

Makale Gönderim Tarihi: 04.03.2021

Yayına Kabul Tarihi: 06.05.2021

Yüzey Dalgaları / Temel Kaya Etkileşiminden Kaynaklanan Zemin Büyütmesinin 3-Boyutlu Modellenmesi

*3-Dimensional Modelling of Site Amplification Induced by Surface Waves/ Base Rock Interaction*Aslı Can Yavuzoğlu^{1*}, Berkan Ecevitoglu², Güzin Gülsev Uyar Aksoy³¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü³Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü*Sorumlu Yazar: asli.yavuzoglu@mta.gov.tr

Özet

Yüzey jeolojisinin, zemin tabakalarının jeoteknik özelliklerinin ve yüzey topografyasının sismik yer sarsıntısı üzerinde önemli etkisi vardır. Yer sarsıntısında meydana gelen büyütme kaynak, sismik ışının izlediği yol, topografya, soğrulma ve dispersiyon etkileriyle kontrol edilir. Genelde; zemin, zeminin geometrik özellikleri, yüzey topografyası, soğrulma ve dispersiyon yüzünden yüzey dalgalarının karakteristik özellikleri (genlik, frekans,süre) değişebilir. Bu çalışmada temel topografyasının, soğrulma ve dispersiyonun yüzey dalgası üzerindeki etkileri modellenmektedir ve sonuçlar gerçek patlatma verisiyle değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Topografya etkisi,Yüzey dalgaları, Zemin büyütmesi

Abstract

Surface geology, geotechnical caharacteristic of soil deposits and surface topography have a parmount effects on seismic ground motion. Seismic amplification of ground motion is controlled by source,path, topographic effects, dispersion and attenuation. In general characteristics (amplitude,frequeny content and duration) of the coming surface waves field may change due to specific characteristic, geometrical features of soil deposits, surface topography, dispersion and attenuation. In this study, effect of site, base topography, dispersion and attenuation on surface waves are modelled and the results are compared with the real explosion data.

Keywords: Topographic Effect, Surface Wave, Seismic Amplification

1.Giriş

Yüzey jeolojisinin ve zemin tabakalarının jeoteknik özelliklerinin sismik yer sarsıntısında çok büyük önemi vardır. Bu yüzden yer sarsıntısında meydana gelen sismik büyütmeler, (1) kaynak, (2) sismik ışının izlediği yol ve (3) zemin etkisiyle kontrol edilir. Depremlerin yarattığı hasarlara bakıldığında; yeraltındaki karmaşık jeolojik yapıların olduğu yerlerde büyük hasarların oluştuğu görülmektedir. Başka bir deyişle, bu hasarlar topografya etkisi; topografik rölyef (tepeler, sırtlar, kanyon, uçurumlar ve eğimler) ve yer altında bulunan üç boyutlu yapılarla ilişkilidir (Assimaki, 2004).

Bu çalışmada, jeolojik temel topoğrafyasının, soğrulma ve dispersiyonun yüzey dalgası üzerindeki etkileri, 3B ışın izleme yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Modellemenin amacı Şekil 1'de gösterilen bir kaynaktan (Q noktası) çıkan sismik ışının temel topoğrafyaya (A noktası) çarpıp yansırarak yeryüzüne (C) çıkan ışının QAC yolunu izleyerek kat ettikleri mesafeyi ve seyahat zamanını bulmaktır ve bu hesaplamalar ise 1-7 bağıntıları ile yapılmaktadır. Şekil 1'de gösterilen yeşil düzlem temel topoğrafyayı göstermektedir. Kahverengi düzlem ise yeryüzünü temsil etmektedir. Mavi düzlem ise ışının içinde ilerlediği BH kalınlığındaki ortamı göstermektedir. β açısı topoğrafyanın doğrultusunu, α açısı ise topoğrafyanın eğimini göstermektedir. Işın izleme yöntemiyle sismik ışının izlediği yol ve seyahat zamanı Şekil 1 yardımıyla aşağıdaki bağıntılar sayesinde hesaplanmıştır (Can, 2008).

$$AB = \frac{BH}{\sin \alpha} \quad (1)$$

$$\frac{AC}{\sin \theta} = \frac{AB}{\sin 2\theta} \quad (2)$$

$$AC = \frac{BH}{2\sin \alpha \cos \theta} \quad (3)$$

$$AR = OP \tan \beta + BH \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} \quad (4)$$

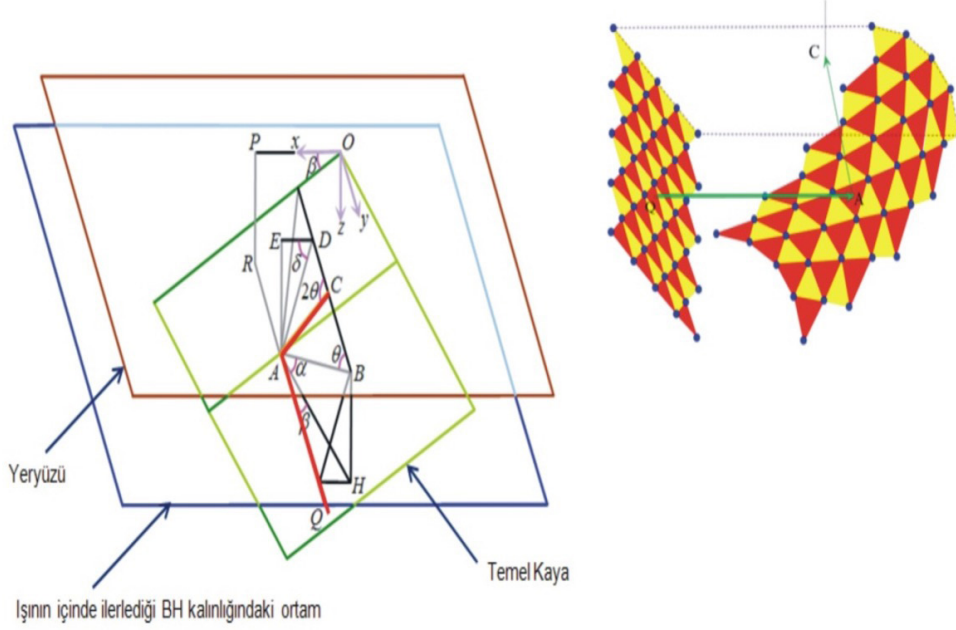
$$CD = AC \cos 2\theta = BH \frac{\cos 2\theta}{2\sin \alpha \cos \theta} \quad (5)$$

$$DE = \frac{BH}{\tan \delta} = BH \cos \beta \tan \alpha$$

$$AQ = QR - AR \quad (6)$$

$$t = \frac{(AQ - AC)}{V} \quad (7)$$

Modelleme üç aşamada gerçekleştirilmiştir. (1) temel topoğrafyasının oluşturulması. (2) Model bağıntılarının kurulması (3) Model soğrulma ve dispersiyon terimlerinin (Ünüçok, 2007) eklenmesi.



Şekil 1. Modelleme için oluşturulan geometrik yapı.

