



Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi

Dergiye Geliş Tarihi: 01.04.2013  
Yayına Kabul Tarihi: 21.05.2013

Baş Editör: Naim Çağman  
Alan Editörü: Rasim Koçyiğit

### Orta Kelkit Havzası'nın Bazı Toprak Özelliklerinin Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (IDW) ile Haritalanması ve Yorumlanması

Hakan Mete DOĞAN <sup>a,1</sup> (hmdogan@hotmail.com)  
Doğaç Sencer YILMAZ <sup>a</sup> (dgcsncr@gmail.com)  
Orhan Mete Kılıç <sup>a</sup> (mete600@hotmail.com)

<sup>a</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240 TOKAT

**Özet** –Bu çalışmada, Orta Kelkit Havzasının tekstür (kum, silt, kil) toplam azot (N), yarıyıllı fosfor (P), organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), pH ve kireci (CaCO<sub>3</sub>) içeren toprak değişkenleri coğrafi bilgi sistemleri (CBS) mekansal analiz araçlarından biri olan ters mesafe ağırlık (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak haritalanmıştır. Toprak değişkenlerinin haritalanmasında 2008 yılında toplam 164 jeo-referanslı noktadan toplanan alan verileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar genel değerlendirme amaçlı çalışmalar için IDW yönteminin uygun bir metot olduğunu göstermiştir. Bununla beraber, yakın gelecekte modelleme çalışmalarının daha sağlıklı sonuçlar üretebileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler** –  
Coğrafi bilgi sistemleri,  
enterpolasyon,  
haritalama, Kelkit,  
toprak, IDW

Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research 6 (2013) 46-54

### Mapping and Interpreting Some Soil Surface Properties of Central Kelkit Basin by Inverse Distance Weighted (IDW) Method

**Abstract** – In this research, the soil variables of Central Kelkit Basin including texture (clay, silt, sand), total nitrogen (N), convenient phosphorus (P), organic matter (OM), electrical conductivity (EC), pH, and lime (CaCO<sub>3</sub>) variables were mapped by using inverse distance weighted (IDW) interpolation method that is one of the spatial analysis tools of geographic information systems (GIS). Field data collected from 164 geo-referenced points in 2008 were utilized to map the soil variables. Results showed that IDW method is a suitable interpolation method for general assessment purposes. However, the modeling work is thought to produce more reliable results in near future.

**Keywords** -  
Geographic information systems,  
interpolation,  
mapping, Kelkit, soil,  
IDW

Received: 01.04.2013

Accepted: : 21.05.2013

<sup>1</sup> Baş Yazar

## 1. Giriş

Günümüz teknolojileri doğanın bilgisayar ortamında modellenmesine, yorumlanmasına ve anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bu teknolojilerden en önemlisi ise Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) dir. CBS, bir alan, durum ya da olaylar hakkındaki verileri toplamaya, depolamaya, analiz etmeye, işlemeye, yaygınlaştırmaya ve sunmaya yarayan yazılım ve donanım sistemlerinin bütünü olarak tanımlanmaktadır (Lillesand ve Kiefer, 2000). CBS, planlamacılarının karar vermesinde yardımcı olan modellerin oluşturulmasını sağlayan analitik gücü yüksek bir araçtır ve aynı zamanda uzaysal analiz özelliği ile önceleri elde edilemeyen daha doğru ve güncel bilgileri üretme, bu bilgilere daha derin anlam kazandırma özellikleriyle geleceğin planlanmasına da yardımcı olmaktadır (Mitchell, 1999).

