

## Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çoklu Karar Verme Tekniği ile Mahallelerin Yerleşime Uygunluğunun Seçimi: Denizli Kenti Örneği

Erdal AKYOL<sup>1</sup>, Mutlu ALKAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070 Denizli

<sup>2</sup>Denizli Büyükşehir Belediyesi, DESKİ Genel Müdürlüğü, 20010 Denizli  
eakyol@pau.edu.tr

Geliş Tarihi:25.07.2014

; Kabul Tarihi:17.11.2014

### Özet

Bilginin olduğu kadar tecrübenin de büyük önemi olan çok kriterli karar verme tekniği (ÇKKVT) birçok belirsizlik ve parametre içeren problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu problemler konumsal bilgiler içerdiğinde CBS destekli çözümler karar sürecinin doğruluğunu ve hızını arttırmaktadır. ÇKKV tekniklerinden birisi olan ağırlıklandırılmış puanlama jeoteknik problemlerin çözümünde de kullanılabilir. Bu çalışmada Denizli Belediyesi sınırları içerisinde kalan mahallelerin jeoteknik açıdan uygunluğu değerlendirilmiştir. Değerlendirmede jeoteknik parametre olarak zemin türü, SPT darbe sayısı, kesme dalgası hızı ve yeraltı su seviyesi kullanılmış ve sonuçlar CBS ile analiz edilmiştir. ÇKKVT sonuçları jeoteknik gözlem ve deneyim ile elde sonuçlara uyumlu çıkmıştır. Kriterler doğru değerlendirildiğinde, yöntem jeoteknik amaçlı mikro bölgelendirme çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılabilir.

### Anahtar kelimeler

“CBS”; “Konumsal Analiz”; “Çok Kriterli Karar Verme”; “Mikro Bölgelendirme”; “Jeoteknik”; “Denizli”

## District Selection for Settlement Suitability Using Geographical Information Systems and Multi Criteria Decision Analysis: Denizli Case

### Abstract

Multi criteria decision analysis (MDCA) covers both data and experience. It is very common to solve the problems with many parameters and uncertainties. GIS supported solutions improve and speed up the decision process. Weighted grading as a MDCA method is employed for solving the geotechnical problems. In this study, the districts of Denizli Municipality are assessed in terms of suitability. The employed geotechnical parameters are namely soil type, SPT (N) blow number, shear wave velocity (Vs) and depth of underground water level (DUWL) and the results are visualized by GIS tools. In terms of geotechnical aspects, the settlement suitability of the municipal area was analyzed by the method. MDCA results were compatible with the geotechnical observations and experience. The method can be employed in geotechnical oriented microzoning studies if the criteria are well evaluated.

### Keywords

“GIS”; “Spatial Analysis”; “Multi Criteria Decision Analysis”; “Microzoning”; “Geotechnics”; “Denizli”

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Küreselleşme sürecinde hızla gelişen iş ve yönetim alanlarında belirsizliklerin artması, karar verme süreçlerini güçleştirmektedir. Bu süreç sezgisel ve analitik olabilir (Saaty, 2000). Karar vermede karşılaşılan zorluklar hem sosyal hem de teknik alanları kapsamakta, doğası gereği birçok belirsizlik ve parametre içermektedir. Birbirinden çok farklı alanlardaki problemlerin çözümünde çok kriterli

karar verme teknikleri (ÇKKVT) oldukça etkin olarak kullanılmaktadır. Tekniğin kullanılabilmesi için en az iki kriter ve iki alternatifin bulunması gerekmektedir. Bunlara göreceli önem değerleri verildiği için, yöntemde bilginin olduğu kadar tecrübenin de büyük önemi vardır. Kullanılan kriterler nitel ve nicel olabilmektedir (Triantaphyllou ve Sanchez, 1997; Malczewski, 1999; Kahraman, 2008; Ho vd., 2010).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan verilerin toplanması, saklanması, analizi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000). Bu nedenle yöntem coğrafi nesnelere ve bunlara ait öznelik bilgilerinin derlenmesi, değerlendirilmesi ve gösterilmesi açısından oldukça etkin ve yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen problemler konumsal bilgiler içerdiğinde CBS kullanmak, verilecek kararların doğruluğunu ve hızını arttıracaktır. Bu nedenle CBS tabanlı çok kriterli karar verme tekniği (KÇKKVT) konumsal planlama ve yönetimde çok yaygın hale gelmiştir (Joerin vd., 2001; Mendoza ve Martins, 2006; Makropoulos ve Butler, 2006; Karnatak vd., 2007; Greene vd., 2011).

