



## Arazi Topluşturma Projelerinde Jeostatistiksel Analiz ve CBS Kullanarak Tarımsal Toprak Endeksinin Belirlenmesi

Mevlüt Uyan\*

Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 42075, Konya

**Anahtar Kelimeler:**  
Arazi toplulaştırması  
Toprak indeksi  
CBS  
Jeostatistik

### ÖZ

Arazi toplulaştırması (AT), gelişmekte olan tarımsal teknolojiye göre tarımsal parsellerin yeniden düzenlenmesi için teknik bir süreçtir. AT projelerinin başarısı, tarımsal parsellerin her biri için toprak endeksinin (TE) doğru belirlenmesine bağlıdır. Tüm çalışma alanı için TE değerleri, belli noktalardan alınan numunelere göre enterpolasyon yöntemleriyle belirlenir. Kriging yöntemine dayanan mekansal analiz, bilinmeyen noktaların bilinen noktalardan tahmin edilmesi için uygun ve güçlü bir yoldur. Bu çalışmanın amacı, AT projeleri için CBS teknolojisiyle universal kriging yöntemini kullanarak TE değerlerini belirlemek ve değerlendirmektir. TE değerlerinin mekansal sürekliliği, deneysel bir variogram kullanılarak hesaplandı. Altı modelin (Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian) performansı karşılaştırılmıştır. Gaussian modeller kullanılarak TE değerlerinin yapısı daha iyi açıklanmıştır. TE için elde edilen tahminler bir haritada gösterilmiştir. Bazı tarımsal parseller için Universal kriging ile elde edilen TE değerlerinin sonuçları klasik yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

## Determination of Agricultural Soil Index Using Geostatistics and GIS in Land Consolidation Projects

**Keywords:**  
Land Consolidation  
Soil index  
GIS  
Geostatistics

### ABSTRACT

Land consolidation (LC) is a technical process for agricultural parcels rearrangement according to developing agricultural technology. The success of LC projects depends on the correct determination of soil index (SI) for each of the agricultural parcel. SI values for all study area are determined by interpolation methods using observed SI plots. The spatial analysis based on the kriging method is a convenient and strong way for the estimation of the unknown points from the known points.

The purpose of this study was to determine and evaluate the SI using universal kriging with GIS technology for LC projects. Spatial continuity of SI values was calculated using an experimental variogram. The performance of six models (Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian) have been compared. Spatial structure of SI values was better explained using gaussian models. The estimations obtained for SI were represented in a map. The results of the universal kriging based SI values were compared with the results of the prepared SI map by classical methods for some agricultural parcels.

## 1. GİRİŞ

Tarım sektörü, Türkiye'deki kırsal alanlar için birincil ekonomik faaliyet kaynağıdır. Elverişli coğrafi koşulları ve iklimi ile Türkiye, gıda ve tarım alanında dünyanın önde gelen ülkelerinden biri olarak kabul edilir. Türkiye, toplam GSMH 'sının % 9'una ve ülkedeki istihdamın % 25'ine karşılık gelen büyük ve büyüyen bir tarım endüstrisine sahiptir (Uyan vd., 2015).

Tarımsal arazi parçalanması, gelişmekte olan ülkelerde yaygın bir olgudur (Latruffe ve Piet, 2014). Arazi parçalanması sürdürülebilir tarım için en büyük sorundur. Ülkemizde tarım topraklarının daha fazla parçalanma ve değişiminin önlenmesi düzensizliğin iyileştirilmesi için yasal ve adli düzenlemeler yapılmaktadır (Uyan vd., 2013). Türkiye'de geçmişte arazi parçalanmasının ana nedeni, arazi üzerindeki nüfus baskısı olmuştur. Parçalanmış tarım alanları nedeniyle Türkiye yılda 10 milyar dolar kaybetmektedir. Arazi toplulaştırması (AT), tarımsal arazi parçalanmasını önlemek için en uygun arazi yönetimi yaklaşımıdır (Uyan vd., 2015).