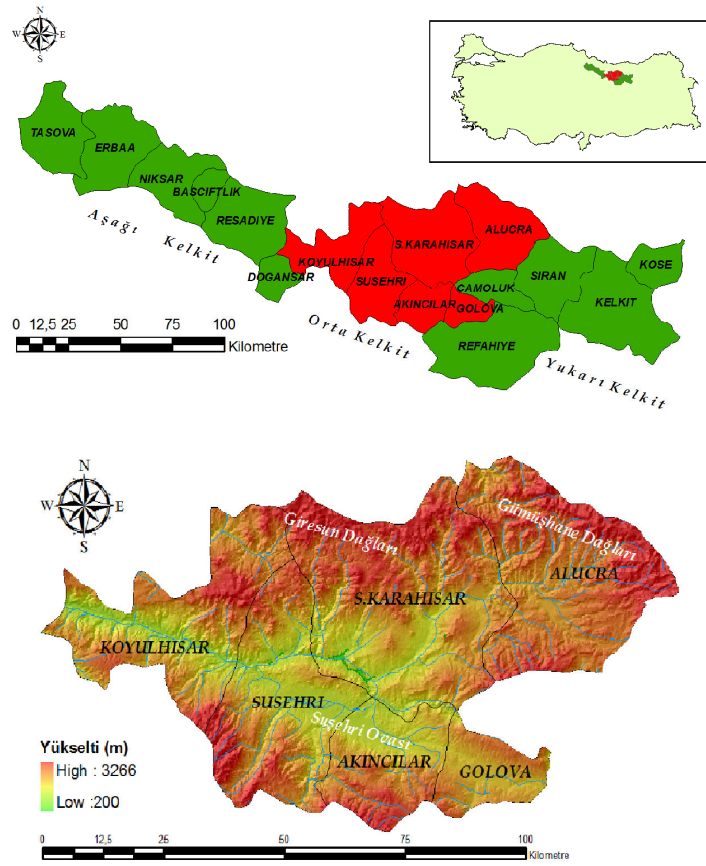
CBS içerisinde yapılması mümkün olan bu analizlerin en önemlileri mekansal analizlerdir. Mekansal analizlerin en önemli özelliği ise CBS’de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. CBS’nde giriş verisinin kaynağını haritalar, hava fotoğrafları, uydu verileri, manyetik ölçümler, küresel konum bulma sistemlerine ait veriler, arazi ölçümleri ve diğer sayısal veriler oluşturmaktadır. CBS’de değerlendirme ise ölçülen ya da elde edilen tüm verilerin belli bir standartta toplanması, sınıflandırılması ve bilgisayar ortamına aktarılması ile mümkün olmaktadır. Ancak, coğrafi değişkenlerin dünya üzerinde her noktada ölçülmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu tür verilerin değerlendirilmesinde enterpolasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Çalışmanın amacı, kapsamı ve detayı göz önüne alınarak seçilen bazı noktalardan ölçülen coğrafi veriler, konumsal enterpolasyon teknikleri ile tüm alana yayılmakta ve alana ait tahmin haritası elde edilmektedir (Heuvelink, 2006). Herhangi bir özelliğe ait tahmin haritalarının üretiminde, sadece ölçüm yapılan değerlerinin kullanıldığı basit enterpolasyonlar yapıldığı gibi, ölçümü yapılan veriyle konumsal ilişkisi olan farklı verilerin birlikte değerlendirilmesi ile haritaların üretilmesi mümkün olmaktadır (Başayığıt ve ark., 2008).

CBS ve ona bağlı olarak kullanılan uzaktan algılama (UA) birçok alanda olduğu gibi toprak envanterleri, erozyon kontrol ve mera vejetasyon etütlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Field, 1989). Geleneksel yöntemlere oranla oldukça hızlı ve hassas olan bu teknikler, geniş alanlarda çalışma yapma fırsatı sağlamakta ve arazi çalışmaları ile birleştirildiğinde çok gerçekçi sonuçlar vermektedir (Chang ve ark. 1989; Mon Zan, 1989; Dogan ve Dogan, 2006; Dogan, 2008). Günümüzde CBS ve UA’nın dünya üzerinde kullanıldığı alanların başında toprak yapısı, üretim sistemleri ve erozyonla ilgili konular gelmektedir (Hall-Bayer ve Gwyn, 1997).