KÇKKVT çeşitli jeoteknik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bunlar arasında katı atık yer seçimi (Moeinaddini vd., 2010; Şener vd., 2011), arazi kullanımı ve kentsel planlama (Store ve Kangas, 2001; Dai vd., 2001) ile mikro bölgelendirme ve heyelan (Kolat vd., 2006; Akgün ve Bulut, 2007; Yalcin, 2008) gibi sorunların çözümü bulunmaktadır.

Bu çalışmada KÇKKVT kullanarak Denizli Belediyesi sınırları içerisindeki sahanın jeoteknik açıdan yerleşime uygunluğu analiz edilmiş ve inceleme alanı "çok uygun" ile "hiç uygun değil" arasında değişen beş ayrı gruba ayrılmıştır. Bu sınıflamada laboratuvar ve arazide belirlenen bazı yaygın jeoteknik parametreler dikkate alınmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Denizli Belediyesi sorumluluğunda bulunan mahalleleri kapsamaktadır. Denizli kent merkezi GB Anadolu'daki horst-graben sistemi içerisinde yer almaktadır (Şekil 1A). Şekil 1B'de

görüldüğü gibi, bu yapı içerisinde Neojen ve Kuvaterner çökelleri oldukça geniş yayılıma sahiptir (PAU-JEO, 2002).

İmara esas jeolojik-jeoteknik planların hazırlanmasında çeşitli jeoteknik parametreler kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan jeoteknik parametreler PAU/JEO (2002)'den yararlanılarak oluşturulmuştur. İnceleme alanında farklı uzunluklarda toplam 155 adet jeoteknik sondaj yapılmıştır (Şekil 2). Yapılaşmada temel derinliği iki metre olarak kabul edilmiş ve kullanılan jeoteknik parametreler bu derinlik esas alınarak belirlenmiştir. Çalışmada jeoteknik parametre olarak zemin cinsi, SPT (standart penetrasyon testi) N darbe sayısı, kesme dalgası hızı (Vs) ve yeraltı su seviyesi kullanılmıştır.

Çalışmada ÇKKV yöntemlerinden birisi olan ağırlıklandırılmış puanlama kullanılmıştır. Sonucu belirleyen kriterler belirlendikten sonra kendi aralarında önem derecelerine göre karşılaştırılmıştır. Bunun için her biri, kriterin diğeri ile kıyasladığı ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Her bir kriterin diğerlerine göre önemini gösteren özvektör değerleri ve tutarlılıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin konumsal özelliklerinin gösterimi ve analizinde CBS kullanılmıştır. CBS uygulaması MapInfo® ile yapılmıştır.