AT, gıda üretim kapasitesinin artırılması, arazi sahiplerinin ilişkilerinin iyileştirilmesi, kırsal kalkınmanın güçlendirilmesi konularında önemli bir araç olarak kabul edilmektedir (Guo vd., 2015; Niroula ve Thapa, 2005). Kırsal alanlardaki AT, yalnızca bölünmüş parselleri birleştirmeyi değil, aynı zamanda arazi mülkiyeti standartlarını iyileştirmek için tarımsal, teknik, sosyal ve kültürel alanlar gibi tüm ilgili alanların daha iyi yönetilmesini de amaçlamaktadır (Cay ve Uyan, 2013; Pasakarnis ve Maliene, 2010). Türkiye'de 1961'den 2002'ye sadece 450.000 hektarlık tarım arazisinde toplulaştırma projesi yapılmışken, 2002-2017 yılları arasında bu alan 10 milyon hektarı geçmiştir.

AT projeleri temel olarak aşağıdaki teknik aşamalardan geçmektedir (Uyan vd., 2013);

- Araziyle ilgili mülkiyet bilgilerinin sağlanması.
- Tarımsal toprak derecelendirme haritalarının oluşturulması.
- Yol, sulama ve drenaj şebekeleriyle uyumlu yeni blok planlarının hazırlanması.
- Arazi sahiplerinin görüşlerinin alınması.
- Yeni parselasyon planlarının yapılması.
- Kadastro tarafından, hazırlanan yeni planlar için yeni kayıtlar oluşturulması.

AT projeleri, çeşitli adımlardan oluşur ancak bu adımlardan en önemlisi çiftçilerin yeni parsellerine tahsisi aşamasıdır. Yeniden tahsis miktarı, tarımsal alanın TE değerlerine bağlıdır. TE değerleri kurum tarafından oluşturulan bir komisyon tarafından belirlenir. Buradaki amaç, yeni parsellerin AT sonrası arazi sahiplerine önceki parselleriyle eşdeğer olarak verilmesini sağlamaktır. AT'nin başarısı için derecelendirme işlemi son derece önemlidir.

Jeostatistiksel yaklaşımlar, örneklenmemiş yerlerdeki ölçümlerin değerlerini tahmin etmek için daha yararlı, güvenilir ve verimli araçlar sunar,

ayrıca verilerin yapısal ilişkisini incelemek için variogram analizleri sağlayabilir (Uyan ve Cay, 2013). Kriging enterpolasyonu en uygun enterpolasyon olarak kabul edilir ve jeostatistik en yaygın kullanılanıdır. Bilinen bir noktayı kullanarak bilinmeyen bir noktayı tahmin eder.

Jeostatistik ve CBS teknolojileri, tarımsal araştırmalar için birçok araştırmacı tarafından bir yönetim ve karar aracı kullanılmıştır. Projelerde hızlı ve verimli ilerleme için, bilgisayar teknolojisinin kullanımı esastır. Türkiye'de, tarımsal arazi değerlemesi için bilgisayar desteği, AT projelerinde sıkça göz önüne alınmamaktadır. Jeostatistiksel modellerin tarımsal çalışmalara dâhil edilmesi, bilimin birçok alanında kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, AT projeleri için CBS teknolojisiyle bir jeostatistiksel model olan universal kriging kullanarak TE değerlerini belirlemek ve değerlendirmektir.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Konya ilinin Çumra ilçesine bağlı bir mahalle olan Abditolu olarak seçilmiştir (Şekil 1). TE verileri 134 gözlem noktasından belirlendi. Alanın rakımı 1005 m, toplulaştırmaya dâhil edilen saha ise yaklaşık 3491 hektardır. Konya merkezine uzaklığı yaklaşık 25 km'dir. Bölgede, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı karasal iklim hâkimdir. Bölge genelde az yağış almaktadır. Bölgenin doğal bitki örtüsü bozkırdır. Düz bir topografyaya sahiptir. Ekili ürünler çoğunlukla buğday, arpa ve şeker pancarıdır. Proje sahası içerisinde kalan parsel miktarı 594'dür.

