02/2021

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

1. GİRİŞ

Kümeleme, nesnelere yüksek benzerliğe sahip olacak şekilde gruplara ayırmaktır. Genel olarak kümeleme algoritmalarında ilk olarak nesnelere özniteliklerinden oluşan alt kümeler belirlenir. İkinci olarak nesnelere benzerliklerini bulmak için nesnelere arasındaki uzaklık hesaplanır. Son olarak uzaklık hesabına göre gruplandırma işlemi gerçekleştirilir. Literatürde bilinen en yaygın kümeleme algoritmaları, K-Means, Fuzzy C-Means, Hierarchical, Mixture ve Yapay Sinir Ağ kümelemesidir.

FCM, bulanık doğası nedeniyle görüntü uygulamalarında, görüntü bölütlenmesi için en çok kullanılan tekniktir. Görüntüdeki piksel birden çok kümeye ait olabilir. Bu problemin üstesinden gelmek için klasik kümeleme algoritmalarından daha iyi performans sağlayan FCM tercih edilir. FCM algoritması, bulanık bölünmeli kümeleme tekniklerinden en iyi bilinen ve yaygın kullanılan yöntemdir. Bulanık kümeleme yöntemi, nesnelere kümelerine hangi derece ile ait olduğunu belirleyen üyelik fonksiyonlarını hesaplamak ve veri seti içerisindeki örtüşen kümeleri saptamak üzere kullanılmaktadır. Kümeleme yöntemlerinde amaç nesnelere yüksek benzerliğe sahip olacak şekilde gruplara ayırmaktır. FCM algoritması 1973 yılında Dunn tarafından ortaya atılmış ve 1981'de Bezdek tarafından geliştirilmiştir (Dunn 1973, Bezdek 1981). FCM algoritması da amaç fonksiyonu temelli bir metottur. Bu metotta, nesnelere iki veya daha fazla kümeye ait olabilmesine izin verilir. Komşu pikseller arasındaki korelasyon dikkate alınmadan her piksel bağımsız olarak değerlendirilir. Bu dezavantajı gidermek için literatürde FCM tabanlı bölütleme algoritmaları önerilmiştir. Önerilen bu algoritmalar inşaat, tıp, coğrafik bilgi sistemleri gibi birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Seresh 2020, Şişik 2020, Di Martino 2011).

Arora ve ark. Uzaysal Sezgisel FCM algoritması ile gri seviyeli yapay ve doğal görüntülere başarılı bir şekilde uyguladılar (Arora 2020). Sing ve ark. beyin görüntülerine, önerdikleri denetimsiz ortogonal rotasyon değişmez moment tabanlı FCM yaklaşımı uyguladılar (Sing 2021). Sanchez ve ark. Gauss gürültüsü ile bozulmuş renkli beyin, melanomave gerçek balina gibi görüntülerin bölütlenmesini gerçekleştirdiler (Sanchez 2018). Uydu görüntülerinin bölütlenmesi için Kalist ve ark. Olasılıksal FCM yaklaşımını önerdiler (Kalist 2015). Tian ve arkadaşları Akıllı Tarımda FCM tabanlı kümeleme tekniğini uyguladılar (Tian 2015). Tarımda mahsul tanımlaması için karga arama optimizasyon algoritması kullanan geliştirilmiş hızlı FCM algoritması Anter ve ark. tarafından uygulandı (Anter 2019). Zabihi ve ark. Genelleştirilmiş Geliştirilmiş Bulanık Bölümler FCM algoritmasının etkinliği DRIVE veri tabanının retina görüntülerinde damar bölütlenmesi üzerine yapılan deneylerle gösterdiler (Zahibi 2012).