2. Modelin Gerçek Patlatma Verisiyle Karşılaştırılması

Ankara Üniversitesi ve Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü arasında imzalanarak gerçekleştirilen 2005-2006 projesi kapsamında TKİ Güney Ege Linyit İşletmesi Eskihisar maden ocağının yanında bulunan Yeşilbağcılar beldesinden elde edilen veriler bu çalışmada kullanılmıştır.

2.1 Veri Toplama Yöntemi

Patlatma kaynaklı titreşimler 2 adet InstanTEL Minimatel 1 Plus (MM Plus) Marka titreşim ölçer ile kayıt edilmiştir. Klasik veri toplama yönteminden farklı olarak bu iki titreşim ölçer, Radyo-iletişim cihazlarından oluşan bir sistem ile beraber kullanılmıştır. Kullanılan sistem bir manyeto ve üç adet radyo-iletişim cihazından oluşmaktadır (Şekil 2). Şekil 2’de gösterildiği gibi Merkez istasyonda bulunan manyetonun bir çıkışı ateşlemeyi sağlarken, diğer çıkışı ateşleme anını kendisine bağlı R olarak adlandırılan birinci radyo-komünikasyon cihazına bildirir. Birinci radyo-iletişim cihazı ise ateşleme anını yakın ve uzak istasyonlarda bulunan Şekil 2’de R olarak gösterilmiş olan ikinci ve üçüncü radyo-iletişim cihazlarına iletir. İkinci radyo-iletişim cihazı ateşleme anını kendisine bağlı birinci InstanTEL MM Plus (K olarak gösterilmiştir) cihazının dış ateşlemesine (External Trigger) iletir ve kaydı başlatır. Üçüncü radyo-iletişim cihazı ise ateşleme anını kendisine bağlı ikinci InstanTEL MM Plus (K olarak gösterilmiştir) cihazının dış ateşlemesine (External Trigger) iletir ve kaydı başlatır (Uyar vd, 2005). Amaç ateşleme yapıldığı anda her iki InstanTEL MM Plus cihazının aynı anda kayda geçmesini sağlamaktır. Birinci radyo-iletişim cihazının kendisine bağlı manyetodan aldığı ateşleme anını diğer radyo-iletişim cihazlarına iletmesi ve diğer radyo-cihazlarının ise kendilerine bağlı InstanTEL MM Plus cihazlarını tetiklemeleri sırasında oluşacak zaman gecikmeleri 500 ms’yi aşmamaktadır. Ayrıca ikinci ve üçüncü radyo-komünikasyon cihazlarının kendilerine bağlı InstanTEL MM Plus cihazlarını tetiklemeleri sırasında oluşacak zaman gecikmelerindeki saçılma miktarı 50 ms’yi aşmaz. Buradaki amaç sismik hız hesaplamalarındaki ölçüm hatalarının azaltılmaya çalışılmasıdır (Uyar ve Ecevitoglu 2008).

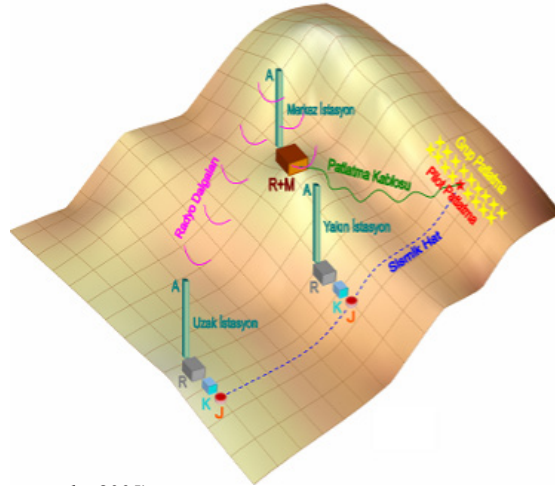
3. Model Uygulaması

Sismik sinyaller 3-bileşende (Transversal-Enine, Vertical-Düşey, Longitudinal-Boyuna) kaydedilmiştir. Modellemede enine bileşen kaydı kullanılmıştır. $\alpha(\omega)$ soğrulma katsayısı, T açısıl frekans, Q sismik kalite faktörü, v ortam hızı, c sonsuz frekanstaki hız, x ışının kat ettiği mesafe, $G(\omega)$ çıktı sinyali ve $F(\omega)$ girdi sinyali olmak üzere Dispersif faktör 100, sıfır frekansdaki hız 600, sonsuz frekanstaki hız 400 ve sismik kalite faktörü 10 seçilmiştir. Bu parametrelerle (8) ve (9) numaralı denklemler Fortran programlama dilinde yazılarak çıktı sinyali hesaplanmıştır.

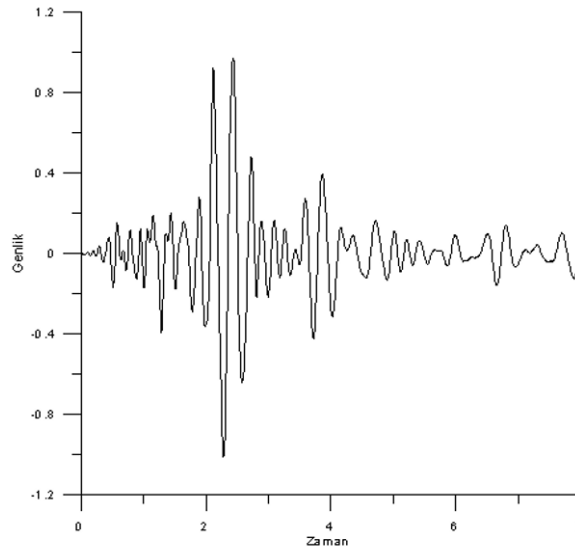
$$\alpha(\omega) = -\frac{\omega}{2Qv}x \quad (8)$$

$$G(\omega) = F(\omega)\exp(-\alpha(\omega)x + iH(-\alpha(\omega)x))\exp(i\omega x/c) \quad (9)$$

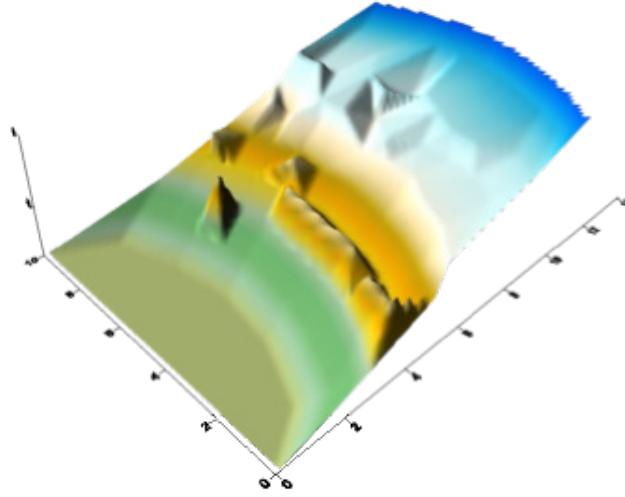
Fortran'da yazılan interaktif program sayesinde 190 adet eşkenar üçgen çizilerek oluşturulan temel topografyasına (Şekil 4) Şekil 3'deki patlatma sinyali programa girdi sinyali olarak verilmektedir. Işınların temel topografyasına çarptığı noktalar ise Şekil 5'te gösterilmektedir. Yer altı topografyasına çarpan ışınların yüzeyde vurduğu yerler ise Şekil 6'da gösterilmektedir. Şekil 6'da eksenler hücre sayısını göstermektedir ve her bir hücre 50x50 m büyüklüğündedir.