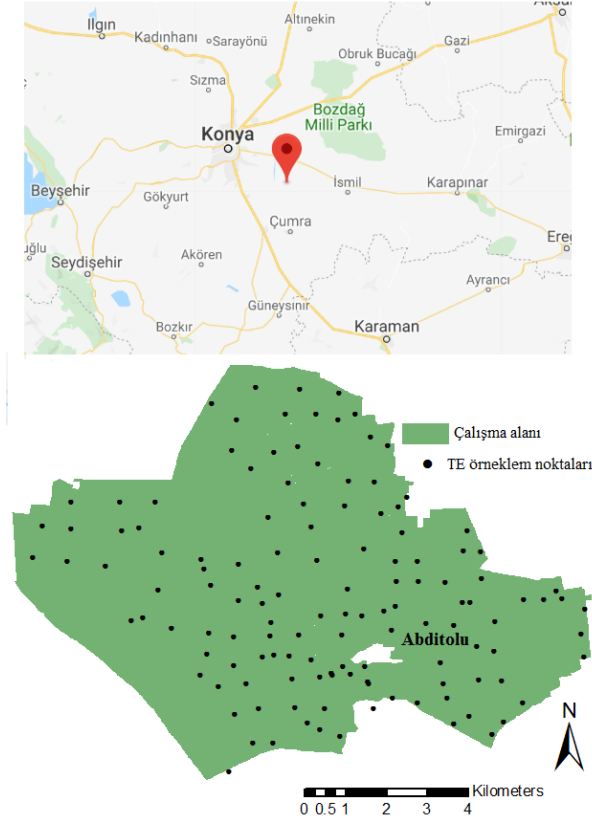
### 2.2. Toprak Endeksi Değerleri

Uzmanlar çalışmanın yapılacağı alandan bazı yöntemlerle numuneler alarak bilimsel yöntemlerle TE değerlerini belirlerler. TE sadece toprak özelliklerine dayanır ve toprak derinliği, yüzey tabakasının yapısı, toprak altı özellikleri, drenaj, tuzluluk, alkalilik, pH gibi faktörleri değerlendirilerek elde edilir. TE 100 puan üzerinden değerlendirilir.

Toprak indeksi, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$SI = A * B * C * X \quad (1)$$

Burada, A üst toprak profil grubu (ana malzemenin türü, şekil ve birikme oluşumu, toprak malzemesinin yaşı, değişme, erozyon direnci), B üst toprak dokusu (üst topraktaki çeşitli büyüklük gruplarına göre kum, silt ve kil oranları), C toprak eğimi ve X toprak profil grubudur (drenaj, tuzluluk, alkalilik, asitlik, toksik madde ve erozyonlar). Bu çalışmada TE verileri uzmanlar tarafından 134 gözlem noktasından belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

### 2.3. Jeostatistiksel Analiz

Jeostatistiksel teori, çalışma bölgesindeki rasgele noktalarda optimal tahminlerin elde edilmesini sağlayan stokastik bir modele dayanmaktadır. Jeostatistiğin avantajı, genellikle variogramlarla ifade edilen, mekansal korelasyon ölçütlerinin kullanılmasıdır (Uyan ve Cay, 2013). Semivariogram, numuneler arasındaki korelasyonun varlığını bulmak için jeostatistik metodudur. Semivariogram uzaysal sürekliliğin yapısını karakterize etmek için en iyi yöntemdir (Acerbi Junior vd. 2015). Bölgesel değişkenlerin aralarındaki değişim, ilişki ve bağımlılık mesafeye bağlı olarak yarı variogram fonksiyonu ile incelenir. Aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Chiverton vd., 2015):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2(N-h)} \sum_{i=1}^{N-h} [Y(t_{i+h}) - Y(t_i)]^2 \quad (2)$$

Burada, h, değişkenler arası mesafesidir, Y (ti), dönüştürülen verinin ti zamanındaki değeridir ve (N-h), aralarındaki mesafesi h olan nokta çiftlerinin sayısıdır.