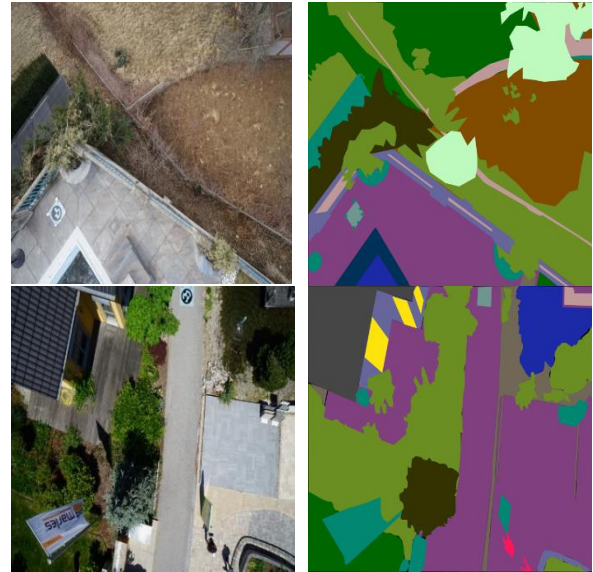
Bu makalede Kentsel görüntülerin bölütlenmesi için FCM algoritması kullanılmıştır. Elde edilen ve bölütlenmiş görüntülerin gerçek bölütlenmiş görüntüler ile benzerliğini belirlemek için Dice, Jaccard, Mutual Information, benzerlik ölçütleri kullanılmıştır.

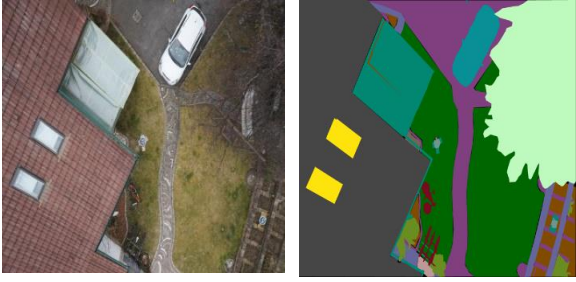
Makalenin geri kalan bölümleri aşağıdaki gibi organize edilmiştir. İkinci bölümde kullanılan anlamsal drone görüntü veri tabanı tanıtılmıştır. 3.Bölümde FCM algoritması sunulmuştur. 4. Bölümde elde edilen bölütlenmiş görüntüler için benzerlik indeksleri verilmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Son bölümde yöntem ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. VERİ KÜMESİ VE ÖZELLİKLERİ

Anlamsal drone veri seti, otonom drone uçuşunun ve iniş prosedürlerinin güvenliğini artırmak için kentsel görüntülerin anlamsal olarak anlaşılmasına odaklanır (URL-1 2020). Görüntüler, yerden 5 ila 30 metre yükseklikte elde edilen kuşbakışı görünümünden 20'den fazla evi tasvir etmektedir. 6000x4000 pixel (24Mpx) boyutunda görüntüler elde etmek için yüksek çözünürlüklü bir kamera kullanılmıştır. Eğitim seti halka açık 400 görüntü içerir ve test seti 200 özel görüntüden oluşur.

Toplam 20 sınıfa sahip veri tabanında Ağaç, Çimen, Diğer Bitki Örtüsü, Çer Çöp, Çakıl, Kayalar, Su, Asfalt, Havuz, Kişi, Köpek, Araba, Bisiklet, Çatı, Duvar, Çit, Çit Direği, Pencere, Kapı ve Engel sınıfları mevcuttur. İnsan, Araç trafiği, insan veya nesne tespiti yapmak için bu veri tabanı idealdir. Şekil.1 veri tabanındaki 3 görüntüyü ve bu görüntülerin bölütlenmesi için kullanılacak gerçek bölütleme yapılmış görüntüleri göstermektedir.





Şekil 1. Orjinal Görüntüler ve Gerçek bölütleme yapılmış görüntüler

3. FUZZY C-MEANS ALGORİTMASI

FCM'de, bir veri örneğinin aynı anda birden fazla kümeye ait olması mümkündür. Benzerlik üyelik değeriyle belirtilir. FCM'de, küme merkezi ve benzerliğe dayalı olarak bir üyelik değeri ve bir veri örneği atanır. Üyelik değerleri 0 ile 1 arasındadır ve benzerlik arttıkça üyelik değeri de yükselir. Algoritma.1 FCM algoritmasının sözde kodunu göstermektedir. FCM algoritmasında, denklem.1 de verilen amaç fonksiyonu minimum yapılır.

$$\sum_{j=1}^k \sum_{x_i \in C_j} u_{ij}^m (x_i - \mu_j)^2 \quad (1)$$

Burada, u_{ij} , x_i 'nin c_j kümesine ait olma üyelik derecesini, μ_i , j kümesinin merkezini, m bulanıklaştırıcıyı gösterir. Denklem.1'in türevini alındıktan sonra Lagrange yöntemi kullanılarak elde edilen denklem sıfıra eşitlenerek denklem.2 elde edilir.