Orta Kelkit Havzası’nın, küresel iklim değişikliğinden muhtemelen az etkilenecek alanların başında geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle söz konusu havzada gerek toprak koruma tedbirleri, gerekse arazi kullanım planlaması ve arazi uygunluk sınıflamasına ışık tutacak şekilde CBS yardımıyla toprak özelliklerinin tespiti ve haritalanması önem kazanmıştır. Bu çalışmada, Orta Kelkit Havzası topraklarının tekstür (kum, silt, kil), toplam azot (N), yarayışlı fosfor (P), organik madde, elektriksel iletkenlik (EC), pH ve kireç (CaCO<sub>3</sub>) değişkenlerini içeren 2008 yılı arazi verilerinin CBS içinde ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon (IDW) yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi ve haritalanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Kelkit ırmağı 320 km'lik uzunluğu ile beş il'e ait (Amasya, Gümüşhane, Giresun, Sivas, Tokat) toplam on sekiz ilçe (Şekil 1) içinden geçmektedir. Bununla beraber Erzincan, ve Samsun illeri ve çok sayıda yerleşim merkezi üzerinde de sosyo-ekonomik ve ekolojik etkiler yapmaktadır. Bu kadar büyük bir alanı etkileyen Kelkit Havzası ekolojik özelliklerindeki çeşitlilikten ve havzadaki yükselti farklılıklarından dolayı Aşağı, Orta ve Yukarı Kelkit Havzaları olarak alt bölgelere ayrılmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı olan Orta Kelkit Havzası  $40^{\circ}35'35''$ - $39^{\circ}56'2''$  Kuzey enlemleri ve  $37^{\circ}31'30''$ - $39^{\circ}4'59''$  Doğu boylamları arasında bulunmaktadır ve toplam  $4949.39 \text{ km}^2$  alanı kapsamaktadır. Söz konusu alan içinde yer alan ilçelerin toplam yüzölçümleri Tablo 1'de verilmiştir.



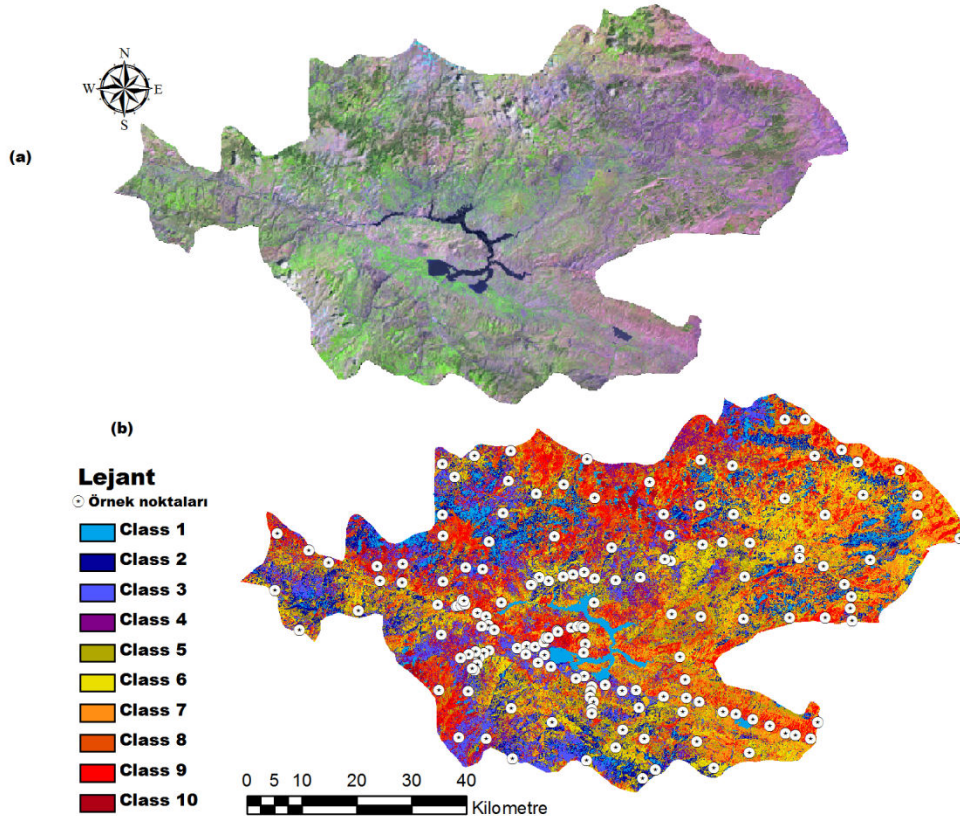
**Şekil 1.** Kelkit havzasının aşağı, orta ve yukarı bölümlerinde yer alan ilçeler ve çalışma alanını oluşturan Orta Kelkit Havzasının sayısal yükselti haritası

**Tablo 1.** Çalışma alanında yer alan ilçeler ve yüzölçümleri

NO	İL	İLÇE	ALAN (km <sup>2</sup> )
1	Sivas	Koyulhisar	883.27
2	Sivas	Suşehri	856.64
3	Sivas	Akıncılar	460.17
4	Sivas	Gölova	272.26
5	Giresun	Şebinkarahisar	1388.47
6	Giresun	Aluçra	1088.58
TOPLAM ALAN			4949.39