Kriging, jeostatistiksel bir tekniktir ve bilinmeyen bir noktadaki değeri tahmin etmek için bilinen noktadaki ağırlıkların doğrusal bir kombinasyonunu kullanır. Kriging, iki nokta arasındaki mekansal bir korelasyon ölçüsü olan bir semivariogram kullanır, böylece ağırlıklar numunelerin mekansal düzenlemesine göre değişir.

Diğer enterpolasyon yöntemlerinin aksine, kriging tahmin edilen yüzeyin hatası veya belirsizliğini de verir (Arslan, 2014). Kriging yöntemleri ordinary kriging, universal kriging, co-kriging ve indicator kriging metotlarını içerir (Aalto vd. 2013). Kullanılacak olan yöntemin seçimi, verilerin özelliklerine ve istenen modelin tipine bağlıdır. Bu çalışmada TE verileri için universal kriging yöntemi seçilmiştir. Kriging yönteminin genel denklemi aşağıdaki gibidir (Cay ve Uyan, 2009):

$$Z^*(x_p) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (3)$$

Burada,  $Z^*(x_p)$ ,  $x_p$  konumundaki krige edilmiş değerdir.  $Z(x_i)$ ,  $x_i$  konumundaki bilinen değerdir,  $\lambda_i$  verilerin ağırlığı,  $\mu$  Lagrange çarpanı ve  $\gamma(x_i, x_j)$  bir vektöre karşılık gelen variogramın değeridir.

Jeostatistiksel kestirmeden önce, örnek çiftler arasındaki uzaklık sınıfları için bir variogram hesaplanır. En yaygın kullanılan modeller küresel, üstel ve Gauss fonksiyonudur (Uyan ve Cay, 2013). Geliştirilen model variogramının geçerliliği ve yeterliliği, cross validation adı verilen bir teknikle test edilebilir. Cross validation tahmini, bir örnek dışarıda bırakılarak ve kalan veriler kullanılarak elde edilir. Bu test, variogram modelinin uygunluğunu ve kullanılan kriging tipini değerlendirmeyi sağlar. Enterpolasyon değerleri gerçek değerlerle karşılaştırılır ve daha sonra bölgesel tahmin için en küçük kare hata modelleri seçilir. En uygun variogram, en yüksek korelasyon katsayısına ( $R^2$ ) bağlı olarak deneme yanılmalarına göre seçilir (Uyan ve Cay, 2013).

Çalışma alanındaki TE gözlem noktaları düzenli dağıldığından gözlem verilerinin haritalanması yeterlidir. Ölçülmemiş noktaları TE değerlerinde ölçülen veri değerlerine göre tahmin edebilmek için Kriging enterpolasyon tekniği tercih edilir.

Haritaların tüm sayısallaştırma, dönüşüm ve analiz işlemleri bir CBS yazılımı olan ArcGIS 9.3 kullanılarak yapılmıştır.

### 3. BULGULAR

Bu çalışmada, tüm çalışma alanı için TE değerleri hesaplanmıştır. Ölçülmemiş noktaların TE değerlerini ölçülen veri değerlerine göre tahmin etmek için universal kriging enterpolasyon tekniği tercih edilmiştir. Bir yüzey oluşturmak için kullanılan enterpolasyon yöntemleri, eğer veriler normal dağılmış ise en iyi sonucu verir (Uyan ve Cay, 2013). İlk olarak, TE değerlerinin normal bir dağılıma uyup uymadığını belirlemek için bu veriler tanımlayıcı analize tabi tutuldular. Bu sonuçlara göre, TE değerlerinin histogramları normal dağılım eğrisi ile çizildi. Tablo 1, TE değerlerinin temel istatistiklerini özetlemektedir. Bu istatistikler bir dağılımın önemli özelliklerini vermiş ve merkezini, yayılmasını ve şeklini tanımlamıştır. Aykırı değerlerin tespiti için keşifsel analizlerin yapılması önemlidir (Behera ve Shukla, 2015). Çarpıklık değeri