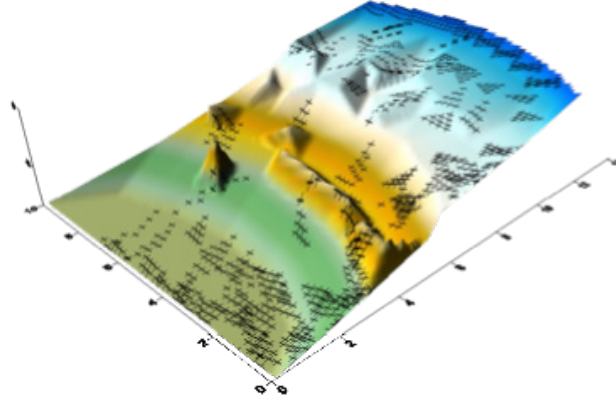
Şekil 2. Radyo-iletişim sistemi (Uyar ve ark., 2005)



Şekil 3. Patlatma sinyalinin enine bileşen kaydı. Zaman eksenini saniye olarak gösterilmektedir.

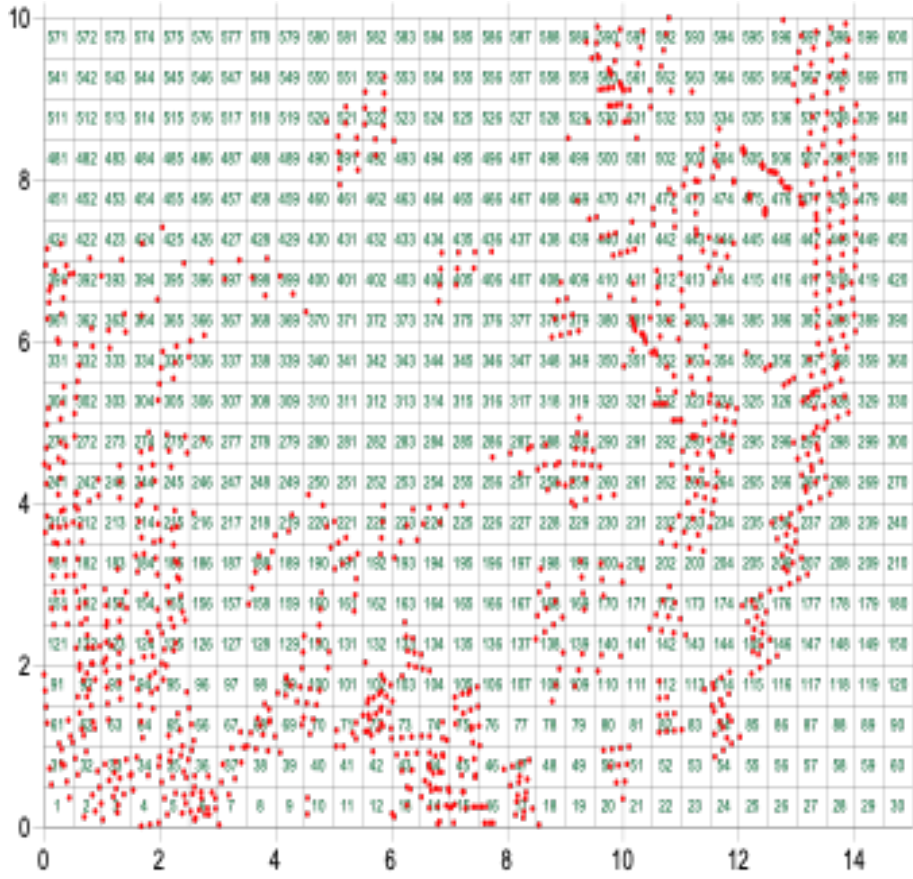


Şekil 4. Birinci modelde kullanılan yapay yeraltı topografyası.

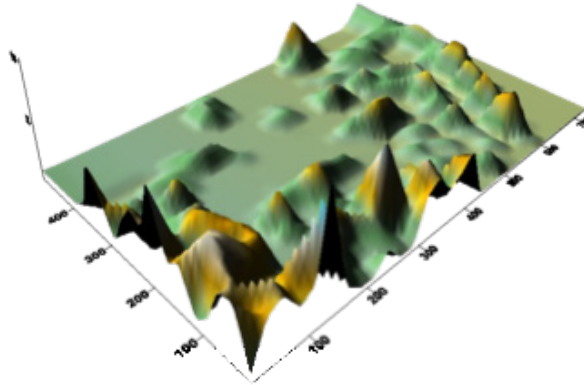


Şekil 5. Işınların topografyaya vurduğu noktalar

Temel topografyasına çarpıp yüzeye vuran ışınlar, temel topografyasındaki yapılardan dolayı yüzeyde saçılarak çoğunlukla yüzeyin sol alt tarafında yığılmaktadır, Şekil 7'de ise yığılmaların olduğu yerdeki parçacık hızlarının yüksek olduğu rahatlıkla görülmektedir.



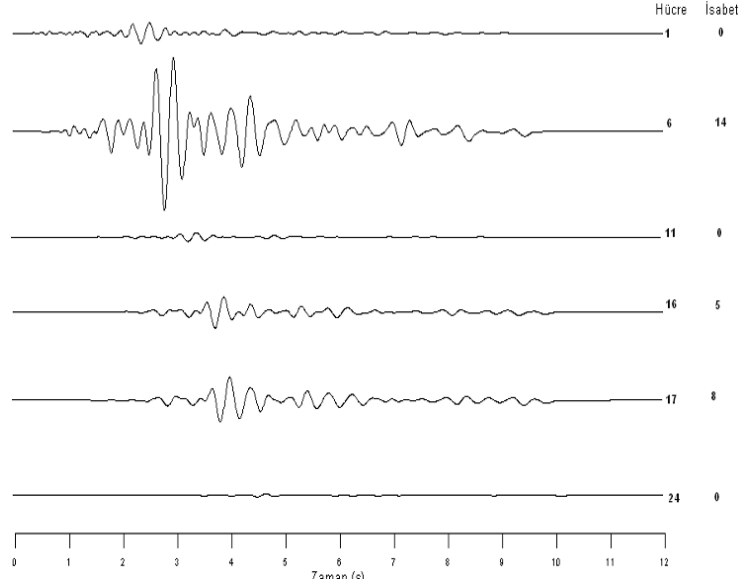
Şekil 6. Işınlardan yüzeye çarptığı noktalar (kırmızı)



Şekil 7. Yeraltındaki topografyaya çarpıp yüzeyde yoğunlaşan ışınların parçacık hızı