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün toprak haritalarına göre (KHGM, 2002) Orta Kelkit havzasında; alüvyal (A), kahverengi (B), gri kahverengi podzolik (G), hidromorfik (H), kolüvyal (K), kahverengi orman (M), kireçsiz kahverengi orman (N), kireçsiz kahverengi (U), Yüksek Dağ Çayır (Y) olmak üzere on büyük toprak grubu yer almaktadır. Orta Kelkit havzasında ağırlıklı toprak yapısı Kahverengi Orman toprağıdır. Alluvial ve Kolluvial topraklar ise Susęhrinde Kelkit Çayının her iki kenarında bulunan topraklardır. Bu topraklar vadi yamaçlarından yer çekimi, toprak kayması, yüzey akışı ve yan dereler ile kısa mesafelerden taşınarak eğimin azaldığı vadi tabanında biriktirilmiş ve kolüvyon denilen materyal üzerinde oluşmuştur. Kolüvyal arazilerdeki toprakların özellikleri daha çok çevredeki büyük arazilerde yer alan topraklara benzemektedir. Eğim ve bünyeleri nedeniyle drenajları iyidir (Karaer, 1994).

Arazi çalışmaları, Orta Kelkit Havzasında toplam 4949.39 km<sup>2</sup> alanda yürütülmüştür. Araştırmada McGrew ve Monroe (1993) tarafından bildirilen katmanlandırılmış tesadüfi örnekleme metodu kullanılmıştır. ASTER Uydusundan üretilen 90 m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli, 1/25000 ölçekli mevcut sayısal toprak haritası ve LANDSAT-ETM+ uydu görüntüsünden (path/row: 175/32, tarih: 13 Haziran 2000) üretilen kontrolsüz sınıflandırma haritası (Şekil 2) kullanılarak katmanlara ayrılmıştır. Elde edilen katmanların dikkate alınmasıyla örneklerin alınacağı alanlar arazi çalışmalarından önce belirlenmiştir. Örnekler arazi çalışmaları sırasında belirlenen bu alanların içinde tesadüfi dağıtılmıştır. Arazi çalışmaları 24 Ekim-27 Ekim 2008 tarihleri arasında tamamlanmış, sonuçta toplam 164 farklı noktada coğrafik referanslı arazi örnekleme yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. (a) LANDSAT ETM+ uydu görüntüsü (Path/row: 175/32, tarih: 13 Haziran 2000), (b) görüntüden elde edilen kontrolsüz sınıflar (10 sınıf) ve örnekleme noktaları.

Arazi örneklemelelerinde 0 – 20 cm derinlikten her bir noktadan 1.5 – 2 kg kadar toprak örnekleme yapılmış ve örnekler plastik torbalara konularak etiketlenmiştir. Toprak örnekleri alınırken Soil Survey Manual’de bildirilen esaslar dikkate alınmıştır (Soil Survey Staff, 1951). Örnekleme noktalarının coğrafik referansları Küresel Konumlama Sistemi (GPS) kullanılarak belirlenmiştir. Coğrafik referanslama işlemlerinde, 3 m hassasiyetli bir GPS (Magellan Explorist XL) cihazından faydalanılmıştır. Coğrafik referanslara esas teşkil eden arazi gözlemleri de arazi çalışmaları boyunca kaydedilmiştir. Elde edilen arazi verileri daha sonra Microsoft-Excel’e girilmiştir. Böylece koordinat değerleri ve bu koordinatlardaki ek bilgileri içeren bir XYZ veri tabanı Microsoft-Excel’de oluşturulmuştur. Alınan bu örneklerde elektriksel iletkenlik (EC), pH, tekstür (kum – silt – kil), organik madde, önemli makro elementlerden fosfor (P) ve kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) tayinleri yapılmıştır. Tayin edilen her toprak değişkeni XYZ veri tabanına kaydedilmiştir. Oluşturulan XYZ veri tabanına ait kısa bir kesit Çizelge 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Oluşturulan XYZ veri tabanına ait bir kesit

X		Y	Z						
XGEO	YGEO	NOT	$\text{CaCO}_3$	PH	EC	O. MADDE	AZOT	.....	KUM
38,4370	40,3190	tarla anız	10,800	8,984	418	1,0237	0,039	.....	25,400
38,1679	40,2875	Boş tarla sürülmüş	14,130	9,123	276	1,1922	0,016	.....	28,800
38,1883	40,2824	tarla nadas	20,450	8,720	99	0,6726	0,030	.....	49,500
38,1814	40,1605	Alluvial- tarla nadas	12,910	9,300	83	0,8314	0,024	.....	32,200