(skewness), TE değerleri üzerinde herhangi bir dönüşüm yapılmadan elde edildi. Bu değerler sıfıra yakınsa, normal dağılıma uygun demektir. Tablo 1'de, ortalama (mean) ve ortanca (median) değerler çok yakın ve 0'a yakın çarpıklık değeri olduğu için, bu durumda bu dağılım simetriktir. Yani, TE değerlerini normal dağılıma ayarlamak için, Log dönüşümü yapılmamıştır.

**Tablo 1.** TE verilerinin temel istatistikleri

İstatistiksel sonuçlar	TE verisi
Count	134
Minimum	14.67
Maximum	40
Mean	31.63
Std. Dev.	6.78
Skewness	-0.83
Kurtosis	2.54
1st Quartile	30.06
Median	31.57
3rd Quartile	37.37

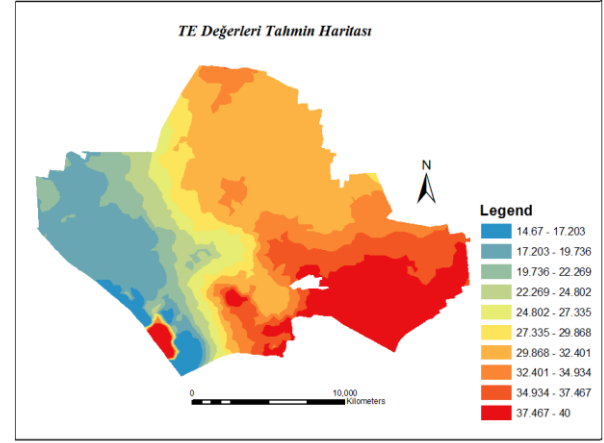
Kriging'in ana bileşeni olan semivariogram, mekansal değişkenliği değerlendirmek için etkili bir araçtır. Semivariogram değişkenlerin mekansal yapısının açık bir tanımını sunar ve veri dağılımını etkileyen olası süreçler hakkında fikir verir (Behera ve Shukla, 2015). Deneysel semivariogram, ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak TE verilerine dayanarak tahmin edilmiştir. Bu işlem için öncelikle anizotropi kontrol edildi. Anizotropiyi kontrol etmek için variogramları çeşitli yönlerde karşılaştırılmıştır ve hesaplanan variogramların yapıları arasında belirgin bir fark olmadığı görülmüştür. Bu durum bize verilerin izotropik olduğunu gösterir. Altı modelin (Circular, Spherical, Tetraspherical, Pentaspherical, Exponential, Gaussian) performansı karşılaştırılmıştır.

Semivariogramın uygunluğu, çapraz doğrulama parametresi Root Mean Square Standardized (RMSS) kullanılarak değerlendirildi. Uygun bir semivariogram için tahminlerde RMSS değerinin 1'e yakın olması gerekir (Liao vd. 2006). Çapraz doğrulama parametrelerine göre, genellikle altı model birbirine yakın performans göstermiştir (RMSS<sub>circular</sub>=0.798, RMSS<sub>spherical</sub>=0.798, RMSS<sub>tetraspherical</sub>=0.742, RMSS<sub>pentaspherical</sub>=0.758, RMSS<sub>exponential</sub>=0.814, RMSS<sub>Gaussian</sub>=0.825). Gaussian modelin RMSS değeri diğerlerine göre daha uygun olduğundan deneysel variogram modeli olarak seçilmiştir.

Değerlerin enterpolasyonu universal kriging yöntemi ile yapılmıştır. TE için elde edilen tahminler, Şekil 2'de gösterilmektedir. Tablo 2 seçilen model için elde edilen değerleri göstermektedir. Regresyon doğrusu, tahminin  $y = 0,88x + 4,9078$  değeri ve %12'lik bir tahmin hatası ile uygulanabilir olduğunu göstermektedir.  $R^2=0.83$  ile kriging tahmini için güvenli bir değerdir.