Yüzeyi vuran ışınlar incelenirse (Şekil 6) en çok yansımaların isabet ettiği hücrelerden biri 6 numaralı hücredir ve 14 adet yansıma isabet etmiştir Şekil 7'ye bakılırsa 6 numaralı hücreden geçen dalganın diğer hücrelerden geçen dalgalara oranla genliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir, 11 ve 24 numaralı hücreye isabet eden bir yansıma yoktur ancak mesafe arttıkça 24 numaralı hücredeki dalganın soğrulma ve dispersiyon sonucunda dalga biçimi değişmiş ve bununla birlikte dispersiyondan dolayı sinyal 11 numaralı hücredeki sinyale göre zamanda yayılmış ve sinyalin düşük frekanslı bileşenleri daha erken gelmeye başlamıştır (Şekil 8). 16 ve 17 numaralı hücrelerde ise sırasıyla 5 ve 8 adet yansıma isabet etmiştir. 17 numaralı hücredeki dalganın genliği yansımaların yapıcı girişim yapmasından dolayı 16 numaradaki dalganın gen-

liğinden büyüktür. Mesafe arttıkça 17 numaralı hücredeki dalganın genliği azalması gerekirken yansımaların yapıcı girişiminden dolayı dalganın genliği patlatma noktasına yakın olan 1 numaralı hücredeki dalganın genliğinden yüksektir.



Şekil 8. Seçilen hücrelerdeki dalga biçimi

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmanın amacı, deprem veya patlatmalar ile oluşan yüzey dalgalarının davranışını modellemektir. Yüzey dalgalarının Absorptif ve Dispersif özelliklerinin iyi kavranması, temel topografyasının ve zemin özelliklerinin iyi bilinmesi ve bu üç özelliğin birlikte çalışmasıyla dalga biçiminde değişimler meydana gelir. Meydana gelecek değişimlerin önceden bilinmesi, bunların yerleşim birimleri üzerinde yaratacağı etkileri önceden kestirilmesinde ve gerekli önlemlerin alınmasında önem taşımaktadır.

Zemin büyütmesini yüzey dalgalarıyla belirlerken, soğrulmanın ve dispersiyonun dalga yapısı üzerindeki etkileri ve temel topografyasının gelen dalgalarla etkileşimi (saçılmalar, yansımalar, tekrarlı yansımalar, vb) mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapılan uygulama ve verilen örnekler göstermiştir ki, basit şekilli bir yer altı topografya bile bazen çok karışık bir büyütme paterni gösterebilmektedir. Sismik dalgaların yansımalarından dolayı bu dalgalar yüzeyde bir noktada odaklanmaktadır. Zemin büyütmesi incelenirken mutlaka dispersiyon-soğrulma, temel topografyasının şekli ve gelen dalganın topografya ile etkileşimi göz önüne alınmalıdır.

Kaynaklar

Uyar G.G., Ecevitoglu B. 2008. Waveform analysis in mitigation of blast-induced vibration. Journal of Applied Geophysics. Vol. 66, p25-30

Uyar G.G., Ecevitoglu, B., Ünüçok, B., Can, A.Z. ve Sağol, Ö., 2006. TKİ GELİ Müessesesi Sahalarında (Eskihisar –İkizköy-Sekköy) Yapılan Patlatmaların Çevre Yerleşim Yerlerine Olan Sarsıntı Etkilerinin En Aza İndirilmesine Yönelik Ek Araştırma Final Raporu, s9-12, Ankara.

Uyar, G.G., Ecevitođlu, B., Ünüçok, B.ve Can, A.Z. 2005. TKİ GELİ Müessesesi, Muđla İli Yatađan İlçesi Eskihsar Linyit Ocağındaki Patlatmaların Çevre Yerleşim Yerlerine Olan Sarsıntı Etkilerinin Belirlenmesi ve Ez Aza İndirilmesi için Gerekli Çalışmaların Yapılmasına Yönelik Araştırma Ara Raporu , p. 1-19, Ankara.

Assimaki,D.,2004. Topography Effects in The 1999 Athens Earthquake:Engineering Issues in Seismology. Massachusetts Institute of Technology(Ph.D Thesis)

Can.,A.Z., 2008. Yüzey Dalgaları / Temel Kaya Etkilşimi Ve 3-B Sismik Işın İzleme Yöntemiyle Zemin Büyütmesi HaritalarınınOluşturulması.,Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, 126 s., Ankara.

Ünüçok, B., 2007. Soğrulma ve Dispersiyonun Yüzey Dalgalarına Etkisi. Yüksek lisans tezi. Ankara Üniversitesi, 80 s., Ankara

GUIDE – Hücresel Küme Ayırıştırma Uygulaması: Yeraltı suyu Arsenik İçeriği Durum Çalışması

GUIDE – Cell Declustering Application: Case Study on Groundwater Arsenic Content

Güneş Ertunç^{1*}

¹ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara

* Sorumlu yazar, e-mail: gertunc@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0914-2745

Özet

Bir sahada rastlantı değişkenin çok yüksek veya çok düşük aykırı değerlere sahip alanlarında daha yoğun örnekleme, değişkenin dağılımını daha iyi anlayabilmek adına, genellikle tercihli olarak yapılmaktadır. Ancak bu durum, bu değişkenin gerçek dağılımı ile yanlış bir farkın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Tercihli örneklemeden kaynaklanan yanlış ortalama farkını önlemek için, numuneler düzenli aralıklarla veya rastgele toplanmalıdır. Alternatif olarak, değişkenin saha genelindeki ortalamasını doğru bir şekilde ortaya koymak için hücresel küme ayırıştırma yöntemi (cell declustering) uygulanmalıdır. GUIDE (**G**eostatistical **U**tility in **D**omaining and **E**stimation) mekansal verilerin istatistiksel analizi, krigleme yöntemi ile kestirimi ve jeolojik homojen bölgelerin belirlenmesi için çözüm araçları barındıran modüler uygulamalar bütününden oluşan bir bilgisayar programıdır. Bu çalışmanın amacı, GUIDE ile hücresel küme ayırıştırma uygulaması sunmaktır. Yeraltı suyu arsenik ölçümlerinin analiz değerleri ile programın işleyişi durum çalışması olarak verilmiştir. Durum çalışmasında yüksek arsenik değerlerinin tercihli olarak yoğun şekilde örneklenmesi sonucunda ortaya çıkan istatistikler ile hücresel küme ayırıştırma uygulandıktan sonra oluşan istatistikler ve histogram sonuçları karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hücre küme ayırıştırma, istatistik, yeraltı suyu, arsenik

Abstract

In order to have better understanding on the distribution of the variable, more intensive sampling in the areas of the random variable with very high or very low outliers in a field is usually done preferentially. However, this situation causes a biased difference with the actual distribution. Samples should be collected at regular intervals or randomly to avoid biased mean difference due to preferential sampling. Alternatively, the cell declustering method should be applied to accurately represent the statistics of the variable. GUIDE (Geostatistical Utility in Domaining and Estimation) is a computer program consisting of modular applications that contain tools for exploratory data analysis of spatial data, kriging estimation and domaining. Within the scope of this study, the cell declustering application of the program is presented and the analysis of groundwater arsenic measurements is given as a case study. In the case study, the statistics obtained as a result of preferential sampling of high arsenic values and the statistics and histogram results after cell declustering method is compared.