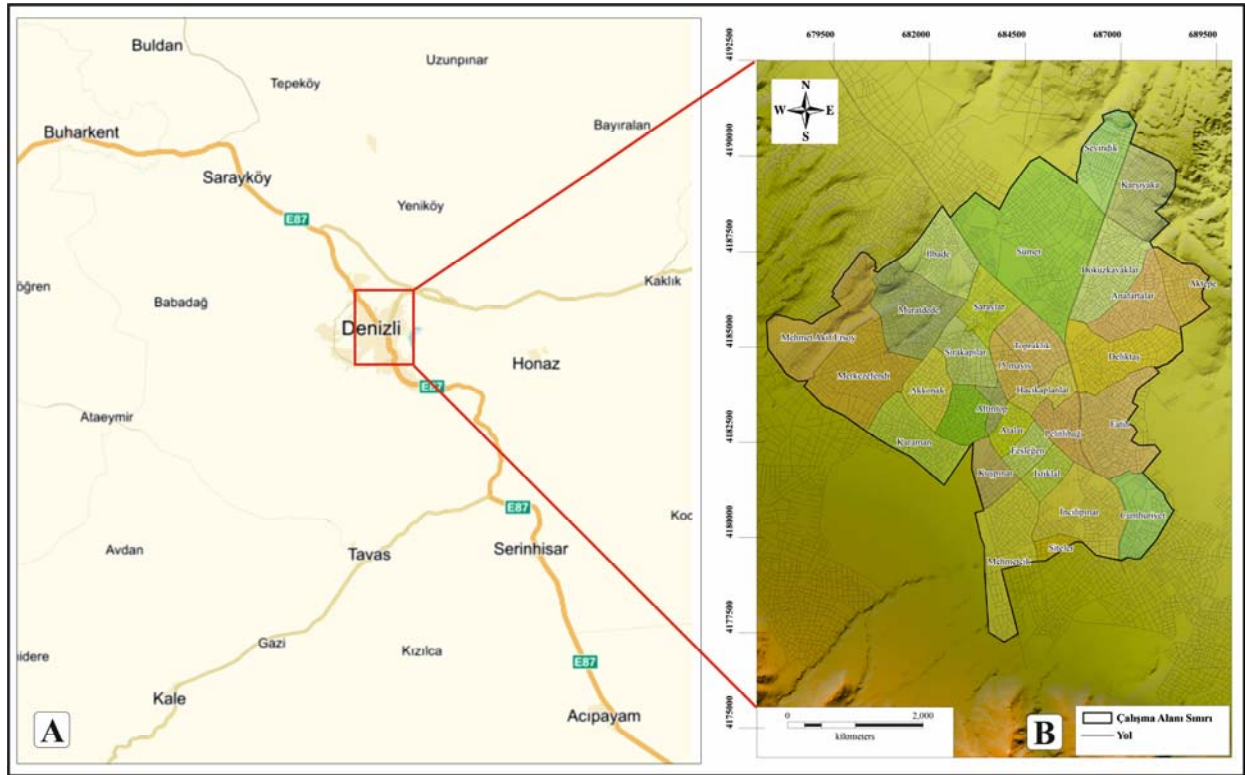
## 3. Yerleşime Uygunluk Analizi

### 3.1. Jeoteknik Parametreler

Bu çalışmada jeoteknik açıdan yerleşime uygunluğu etkileyecek laboratuvar ve arazide ölçülmüş dört parametre belirlenmiştir. Bu parametreler şunlardır:

- i. Zemin cinsi (Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre)
- ii. SPT (N) darbe sayısı

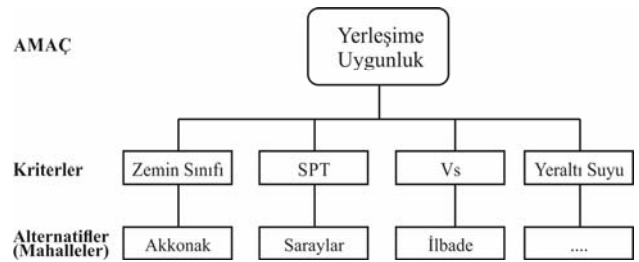
- iii. Kesme dalgası hızı ( $V_s$  – m/sn)
- iv. Yeraltı su seviyesi (YASS – metre)



Şekil 1. İnceleme alanının konumu (A: Yandex Maps) ve mahalle sınırları (B)