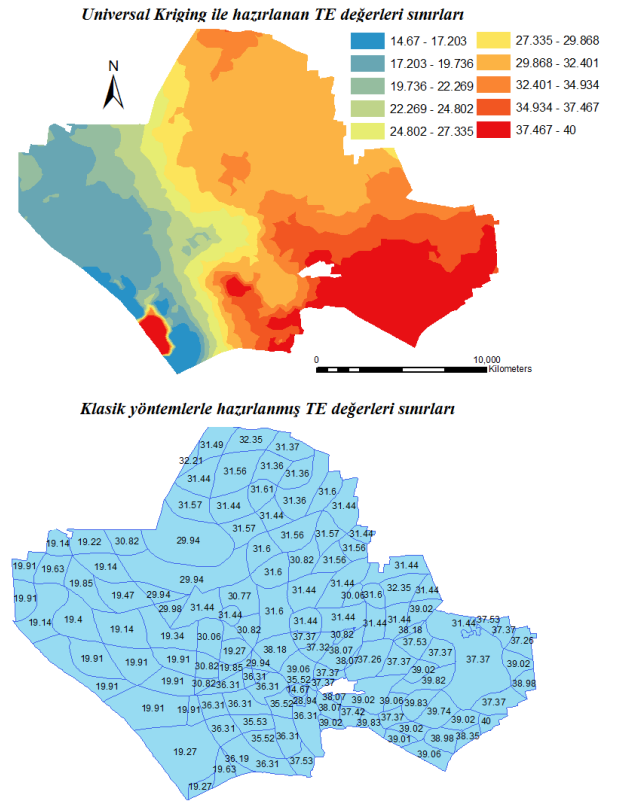
**Tablo 2.** Seçilen Gaussian model parametreleri

Model	ME	RMSE	MSE	RMSSE	ASE	Regresyon Fonksiyonu
Gaussian	0.128	3.970	0.008	0.825	3.594	$Y=0.88X+4.91$



**Şekil 2.** Universal kriging metodu ile elde edilmiş TE değerleri haritası

Bu çalışmada, yeniden tahsis aşaması için çok önemli olan tarımsal arazi TE haritalaması, universal kriging yöntemine göre tespit edilmiştir. Universal kriging ile belirlenen TE değerleri ile ilgili kurum tarafından belirlenen TE haritası birlikte Şekil 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Universal kriging yöntemi ve klasik yöntemle belirlenen TE verileri

Kriging yöntemi diğer enterpolasyon yöntemlerine göre daha güçlü bir yöntemdir. Çünkü diğer tahmin yöntemlerinin aksine, kriging elde ettiği değerlerin hata düzeylerini de sağlamaktadır. Kriging yöntemi en iyi doğrusal ve tarafsız tahmin metodudur (Schelin ve Sjoestedt-de Luna, 2014).

#### 4. SONUÇLAR

AT, kırsal kalkınma için önemli bir araç olarak görülmektedir (Guo vd., 2015). Arazinin TE değerleri, AT çalışmaları için önemli kriterlerden biridir. Bu nedenle, yüksek bir doğrulukla olarak belirlenmesi gerekir. AT projelerinde TE değerleri ilgili kurum tarafından klasik yöntemlerle belirlenmektedir.

Jeostatistikte, Kriging bir enterpolasyon yöntemi olarak kullanılır. Kriging, bilinen değerlerden bilinmeyen değerlerin en iyi doğrusal ve yansız tahminini verir. Kriging, mekansal analiz alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. AT projelerinde TE değerleri, kriging yöntemleri kullanılarak yüksek doğrulukta belirlenebilir. Bu durumda, arazi tahsis aşaması bu yöntemler kullanılarak daha güvenli ve doğru olarak tamamlanacaktır.