## 2.1. Laboratuvar Çalışmaları

Toprak örnekleri, asit ve baz buharının bulunmadığı bir ortamda oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örnekler hava kurusu haline geldikten sonra, 2 mm’lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin kum, kil ve silt yüzdeleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Toprak örneği 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılarak süspansiyon 15 dakikalık aralarla 3 kez karıştırıldıktan ve 15 dakika beklendikten sonra pH cam elektrodlu Neel pH metresi ile belirlenmiştir (Jackson, 1959). Organik madde modifiye Walkley–Black yaş yakma yöntemiyle yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982). Toprak örneklerinin kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik metotla yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Çağlar, 1949). Toplam azot  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ’e çevrilip sonra amonyum borik asit içinde destile edilmiş ve brom gresol green methylyred indikatör karışımı kullanılarak standart  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile titre edilerek % olarak ölçülmüştür (Chapman ve Pratt, 1961). Elverişli fosfor  $\text{NaHCO}_3$  ile ekstrakte edilen çözeltideki P spektrofotometrede mg/kg olarak belirlenmiştir (Olsen ve Dean, 1965). Elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 oranında sulandırılan örneklerin Conductivitymeter ölçümleri ile mikromhos/cm olarak tespit edilmiştir (Richards, 1954).

## 2.2. Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Çalışmada kullanılan ters uzaklık yöntemi (IDW); temel olarak Shepard's Yöntemi (1) olarak bilinen matematiksel fonksiyonu kullanmaktadır (Shepard 1968).

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

$$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^n h_j^{-p}} \quad (2)$$

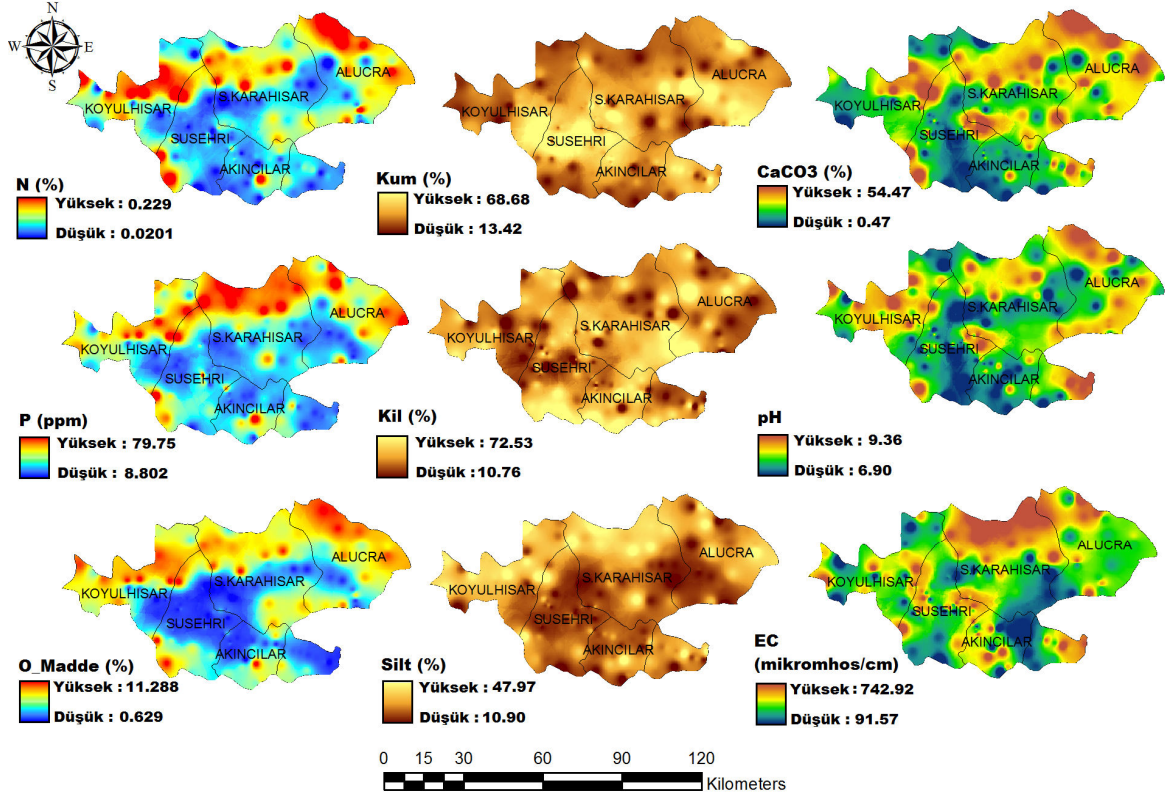
Fonksiyon, tahminde kullanılan ağırlıklar mesafeye ters orantılı olarak mesafenin herhangi bir üssü şeklinde ifade edilir (2). Burada "p" değeri üssü göstermektedir. Ağırlıkları gösteren "w<sub>i</sub>" değerlerinin toplamı ise 1 olmak zorundadır. Fonksiyon bilinmeyen noktanın değerini bilinen noktaların yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken uzak olanlarına daha az ağırlık vererek bulur (Franke ve Nielson, 1980). Matematiksel olarak açıklanmış olan fonksiyon bir CBS yazılımı olan ArcGIS 10.0 ortamında çalıştırılmış ve eldeki veri tabanı bilgileri tek tek hesaplatılarak her bir toprak özelliği için tematik grid haritalar elde edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