Belirlenen parametreler, verilerin standartlaştırılması amacıyla on ayrı gruba ayrılmış ve buna uygun puanlar verilmiştir. Zemin türü, SPT darbe sayısı, kesme dalgası hızı ve yeraltı su seviyesi için belirlenen aralıklar ve puanları sırasıyla Tablo 1, 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Zemin türleri, Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına (BZS) göre gruplandırılmıştır. Puanlama zeminin mekanik özelliklerini yansıtmakta ve yüksek değerler daha iyi değerleri göstermektedir. SPT değerleri 5 eşit aralıkla artmaktadır. Ülkemizde  $N=50$  değeri refü değeri olarak kabul edildiğinden en yüksek puanlama bu değerler için atanmıştır.  $V_s$  hızları 200 m/sn aralıklarla değişmekte olup inceleme alanında 0-200 m/sn aralığında değer ölçülmemiştir. Yeraltı su seviyesi (YASS) bir metre aralıklarla değerlendirilmiştir. Özellikle pratik uygulamalarda yapıyı etkileme ve sıvılaşma riski açısından 10

metre yeraltı su seviyesi eşik değeri olarak kabul edilmiştir. Bu verilerin inceleme alanındaki dağılımları Şekil 3, 4, 5 ve 6'da görülmektedir. Zemin dağılım haritası oluşturulurken Voronoi diyagramı (Şekil 3) diğerleri için Krigging enterpolasyonu kullanılmıştır.



Şekil 2. Çoklu karar verme değerlendirme yapısı

Tablo 1. Zemin türleri ve puanları

BZS	Puan
Pt (turba)	1
OL-OH	2
CL	3
ML-MH	4
SM	5
SC-GC	6
GM	7
SP-GP	8
SW-GW	9
Kaya	10

Tablo 2. SPT ve puanları

SPT	Puan
1-5	1
5-10	2
10-15	3
15-20	4
20-25	5
25-30	6
30-35	7
35-40	8
40-45	9
>45	10

Tablo 3. Kesme dalgası hızı ve puanları

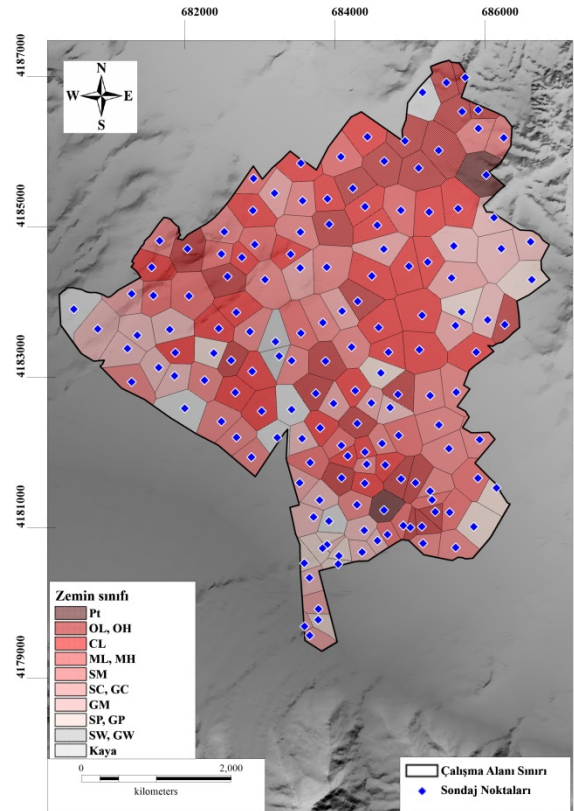
Vs	Puan
0-200	1
201-300	2
301-400	3
401-500	4
501-600	5
601-700	6
701-800	7
801-900	8
901-1000	9
>1000	10