$$u_{ij}^m = \frac{1}{\sum_{l=1}^k \left(\frac{|x_i - c_j|}{|x_i - c_{kl}|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (2)$$

m parametresi, $(1.0, \infty)$ aralığında gerçek sayıdır. Küme bulanıklık seviyesi olarak ta

adlandırılır. m 'nin sonsuza yakın değeri tam bulanıklığa yol açar. Bulanık kümelemede, bir kümenin ağırlık merkezi, kümeye ait olma derecelerine göre ağırlıklandırılan tüm noktaların ortalamasıdır. Denklem.3 j kümesinin merkezini göstermektedir.

$$C_j = \frac{\sum_{x \in C_j} u_{ij}^m x}{\sum_{x \in C_j} u_{ij}^m} \quad (3)$$

Algoritma.1 FCM sözde kodu

1. Başla $U=[u_{ij}]$ matris, $U(0)$
2. Vektör Merkezlerini Hesapla $C(k)=[c_j]$ ile $U(k)$

$$C_j = \frac{\sum_{x \in C_j} u_{ij}^m x}{\sum_{x \in C_j} u_{ij}^m}$$

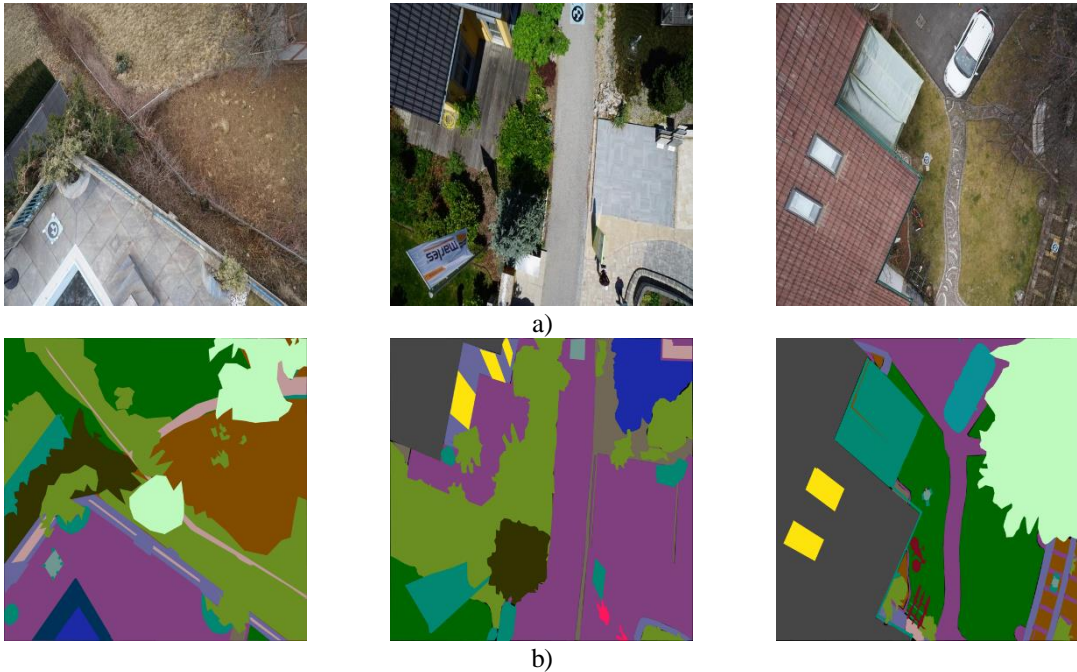
3. Güncelle $U(k)$, $U(k+1)$

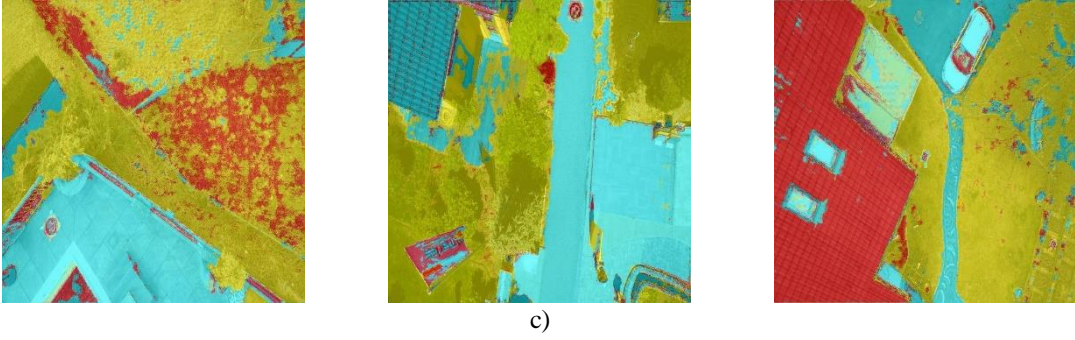
$$u_{ij}^m = \frac{1}{\sum_{l=1}^k \left(\frac{|x_i - c_j|}{|x_i - c_{kl}|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}$$