Toprak değişkenlerine ait geliştirilen haritalar Şekil 3'de verilmiştir. Orta Kelkit Havzasında toplam azot % 0.229 ile % 0.0201 arasında değişirken; Koyulhisar ilçesinin kuzey, doğu; Şebinkarahisar'ın orta; Aluçra'nın kuzey, doğu ve güneydoğu; Suşehri'nin güneybatı kesimlerinde havzanın diğer bölgelerine göre daha yüksek olarak hesaplanmıştır (Şekil 3). Fosfor miktarları 8.802 ile 79.75 ppm arasında değer almıştır. En yüksek fosfor içerikleri havzanın kuzey hattı boyunca azotla orantılı olarak dağılım göstermiştir. Yine aynı şekilde organik madde değerleri % 0.629 ile % 11.288 değerleri arasında bulunurken hem azot ile hemde fosforla pozitif ilişki olduğu görülmüştür (Şekil 3).

IDW sonuçlarına göre, havzanın elektriksel iletkenlik (EC) değerleri en düşük 91.57 en yüksek 742.92 mikromhoscm<sup>-1</sup> değerleri arasında değişmektedir (Şekil 3). Tüm alanda en yüksek EC değerleri Şebinkarahisar ilçesinin kuzey bölümlerinde bulunmaktadır. Çalışma sonuçları pH değerlerinin 6.90 ile 9.36 arasında olduğunu göstermektedir (Şekil 3). Kireç (CaCO<sub>3</sub>) ise en düşük % 0.47 en yüksek % 54.47 değerleri arasında değişmektedir (Şekil 3). IDW ile oluşturulan tematik haritalara göre Şebinkarahisar ve Aluçra ilçelerinin topraklarının kireç içerikleri yüksek düzeydedir. Yine elde edilen tematik haritalarda kireçle pH arasında pozitif ilişki olduğu görülmektedir (Şekil 3).

Oluşturulan haritalarda tekstür değerlerini incelersek; kum içeriği en düşük % 13.42 en yüksek % 68.68, kil içeriği en düşük % 10.76 en yüksek % 72.53, silt için en düşük değer % 10.90 en yüksek değer % 47.97 aralıklarında değişim göstermektedirler (Şekil 3). Alanın kuzey bölümlerinde % silt yüksek olarak bulunurken, % kum orta kesimlerde % kil tüm alanda dağılım göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. IDW ile oluşturulan tematik haritalar

#### 4. Sonuç

Farklı toprak özelliklerinin belirlenmesi ve yorumlanması toprakların sürdürülebilirliği ve yönetimi konusunda çok önemlidir. Bu tip araştırmalar önemli olmasına karşın geniş alanlarda yapılması yüksek maliyet ve uzun zaman gerektirmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi yapılacak araştırmalarda coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılamadan faydalanılması çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Buna ek olarak bu sistemleri kullanmak çeşitli araştırma konularına temel oluşturabilir. Çalışmada Orta Kelkit Havzası için çeşitli toprak özelliklerini gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur. Üretilen tematik haritalar ile noktasal veriler alansal verilere dönüştürülmüştür. Elde edilen haritalar havzanın genel toprak özellikleri hakkında genel bilgi niteliğinde olup, yapılacak toprak araştırmalarında bölgede karşılaşılabilecek toprak koşulları hakkında ön bilgi sağlamaktadır. Sonuç olarak CBS içindeki mekansal analiz yöntemlerinden biri olan IDW ile ele alınan toprak özelliklerinin haritalanması mümkün olmuştur. Bununla birlikte bu tip haritaların istatistik doğruluğunun belirlenmesi veya modellemeye yönelik yeni metodolojilerin geliştirilmesi gereklidir. Böylece benzer çalışmaların güvenilirliği artırılabilir.