Keywords: Cell declustering, statistics, groundwater, arsenic

1.Giriş

Çoğu zaman bir bölgesel değişkene ilişkin kararlar, mekansal verinin düzenli olmayan konumsal dağılımına göre istatistiksel analizine göre verilmektedir. Özniteliğin değerleri, sahada var olan heterojenlik nedeniyle genellikle farklı şekilde etkilenir. Örneğin, cevherleşme, yeraltındaki jeolojik ortamlara; veya yeraltı suyunda kirletici konsantrasyonları suyun akış yönlerine bağlanabilir. Değişkenin sahanın bir bölümünde anormal derecede yüksek veya düşük değerlere sahip olması çok olağan ve sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Aykırı değerlerin olduğu bölgelerde tercihli şekilde daha sık örneklem alınmasının özniteliğin yapısını daha iyi anlayabilmek için olduğu göz önüne alındığında anlaşılabilir bir durumdur. Ancak, bu değişkenin gerçek dağılımında yanlış bir fark ortaya çıkacağı mutlaka dikkate alınması gereken bir durumdur.

Veriler üzerindeki heterojen sahaya özgü etkilerin neden olduğu düzensiz örnekleme ve bu yanlışlığı (biasness) hesaba katmak için, mekansal verileri analiz etmek için önemli bir jeostatistiksel araç olarak hücre küme ayrıştırma yöntemi literatürde bir çok araştırmacı tarafından sunulmuştur (Deutsch ve Journal, 1998; Deutsch ve ark., 1999; Pyrcz ve Deutsch, 2002; Renard ve ark., 2020).

Belirsizlik değerlendirme ve jeostatistiksel benzetim gibi analizlerde rastlantı değişkenini temsil eden dağılımlar veya kategorik öznitelige ilişkin oranlar temel girdi parametreleridir. Bu dağılımları veya oranları belirlemede kümeleme teknikleri oldukça sıklıkla kullanılmaktadır. Bu teknik ile her bir veriye ($z_i=1, \dots, n$) çevresindeki verilere yakınlığına bağlı olarak bir ağırlık ($w_i=1, \dots, n$) atanır. Birbirlerine yakın olan verilere daha az ağırlık atanırken, birbirinden çok uzak olan veriler daha fazla ağırlık kazanır. Buradaki temel varsayım, daha yakın verilerin tercihen düşük veya yüksek değerli alanlardan toplandığıdır. Kümeleme tekniği ile parametrik olmayan dağılım ve özet istatistikler atanan ağırlıklar kullanılarak oluşturulur.

GUIDE (Geostatistical Utility in Domaining and Estimation) mekansal verilerin istatistiksel analizi, krigleme yöntemi ile kestirimi ve jeolojik homojen bölgelerin belirlenmesi için çözüm araçları barındıran modüler uygulamalar bütününden oluşan ve yazar tarafından kodlanan bir bilgisayar programıdır. MATLAB Compiler™ ile derlenmiştir ve çalışmaya konu olan Hücre Küme Ayrıştırma uygulama modülü <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~gertunc/HKA.rar> adresinden ücretsiz bir şekilde indirilebilir.

2.Yöntem

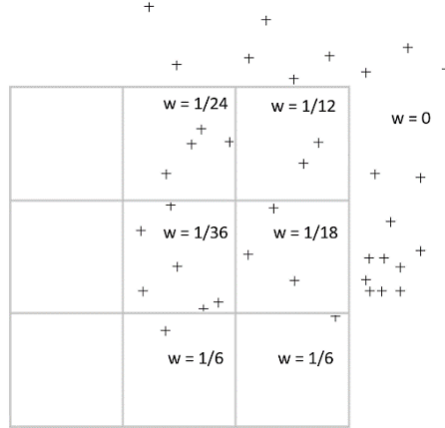
İlk olarak Journel (1983) tarafından sunulan hücresel küme ayrıştırma yöntemi, veri setinin yayıldığı alana uyarlanan iki boyutlu bir ızgara ve bu ızgarayı oluşturan hücrelere düşen örnek noktalarının bulunma yüzdelerine göre, örneklere ağırlık atanması esasına dayanır. Bu ızgarayı oluşturan hücreler, jeostatistiksel kestirim veya benzetimde kullanılan blok kavramından tamamen farklıdır. Hücre boyutu, bu yöntemde seyrek örneklenen bölgelerdeki veriler arasındaki uzaklığı ile ilişkilidir. Bu yüzden, yöntem ismini Türkçeleştirirken blok yerine hücre kelimesi daha uygun bulunmuştur. Hücrede yalnızca bir tane örnek bulunması durumunda ağırlık aşağıdaki formül ile bulunur.

$$w_i = \frac{1}{n_{dh} / n_{vs}}$$

Burada, w_i : i lokasyonundaki örneğe ait ağırlığı, n_{dh} : ızgara yapısındaki toplam dolu hücre sayısını ve n_{vs} : hücre içindeki veri sayısını ifade etmektedir.

Tüm örneklere atanan ağırlıklar ile ağırlıklandırılmış istatistikler (Q1, ortalama, Q3, ve histogram dağılımı) hesaplanır. Bu sayede ağırlıklandırılmış veriler ile hesaplanan istatistikler, tercihli örneklem durumunda yanlı ve yanıltıcı istatistikleri düzelmiş olur.

Şekil 1’de 18 örnek lokasyonu ve 6 dolu hücre için oluşan durum ve ağırlıklar görselleştirilmiştir.

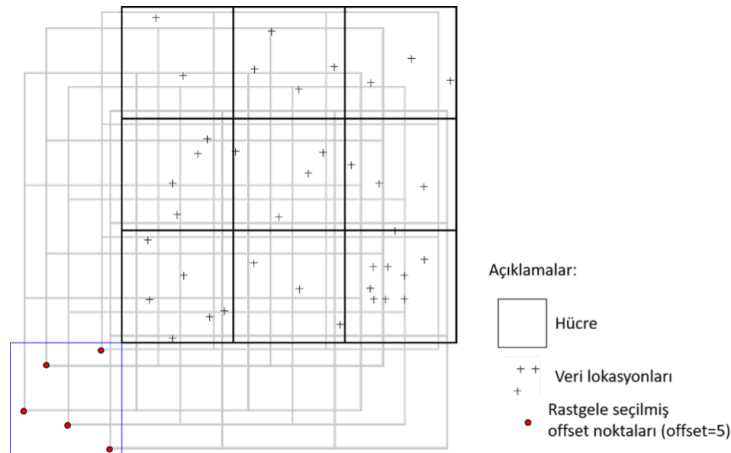


Şekil 1 Dolu hücreler ve örneklerin herbirinin aldıkları ağırlıklar.