Tablo 4. Yeraltı su seviyesi ve puanları

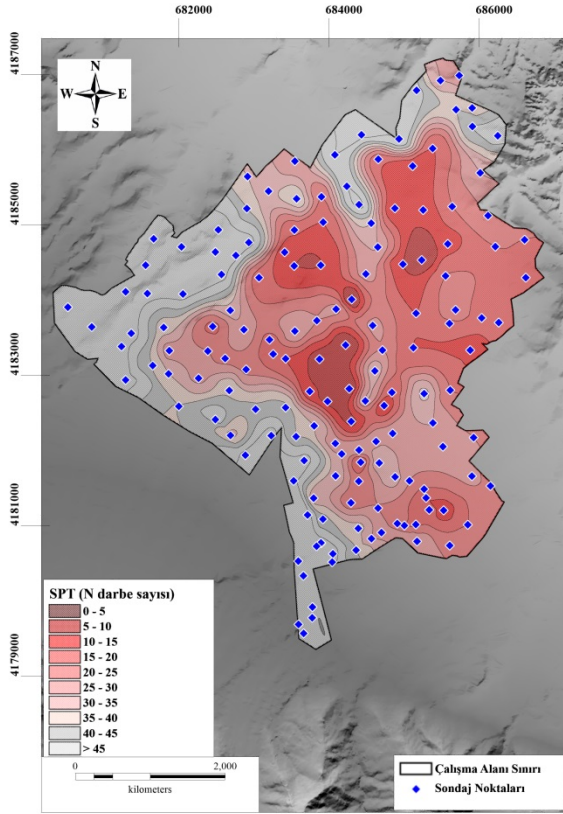
YASS	Puan
0-1	1
1-2	2
2-3	3
3-4	4
4-5	5
5-6	6
6-7	7
7-8	8
8-9	9
>9	10

### 3.2. Parametrelerin Kullanımı

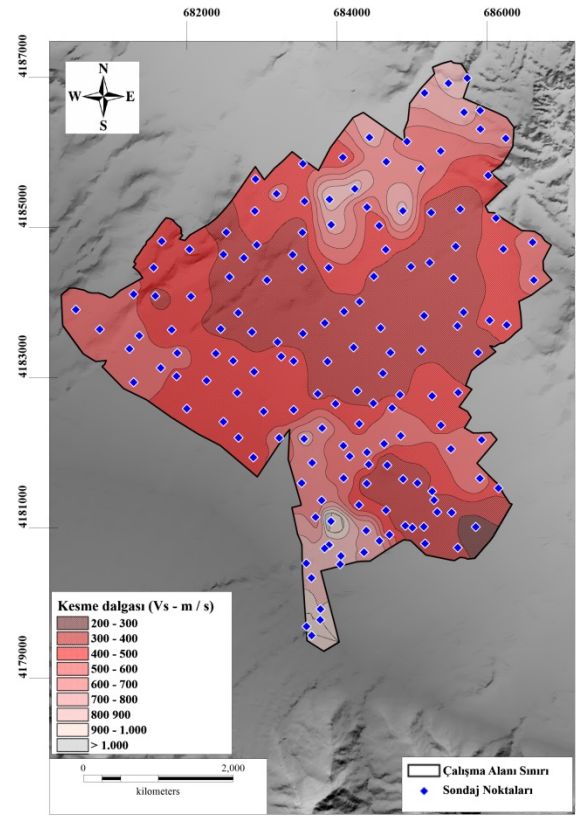
Kriter ağırlıkları, jeoteknik parametrelerin kullanımına göre belirlenip mahallelere uygulanmış ve (Saaty, 1980) tarafından önerilen karar ölçeği kullanılmıştır. Böylece her bir kriterin kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir (Tablo 5). Seçilen ağırlıklar toplamı "normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi" elde edilmiş ve özvektör değeri hesaplanmıştır.