4. $\| U(k+1) - U(k) \|$ ifadesi belirlenen hata değerinden (ϵ) küçük ise adım 2 ye git. Aksi takdirde kümeleme süreci sonlandırılır.

4. BÖLÜTLEME SONUÇLARI

Görüntü analizinin temel aşamalarından biri olan bölütleme, bir görüntünün birden fazla bölüme bölünmesi sürecini ifade eder. Bu makalede drone vasıtasıyla elde edilen görüntülerin FCM algoritması ile bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir. Şekil.2 gerçek bölütlenmiş ve FCM ile elde edilen bölütleme sonuçlarını göstermektedir.





Şekil 2. a) Gerçek Görüntüler b) Gerçek Bölütlenmiş Görüntüler c) FCM ile Bölütlenmiş Görüntüler

Bölütleme sonuçlarını değerlendirmek için Dice, Jaccard ve Mutual Information benzerlik ölçütleri kullanılmıştır.

Benzerlik ölçüt değerleri FCM ile bölütlenmiş görüntüler ve gerçek bölütlenmiş görüntülerin karşılaştırılması ile belirlenir. I bölütlenecek bölgeyi, F_c FCM algoritması ile bölütlenmiş alanı gösterebilir. Dice ve Jaccard ölçütlerine göre bölütleme sonuçlarını değerlendirmek için, I ve F_c kesişim ve birleşim bölgesi önemlidir. Denklem 4 ve 5 Dice ve Jaccard benzerlik indeks katsayısını vermektedir.

$$Dice(I, F_c) = \frac{2|I \cap F_c|}{|I| + |F_c|} \quad (4)$$

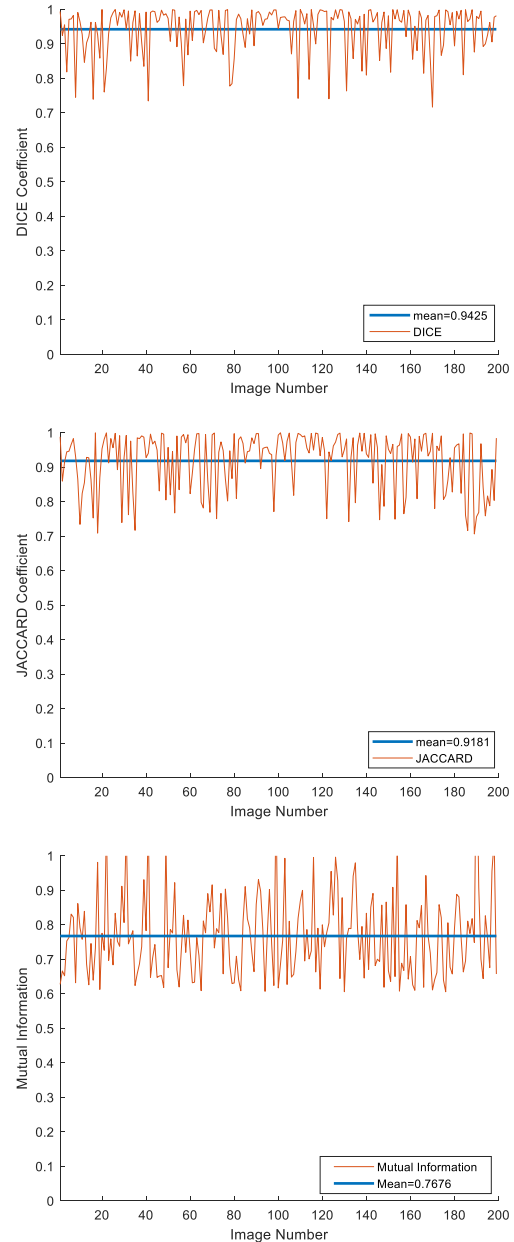
$$J(I, F_c) = \frac{|I \cap F_c|}{|I \cup F_c|} = \frac{|I \cap F_c|}{|I| + |F_c| + |I \cap F_c|} \quad (5)$$