Bu çalışmada, bir AT proje alanındaki tarımsal TE değerlerini belirlemek için 134 gözlem noktasının mekansal analizleri jeostatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Çalışma alanı yaklaşık 3491 hektardır. TE değerlerini tahmin etmek için seçilen variogramın doğruluk seviyesini değerlendirmek için universal kriging yöntemi kullanılmıştır. Ölçülen ve tahmini TE değerleri için en uygun regresyon doğrusu belirlendi. Belirlenmiş regresyon doğrusu;  $y = 0.88x + 4.91$  ile uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Korelasyon katsayısı  $R^2 = 0.83$  ile kriging tahmininin güvenli olduğu söylenebilir.

#### KAYNAKÇA

Aalto, J., Pirinen, P., Heikkinen, J., Venäläinen, A. (2013). Spatial interpolation of monthly climate data for Finland: comparing the performance of kriging and generalized additive models, *Theoretical and Applied Climatology*, 112(1-2), 99-111.

Acerbi Junior, F.W., de Oliveira Silveira, E. M., de Mello, J.M., de Mello, J.R., Soares Scolforo, J.R. (2015). Change Detection in Brazilian Savannas using Semivariograms Derived from NDVI Images, *Ciencia E Agrotecnologia*, 39(2), 103-109.

Arslan, H. (2014). Estimation of spatial distribution of groundwater level and risky areas of seawater intrusion on the coastal region in CarAYamba Plain, Turkey, using different interpolation methods, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8), 5123-5134.

Behera, S.K., ve Shukla, A.K. (2015). Spatial Distribution of Surface Soil Acidity, Electrical

Conductivity, Soil Organic Carbon Content and Exchangeable Potassium, Calcium and Magnesium in Some Cropped Acid Soils of India, *Land Degradation & Development*, 26 (9), 71-79.

Cay, T., ve Uyan, M. (2009). Spatial and Temporal Groundwater Level Variation Geostatistical Modeling in the City of Konya, Turkey, *Water Environment Research*, 81(12), 2460-2470.

Cay, T., ve Uyan, M. (2013). Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Land Use Policy*, 30, 541-548.

Chiverton, A., Hannaford, J., Holman, I., Corstanje, R., Prudhomme, C., Bloomfield, J., Hess, T.M. (2015). Which catchment characteristics control the temporal dependence structure of daily river flows?, *Hydrological Processes*, 29(6), 1353-1369.

Guo, B., Jin, X., Yang, X., Guan, X., Lin, Y., Zhou, Y. (2015). Determining the effects of land consolidation on the multifunctionality of the cropland production system in China using a SPA-fuzzy assessment model, *European Journal of Agronomy*, 63, 12-26.

Latruffe, L., ve Piet, L. (2014). Does land fragmentation affect farm performance? A case study from Brittany, France, *Agricultural Systems*, 129, 68-80.

Liao, D., Peuquet, D.J., Duan, Y., Whitsel, E.A., Dou, J., Smith, R.L., Lin, H.M., Chen, J.C., Heiss, G. (2006). GIS Approaches for the Estimation of Residential-Level Ambient PM Concentrations, *Environmental Health Perspectives*, 114, 1374-1380.

Niroula, G. S., ve Thapa G. B. (2005). Impacts and causes of land fragmentation, and lessons learned from land consolidation in South Asia. *Land Use Policy*, 22(4), 358-372.

Pasakarnis, G., ve Maliene, V. (2010). Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation. *Land Use Policy*, 27, 545-549.

Uyan, M., ve Cay, T. (2013). Spatial analyses of groundwater level differences using geostatistical modeling, *Environmental and Ecological Statistics*, 20(4), 633-646.

Uyan, M., Cay, T., Akcakaya, O. (2013). A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey, *Computers and Electronics in Agriculture*, 98, 8-16.

Uyan, M., Cay, T., Inceyol, Y., Hakli, H. (2015). Comparison of designed different land reallocation models in land consolidation: A case study in Konya/Turkey, *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 249-258.