Şekil 1’deki duruma göre, ızgaranın en güneyinde orta ve sağ alt hücrelerinde yalnızca birer örnek bulunduğu için her iki örnek ağırlık olarak 1/6 değerini almışlardır. Diğer hücrelerdeki durumlarda artan örneklere göre ters orantı ile ağırlıklar düzenlenmiştir. Bu durumda hücre içine düşen örnek sayısı arttıkça, bu örneklere atanan ağırlıklar azalmaktadır.

2.1 Offset sayısı

Izgaranın hangi lokasyondan başladığının örnek lokasyonlara atanan ağırlıklar üzerinde doğrudan etkisi olduğundan, her numuneye ortalama bir ağırlık sağlamak için çeşitli sayıda başlangıç noktası kullanılır. Rastlantısal seçilen başlangıç noktası sayısı “offset sayısı” ile ifade edilmektedir. Endüstri pratiği göz önüne alındığında bu değer 25 ile 100 arasında değişecek şekilde belirlenmiştir. Şekil 2’de, offset sayısının 5 olarak alındığı durum görselleştirilmiştir.



Şekil 2 Beş farklı offset noktasına göre ızgaralar.

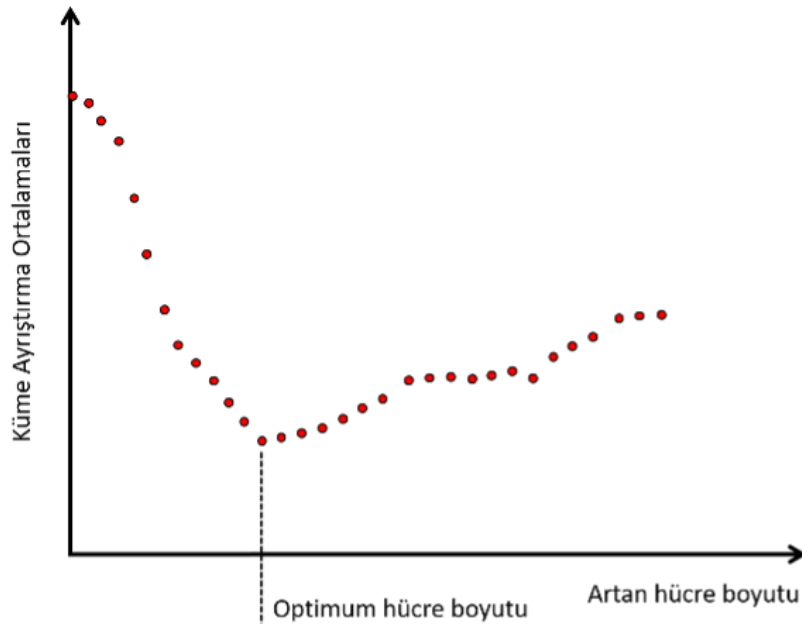
Şekil 2'ye göre 5 farklı durumda örneklere atanan ağırlıkların ortalamaları, seçili hücre boyutuna göre atanan ağırlıklar olarak belirlenir.

2.2 Hücre boyutu

Hücre küme ayrıştırma yönteminin bir diğer önemli parametresi hücre boyutudur. Çok küçük seçilen hücre boyutunda, dolu hücre sayısı örnek sayısına eşit olacağından her bir örneğe atanan ağırlık 1'e eşit olacaktır. Çok büyük boyutlu bir hücre durumunda ise tüm örnek lokasyonları eşit şekilde ağırlandırılacaktır. Her iki durumda ağırlıklı ortalama değerleri birbirine eşittir. Bu yüzden, hücre küme ayrıştırma yönteminde optimum hücre boyutu seçebilmek için küçükten büyüğe doğru değişen her hücre boyutu için ayrı ayrı hesaplama yapılmaktadır.

Optimum hücre boyutu, seyrek örneklenen lokasyondaki verilerin aralığıdır. Bu optimum boyut tam olarak bilinmemektedir ve doğru boyutun seçilmesine yardımcı olmak için bir dizi hücre boyutu girdi parametresi olarak düşünülmelidir. Bu nedenle, en büyük hücre boyutu çok büyük ayarlanmamalıdır.

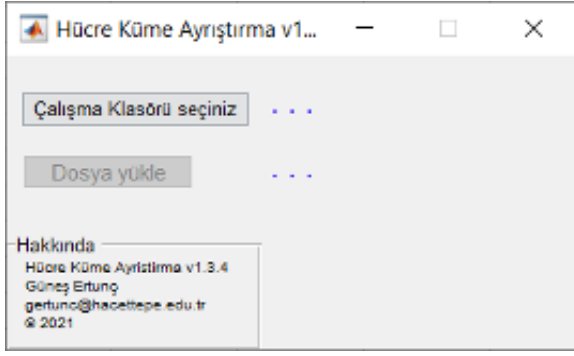
Optimum hücre boyutunu seçmek için en iyi yaklaşım, çeşitli hücre boyutları için küme ayrıştırma ortalamayı değerlendirmek ve bu ortalamayı en aza indirmeye veya en yüksek değere ulaştırmaya yakın bir değer seçmektir. Şekil 3'te, küme ayrıştırılan ortalamanın artan hücre boyutuyla değişimi verilmiştir.



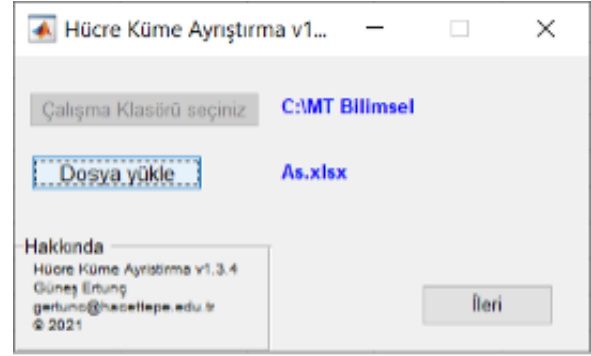
Şekil 3 Değişen hücre boyutlarına göre hücre küme ayrıştırma ortalamaları

3. GUIDE – Hücresel Küme Ayrıştırma Modülü ve Durum Çalışması

Hücre Küme Ayrıştırma modülü toplam 4 girdi ekranından oluşmaktadır. Öncelikle, kullanıcı MS Office Excel formatındaki dosyasının bulunduğu klasörü “Çalışma Klasörü” olarak belirler.