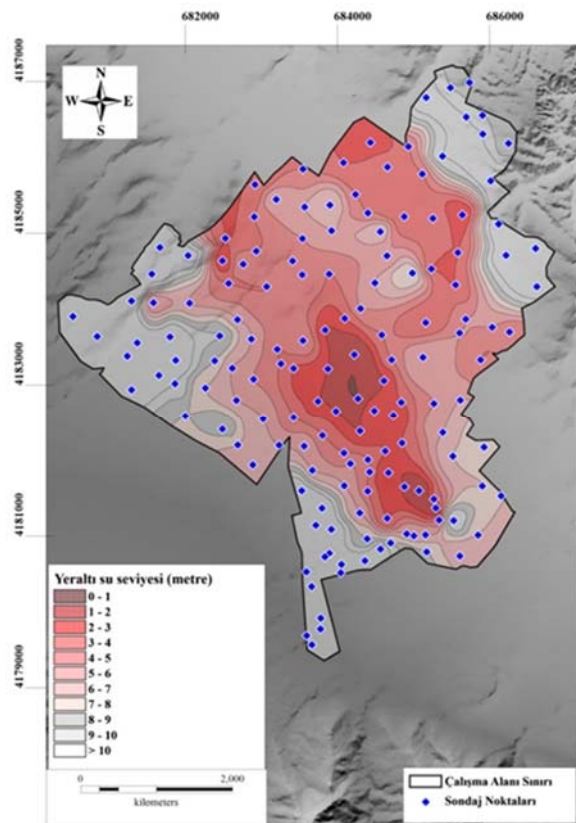
Şekil 3. Zemin türlerinin dağılımı



Şekil 4. SPT/N darbe sayılarının dağılımı



Şekil 5. Kesme dalgası (Vs) hızlarının dağılımı



Şekil 6. Yeraltı su seviyesinin dağılımı

Tablo 5. Kriterlerin kendi aralarındaki ikili karşılaştırma matrisi

	Zemin Cinsi	YASS	SPT	Vs
Zemin Cinsi	1	1/3	1/9	1/5
Y.A.S.S	3	1	1/7	1/3
SPT	9	7	1	3
VS	5	3	1/3	1

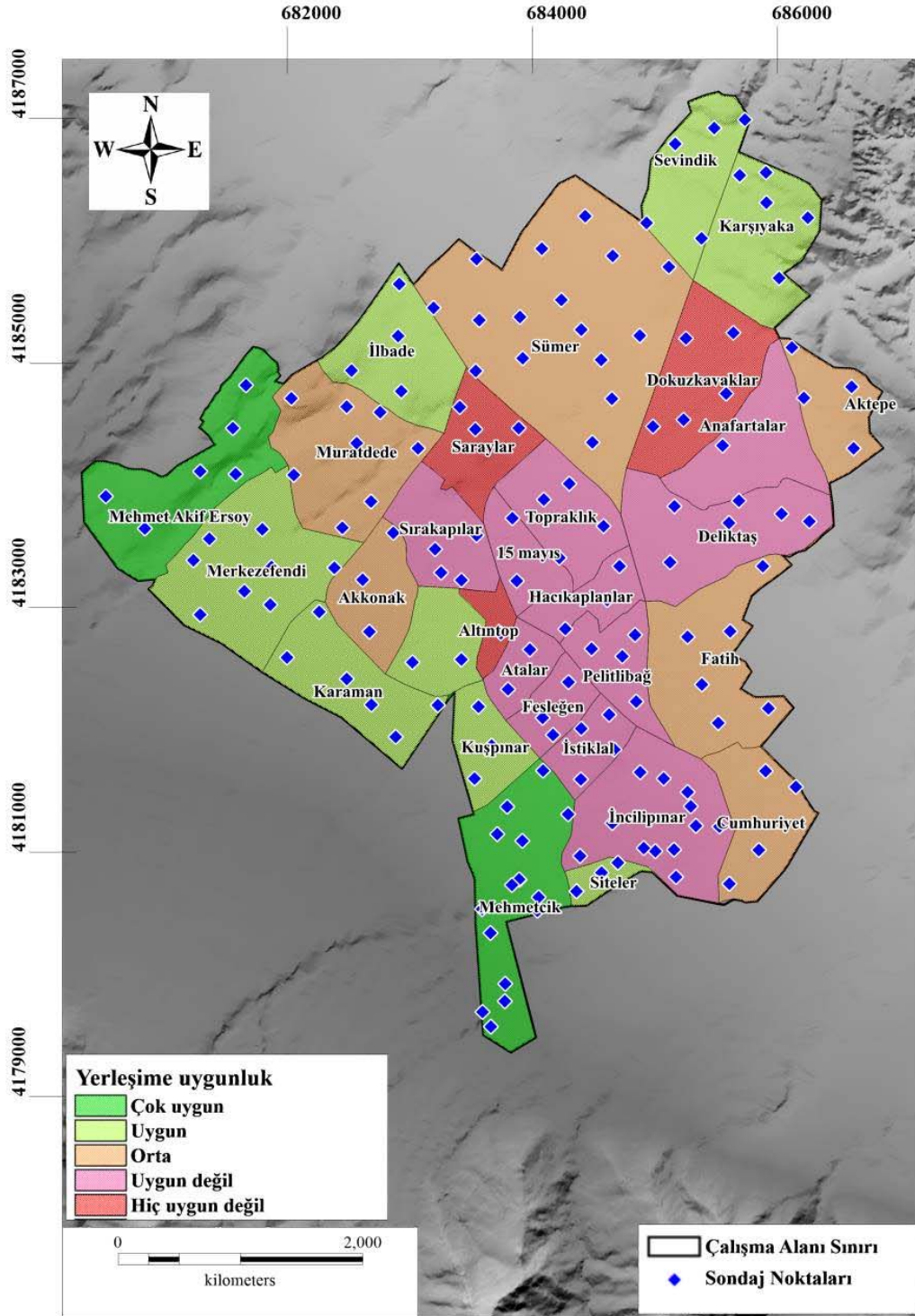
Sonuçların kabul edilebilirliği "Tutarlılık Oranı" (TO) hesaplanarak kontrol edilmiştir. Hesaplanan bu değer için belirlenen üst limit 0,10'dur. Tutarlılık Oranının 0,10'un üzerinde olması durumunda verilen kararın tutarsızlığı söz konusudur ve sonucun tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranının hesaplanması için en büyük özvektör değeri (Maksimum Özdeğer-  $\lambda_{max}$ ) ikili karşılaştırma matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eden Rassallık İndeksi (Ri) tablodan