#### Teşekkür

Yazarlar arazi çalışmalarında verdikleri destek ve yardımlar için Yrd. Doç. Dr. Ekrem Buhan ve merhum Prof. Dr. Mustafa Kılıç'a, LANDSAT-7 ETM+ görüntü arşivlerini araştırmacılarla paylaştıkları için Michigan State Üniversitesi'ne ve bu projeyi desteklediği için Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür eder.

## Kaynaklar

- Başayığıt L, Şenol H & Müjdeci M (2008). Isparta ili meyve yetiştirme potansiyeli yüksek alanların bazı temel toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile haritalanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 3(2): 1-10
- Bouyoucos GJ (1951). A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- Chang XG, Jing X & Shen-Siu C (1989). *The Application of Remote Sensing to Grassland Resource Survey of the Counties in China*. Nice, France: Proceedings of XVI International Grassland Congress (pp. 1383-1384).
- Chapman HD & Pratt FP (1961). *Methods of Analysis for Soils, Plant and Water*. Riverside, California: University of California, Division of Agricultural Sciences.
- Çağlar KÖ (1949). *Toprak Bilgisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları (No: 10).
- Dogan HM & Dogan M (2006). A new approach to diversity indices-modeling and mapping plant biodiversity of Nallihan (A3-Ankara) forest ecosystem in frame of geographic information systems. *Biodiversity and Conservation* 15: 855-878.
- Dogan HM (2008). Applications of remote sensing and geographic information systems to assess ferrous minerals and iron oxide of Tokat province in Turkey. *International Journal of Remote Sensing* 29(1): 221-233.
- Franke R & Nielson G (1980). Smooth interpolation of large sets of scattered data. *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 15: 1691-1704.
- Field TRO (1989). *Vegetational Survey of Management Pastures in New Zealand*. Nice, France: Proceedings of XVI International Grassland Congress (pp. 1407-1408).
- Hall-Bayer M & Gwyn QHJ (1997). *Integrating Satellite Images and Species-Based Vegetation Maps to Manage Native Grasslands*. Winnipeg-Manitoba, Canada: Proceedings of XVI International Grassland Congress (pp. 123-124).
- Heuvelink GBM (2006). *Incorporating Process Knowledge in Spatial Interpolation of Environmental Variables*. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences.
- Jackson ML (1958). *Soil Chemical Analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Karaer F (1994). *Kelkit Vadisinin Florası ve Vejetasyonu*. Samsun: 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- KHGM (2002). *Ulusal Toprak Veri Tabanı*. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Lillesand TM & Kiefer RW (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation 4th Ed*. New York USA: John Wiley & Sons Inc.



McGrew JC Jr & Monroe CB (1993). *Statistical Problem Solving in Geography*. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers (pp. 1-254).

Mitchell A (1999). *GIS Analysis, Volume 1*. California: ESRI.

Mon Zan Y (1989). *Using LANDSAT Images for Grassland Mapping in the Inner Mongolia of China*. Nice, France: Proceedings of XVI International Grassland Congress (pp. 1387-1389).

Nelson DW & Sommers LE (1982). *Total Carbon, Organic Carbon, Organic Matter*. In: AL Madison, Editor. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition*. Wisconsin, USA: American Society of Agronomy Inc. (pp. 539-579).

Olsen SR & Dean LA (1965). *Phosphorus*. In: CA Black, Editor. *Methods of Soil Analysis Part 2*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc. (pp. 1035-1049).

Richards LA (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S.A: U.S. Department of Agriculture (Handbook 60).

Shepard D (1968). *A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data*. New York: Proceedings of the 1968 ACM National Conference (pp. 517-524).

Soil Survey Staff (1951). *Soil Survey Manual*. Washington DC, USA: US Department of Agriculture Handbook, US Govern. Print Office, No 18.