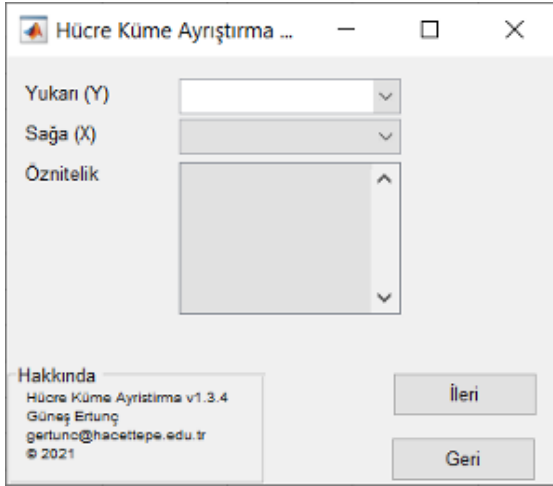
(a)



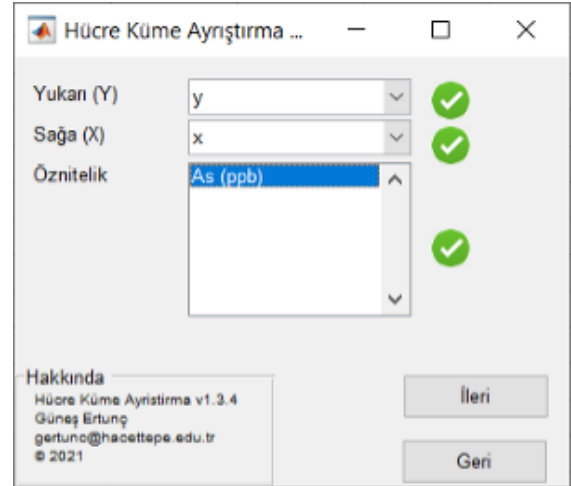
(b)

Şekil 4 a) Dosya yükleme ekranı, b) Yüklendiği dosya ekranı

Uygulama iki boyutlu olduğu için kullanıcı bir sonraki öznetelik seçim ekranında Yukarı (Y), Sağa (X) koordinat sütunlarını seçtikten sonra öznetelik seçimi yapar (Şekil 5).



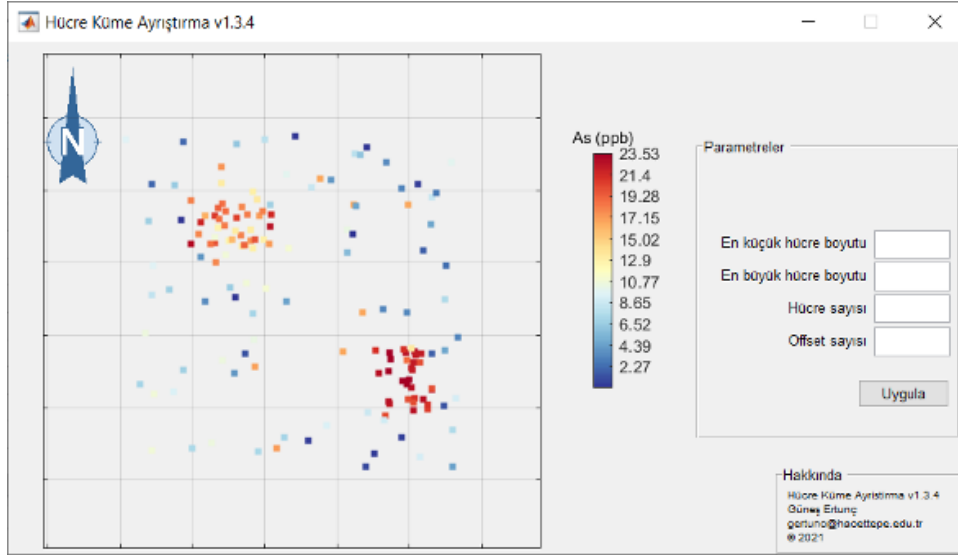
(a)



(b)

Şekil 5 a) Öznetelik seçim ekranı, b) Sütunların eşleştirilmesi

İleri butonu ile kullanıcı hücre küme ayırıştırma yöntemi için gerekli parametrelerin girildiği ekrana yönlendirilir (Şekil 6). Seçilen özneteliğin tematik olarak gösterildiği bu ekranda kullanıcı sırasıyla en küçük hücre boyutunu, en büyük hücre boyutunu, bu iki değer arasında kaç hücre boyutu olacağını ve offset sayısını girer.



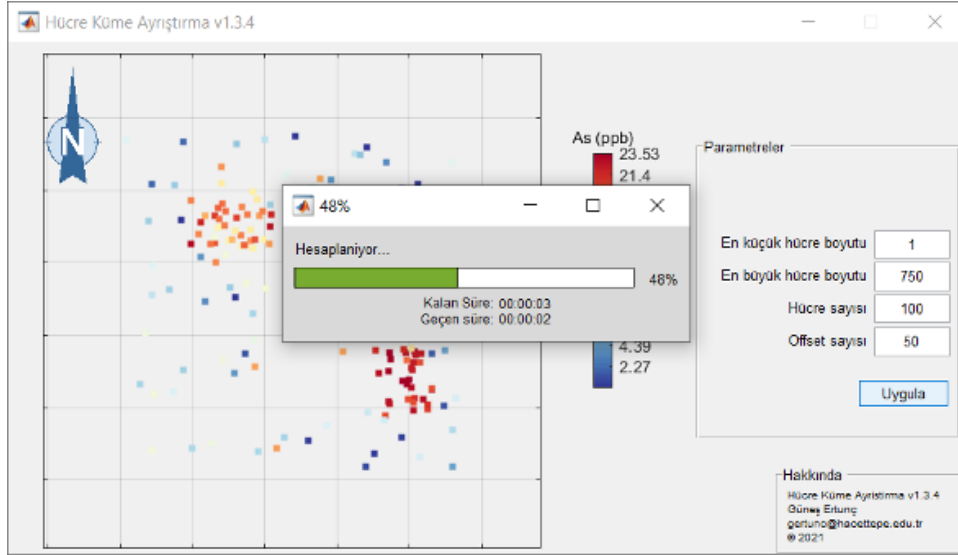
Şekil 6. Hücre küme ayırıştırma parametre ekranı

3.1 Durum Çalışması

Çalışmada kullanılan veri seti, $\mu\text{g/L}$ cinsinden ölçülen arsenik konsantrasyonlarını içeren iki boyutlu uzayda dağılmış 153 yeraltı suyu örneğinden oluşan sentetik bir arsenik değerlerinden oluşur (Şekil 6). Yaklaşık 1 km^2 lik alana yayılan veri setinde örnekler arasındaki mesafeye ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de yer almaktadır. Bu veri setine <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~gertunc/decluster.rar> adresinden erişilebilir.