hesaplanmış ve değerleri 0.9 olarak belirlenmiştir.

Tutarlılık Oranı (TO), tutarlılık indeksinin rassal indekse oranıdır ve 0.033 olarak hesaplanmıştır. Tutarlılık oranının, kabul edilebilir değerler arasında (0-0,10) kaldığı görülmektedir. Her bir kriterin özvektör değeri ile alternatif noktaların o kriter için belirlenen puanlarının çarpılması ile her bir kriterin ağırlıklı değeri elde edilmiştir. Her bir sondaj noktası için elde edilen bu değerler toplanarak o noktanın nihai puanı bulunmuştur. Bu puanlar kullanılarak Krigging enterpolasyon yöntemi kullanılarak yerleşime uygunluk haritası yapılmıştır.

### 3.3. Yerleşime uygunluk

İnceleme alanı sınırları içerisinde kalan mahalleler yerleşime uygunluk açısından "en uygun" ile "hiç uygun değil" aralığında değişen beş gruba ayrılmıştır. Bu değerlerin konumsal dağılımları Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yerleşime uygunluk haritası

Mahallelerin yerleşime uygunluk dağılımı incelendiğinde, yerleşime “çok uygun” ve “uygun” olanlarının inceleme sahasının G-GB ile kuzeyinde

yer aldığı görülmektedir. Geoteknik açıdan değerlendirildiğinde, bu alanlarda yeraltı su seviyesinin yüzeyden oldukça derinde olduğu ve

yüksek taşıma gücüne sahip sıkı birimlerden oluştuğu görülmektedir. Ayrıca jeolojik ve topografik olarak inceleme alanının kuzey ve güneyi tipik bir graben havzası olarak daha kaba taneli ve yükseltinin fazla olduğu ortamı temsil etmektedir. Bu veriler ışığında, ÇKKVT ile elde edilen sonuçların tutarlı olduğu görülmektedir. Bunun aksine inceleme alanının orta kesimlerinin düşük kotlu olduğu ve buna bağlı olarak yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olup ve ince taneli gevşek malzemelerden oluştuğu bilinmektedir. Buna paralel olarak bu alanlar yerleşime “uygun değil” veya “hiç uygun değil” olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla ÇKKVT ile elde edilen sonuçların ile geoteknik gözlem ve deneyim ile varılan sonuçlarla birbirine uyumludur.