I ve F_c iki girdi görüntüsünün mekansal hizalama temelli küresel benzerlik ölçülerinden biri Mutual Information'dir. I ve F_c görüntüleri arasındaki benzerlik için kullanılan bir diğer parametre Mutual Information denklem.6'daki gibi tanımlanır.

$$M(I, F_c) = \int \int p_{IF_c}(i, f_c) \log_2 \frac{p_{IF_c}(i, f_c)}{p_I(i)p_{F_c}(f_c)} dx dy \quad (6)$$

Burada, $p_I(i)$ ve $p_{F_c}(f_c)$ I ve F_c deki bir (x, y) piksel olasılığıdır. $p_{IF_c}(i, f_c)$ I 'daki bir pikselin (x, y) gri düzeyi i 'ye sahip olma ve F_c 'deki aynı pikselin gri düzeyi f_c 'ye sahip olma olasılığıdır.

Toplam 200 görüntü test için kullanılmış olup Dice, Jaccard ve mutual information indekslerine göre bölütleme sonuçları Şekil 3'deki gibidir. Dice, Jaccard ve Mutual benzerlik değerlerinin 0.7'den büyük ve 1'e yakın olması bölütleme işleminin başarılı bir şekilde yapıldığını gösterir. Her üç benzerlik ölçütünde görüntüler için elde edilen değerler [0-1] aralığındadır. Dice, Jaccard ve Mutual Information benzerlik ölçütlerine göre 200 görüntü için elde edilen ortalama değerler sırasıyla 0.9425, 0.9181, 0.7676'dır.



Şekil 3. Benzerlik ölçülerinin görüntüye göre değişimleri.

Bu metrik değerlerinden anlaşılmaktadır ki, kullanılan Fuzzy C-Mens bölütleme algoritması ile kullanılan Drone veri tabanına ait görüntüler üzerinde yüksek başarılı bir segmentasyon gerçekleştirilmiştir. Bilindiği gibi kullanılan her üç

doğrulama metrik değeri olan Dice, Jacard ve Mutual Information bilgisinin yüksek olması doğruluk değerinin ve bölütleme başarısının yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar da bu ifadeleri doğrulamaktadır.

Tablo 1. elde edilen sonuçların literatür ile karşılaştırılmasını göstermektedir. Bölütleme problemi zor ve karmaşık süreçlerden oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak bölütleme başarımlarındaki doğruluk %90 seviyelerindedir. Tablo.1'e göre elde edilen sonuçlar literatürde yapılmış çalışmalarla tutarlıdır.

Tablo 1. Önerilen yöntem ve literatür karşılaştırması.

Kaynak	Yöntem	Başarım
Bhatnagar, 2020	ResNet50, SegNet	A=%90
WuDunn, 2020	Derin öğrenme	J=0.82
Carbonneau, 2020	Evrışimli sinir ağı	A>%95
Carbonneau, 2020.	Evrışimli sinir ağı	F1>%95
Bahareh, 2017	Bulanık Sırasız Kural İndüksiyon Algoritması	A=%91.23
Lei, 2018	Hızlı Bulanık-C Ortalama	A>80
Önerilen	Bulanık-C Ortalama	J=0.918

A:Doğruluk, J: Jaccard, F1: F1 ölçüt

5. SONUÇLAR

Bölütleme, görüntü analizi ve bilgisayarla görme için önemli bir adımdır literatürde yoğun bir şekilde çalışılmış ve halen devam eden bir araştırma alanıdır. FCM kümeleme, görüntüleri benzer spektral özelliklere sahip kümelere ayırmak için uygulanan denetimsiz bir kümeleme tekniğidir. Üyelik işlevini hesaplamak için spektral alandaki pikseller ve küme merkezleri arasındaki mesafeyi kullanır.

Bu makalede drone vasıtasıyla alınan Kentsel görüntülerin bölütlenmesi Fuzzy C Means algoritmasıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bölütleme sonuçları Dice, Jaccard ve Mutual Information benzerlik indekslerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Fuzzy C Means algoritması ile başarılı bir şekilde bölütleme yapılmıştır.