Tablo 1 Örnekler arasındaki mesafelere ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

En küçük değer	2.3
En büyük değer	1278
Ortalama	459.5
Q1	249.52
Ortanca (Q2)	481
Q3	648
Varyans	58334



Şekil 7. Değişen hücre boyutlarına göre hücre küme ayırıştırma ortalamaları

Tablo 2 Arsenik verisi tanımlayıcı istatistikleri

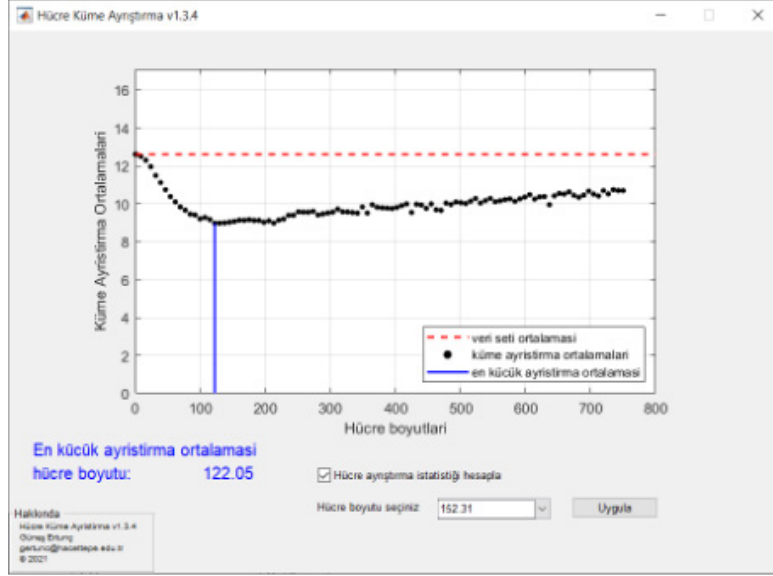
Veri sayısı	153
En küçük değer	0.148
En büyük değer	23.53
Ortalama	12.61
Q1	6.78
Ortanca (Q2)	12.76
Q3	19.36
Varyans	53.87

Bu veri seti için seçilen hücre küme ayırıştırma parametreleri aşağıda sıralanmıştır.

Tablo 3. Hücre Küme Ayırıştırma Parametreleri

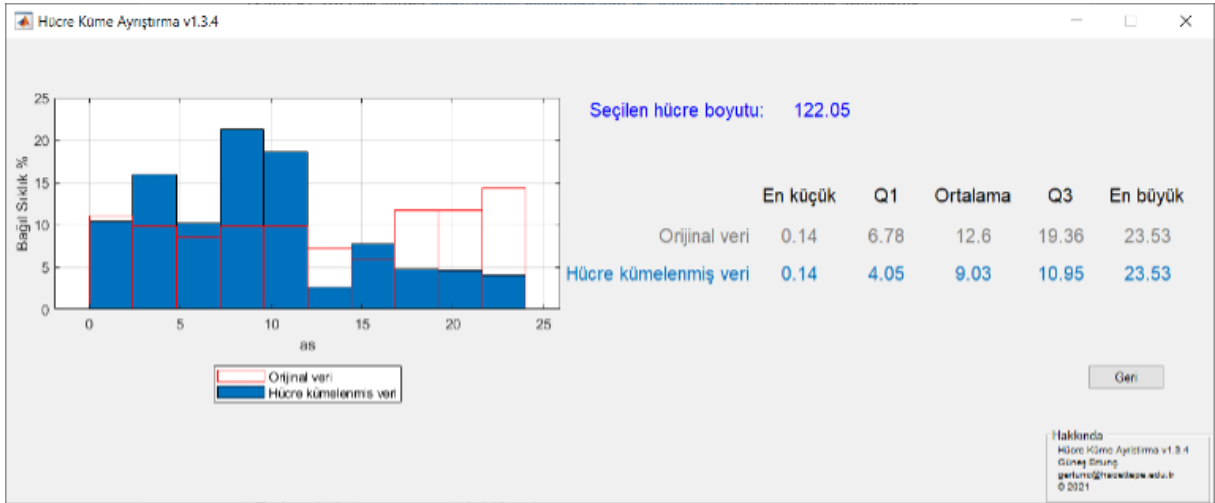
En küçük hücre boyutu	1 m
En büyük hücre boyutu	750 m
Hücre sayısı	100
Offset sayısı	50

Seçilen hücre sayısı 100 olduğundan, hücre boyutu 1 m'den başlayarak 7.56 m'lik artışlar ile 750 m'ye kadar ayrıştırılmış ortalamalar hesaplanmıştır $((750-1)/99)$. Parametrelere göre çözüm sonuçları Şekil 8'de verilmektedir. Şekil 8'de kesikli kırmızı çizgi orijinal verinin ortalama değeridir (12.61).



Şekil 8. Değişen hücre boyutlarına göre hücre küme ayırma ortalamaları

En küçük ayırma ortalaması, hücre boyutu 122.05 m olduğu durumda hesaplanmıştır. Bu durumda, hücre ayırma istatistikleri bu boyut seçilerek yapılmıştır. Seçilen boyuta göre ortaya çıkan histogram ve istatistikler Şekil 9'da verilmektedir. Normal dağılım göstermeyen veri setinin, hücre ayırma sonrasında uniform dağılıma yakın bir davranış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 9. Değişen hücre boyutlarına göre hücre küme ayırma ortalamaları

4 Sonuç

DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü), içme suyu arsenik içeriği yönergesine (WHO, 2021) göre içme suyunun arsenik içeriğinin $10 \mu\text{g/L}$ geçmemesi gerektiğini belirtmektedir ve orijinal veri setinin arsenik ortalaması $12.60 \mu\text{g/L}$, bu sınırın üzerindedir. Yüksek değerlerin olduğu bölgelerden fazla örnek toplama, başka bir deyişle tercihli örnek toplama stratejisi gereği çıkan bu sonucun yanlı ve dahası, yanıltıcı bir sonuçtur.

Orijinal veri histogramı ile hücre küme ayırma ile elde edilen histogram karşılaştırıldığında,

orijinal verinin yüksek değerlerinin daha sık olduğu görülmektedir. Veri seti incelendiğinde, yüksek değerlerin daha sıklıkla örneklendiği ve hücre kümeleme ayırıştırma yönteminin bu değerlerin ağırlıklarını düşürerek yanlış istatistikleri düzelten nitelikte sonuçlar ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Düzeltile istatistikler sonucunda saha genelindeki ortalamanın 9.03 ug/L olduğu ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı ortaya konmuştur.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir bulgu ise, örnek değerlerinin değişmemesidir. Hücre küme ayırıştırma yönteminde verinin kendisi değil, onu karakterize eden istatistiklerin -varsa tercihli örnekleme stratejisi yüzünden yanlış istatistiklerin- düzeltilmesidir. Düzeltile istatistikleri oluşturan temel unsur, örnek değerlerinin birbirlerine yakınlığı esas alınarak atanan ağırlıklarıdır. Bu nedenle en küçük ve en büyük değerler hücre küme ayırıştırması yöntemi uygulamasından etkilenmezler (Şekil 9).

Kaynaklar

Deutsch, C.V., Journel, A.G., 1998. GSLIB: Geostatistical Software Library: and User's Guide, 2nd Ed. New York: Oxford University Press.

Deutsch, C.V., Frykman, P., Xie, Y.L., 1999. Declustering with Seismic or "soft" Geologic Data, Centre for Computational Geostatistics Report One 1998/1999, University of Alberta.

Pyrcz, M.J., Deutsch, C.V., 2002. Declustering and Debiasing. In Centre for Computational Geostatistics, Paper 62, Annual Report 4.

Renard, D., Bez, N., Desassis, N., Beucher, H., Ors, F., Laporte, F., 2020, RGeostats: The Geostatistical package. MINES ParisTech

WHO, 2021, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>, (Erişim tarihi: 25/03/2021)