KAYNAKÇA

Anter, A. M., Hassenian, A. E., Oliva, D. (2019). An improved fast fuzzy c-means using crow search optimization algorithm for crop identification in agricultural, *Expert Systems with Applications*, Vol.118, p:340-354

Arora, J. ve Tushir, M. (2020) An Enhanced Spatial Intuitionistic Fuzzy C-means Clustering for Image Segmentation, *Procedia Computer Science*, Vol.167, p:646-655.

Bahareh, K., Shattri, B. M., Maher I. S., Biswajeet P., Helmi Z. M. S., (2017) Drone-based land-cover mapping using a fuzzy unordered rule induction algorithm integrated into object-based image analysis, *International Journal of Remote Sensing*, 38:8-10, 2535-2556.

Bezdek, J. C. (1981). *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*, Plenum Press, New.

Bhatnagar, S., Gill, L., Ghosh, B., (2020). Drone Image Segmentation Using Machine and Deep Learning for Mapping Raised Bog Vegetation Communities. *Remote Sens.*, 12, 2602.

Carbonneau, P. E., Belletti, B., Micotti, M., Lastoria, B., Casaioli, M., Mariani, S., Marchetti, G. and Bizzi, S., (2020). UAV-based training for fully fuzzy classification of Sentinel-2 fluvial scenes, *Earth Surface Processes and Landforms*, doi:10.1002/esp.4955, 2020b.

Carbonneau, P. E., Dugdale, S. J., Breckon, T. P., Dietrich, J. T., Fonstad, M. A., Miyamoto, H. and Woodget, A. S., (2020). Adopting deep learning methods for airborne RGB fluvial scene classification, *Remote Sensing of Environment*, 251, doi.org/10.1016/j.rse.2020.112107.

Di Martino, F. ve Sessa, S. (2011). The extended fuzzy C-means algorithm for hotspots in spatio-temporal GIS, *Expert Systems with Applications*, Vol.38(9), p:11829-11836.

Dunn, J. C. (1973). A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact WellSeparated Clusters, *Journal of Cybernetics* 3: 32-57.

Gamino-Sánchez, F., Hernández-Gutiérrez I., Rosales-Silva, V. A. J., Gallegos-Funes. F. J., Mújica-Vargas, Ramos-Díaz, D., Carvajal-Gámez, E. B. E., Kinani, J. M. V. (2018) Block-Matching Fuzzy C-Means clustering algorithm for segmentation of color images degraded with Gaussian noise, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol.73, :31-49, 2018.

Ganesan, K. P., Sathish, B.S., Jenitha, J. M. M., Shaik, K. B. (2015). "Possibilistic-Fuzzy C-Means Clustering Approach for the Segmentation of Satellite Images in HSL Color Space", *Procedia Computer Science*, Vol.57.

Lei, T., Xue, D., Lv, Z., Li, S., Zhang, Y. K., Nandi, A., (2018). Unsupervised Change Detection Using Fast Fuzzy Clustering for Landslide Mapping from Very High-Resolution Images. *Remote Sensing*. 10(9):1381.

Seresht, N. G., Lourenzutti R., Fayek, A. R. (2020). A fuzzy clustering algorithm for developing predictive models in construction applications", *Applied Soft Computing*, Vol.96,

Singh, C. ve, Bala, A. (2021). An unsupervised orthogonal rotation invariant moment based fuzzy C-means approach for the segmentation of brain magnetic resonance images, *Expert Systems with Applications*, Vol.164.

- Şişik, F. ve Sert E. (2020). Brain tumor segmentation approach based on the extreme learning machine and significantly fast and robust fuzzy C-means clustering algorithms running on Raspberry Pi hardware”, Medical Hypotheses, Vol.136.
- Tian, Z., Li, B. (2015). An Application of Fuzzy C-Means Based Clustering Technique in Smart Farming, Proceedings of the 2015 International Conference on Intelligent Systems Research and Mechatronics Engineering, Vol.121.
- URL-1:<https://www.tugraz.at/index.php?id=22387>
Erişim Tarihi: 01.10.2020.
- WuDunn, M., Dunn, J., Zakhor, A., (2020). Point Cloud Segmentation using RGB Drone Imagery, IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2020, pp. 2750-2754.
- Zabihi, S. M., Akbarzadeh-T, M-R. (2012). Generalized Fuzzy C-Means Clustering with Improved Fuzzy Partitions and Shadowed Sets, Vol.2012, Article ID 929085.