#### 4. Sonuçlar

ÇKKVT birçok belirsizlik ve parametre içeren problemlerin çözümünde yaygın bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Yöntemde bilginin olduğu kadar tecrübenin de büyük önemi vardır. Bu problemler konumsal bilgiler içerdiğinde CBS kullanılarak doğru ve hızlı kararların alınmasını sağlamaktadır. KÇKKVT çeşitli jeoteknik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada jeoteknik parametreler olarak zemin türü, SPT darbe sayısı, kesme dalgası hızı ve yeraltı su seviyesi kullanılmıştır. Denizli Belediyesi sınırları içerisindeki mahallelerin KÇKKVT ile geoteknik açıdan yerleşime uygunluğu analiz edilerek “*en uygun*” ile “*hiç uygun değil*” aralığında değişen beş gruba ayrılmıştır. Mahallelerin yerleşime uygunluk dağılımı incelendiğinde, yerleşime “çok uygun” ve “uygun” olanlarının inceleme sahasının G-GB ile kuzeyinde yer aldığı, bu mahallelerin de geoteknik açıdan derin yeraltı su seviyesine sahip ve yüksek taşıma gücüne sahip sıkı birimlerden oluştuğu görülmektedir. Bunun aksine inceleme alanının orta kesimlerinin yüksek yeraltı su seviyesine sahip ve ince taneli gevşek malzemelerden oluştuğu görülmektedir. Buna paralel olarak bu mahalleler ÇKKVT ile yerleşime “uygun değil” veya “hiç uygun

değil” olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla ÇKKVT ile elde edilen sonuçların geoteknik gözlem ve deneyim ile varılan sonuçlara uyumlu oldukları görülmektedir.

Sonuç olarak, yöntem imara esas geoteknik değerlendirmelerde kullanılabilir.

#### Teşekkür

Makaledeki katkılarından dolayı editör ve hakemlere teşekkür ediyoruz.

#### Kaynaklar

- Akgün A. and Bulut F., 2007. GIS-based landslide susceptibility for Arsin-Yomra (Trabzon, North Turkey) region, *Environ. Geol.* 51, 1377–1387.
- Dai F.C., Lee C.F. and Zhang X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study, *Engineering Geology*, 61/4, 257–271.
- Greene R., Devillers R., Luther J. E., and Eddy B. G., 2011. GIS-based multiple-criteria decision analysis, *Geography Compass*, 5/6, 412–432.
- Ho W., Xu X. and Dey P.K., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review, *European Journal of Operational Research*, 202/1, 16–24.
- Joerin, F., Theriault M. and Musy A., 2001. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment, *Int. Journal of Geographical Information Science*, 15(2), 153-174.
- Kahraman C., 2008, Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments, Springer, New York.
- Karnatak, H. C., Saran S., Bhatia K. and Roy P. S., 2007. Multicriteria spatial decision analysis in



- web GIS environment, *Geoinformatica*, **11**, 407–429.
- Kolat Ç., Doyuran V., Ayday C. and Süzen M.L., 2006. Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on Multicriteria Decision Analysis, *Engineering Geology*, **87/3–4**, 241–255.
- Makropoulos C.K. and Butler D., 2006. Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making, *Environmental Modelling & Software*, **21/1**, 69–84.
- Malczewski J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis, Wiley & Sons, Toronto.
- Mendoza G.A. and H. Martins, 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms, *Forest Ecology and Management*, **230/1–3**, 1–22,
- Moeinaddini M., Khorasani N., Danehkar A., Darvishsefat A.A. and Zienalyan M., 2010. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj), *Waste Management*, **30/5**, 912–920.
- PAU-JEO, 2002. Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri, Rapor, Pamukkale Üniversitesi.
- Saaty T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L., 2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, RWS Pub., Pittsburgh.
- Sener S., Sener E. and Karagüzel R., 2011. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey, *Environ. Monit. Assess.*, **173**, 533–554,
- Store R. and Kangas K., 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling”, *Landscape and Urban Planning*, **55/2**, 79–93.
- Triantaphyllou E. and Sanchez A., 1997. A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods, *Decision Sciences*, **28/1**, 151-194.
- Yalcin A., 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations, *Catena*, **72/1**, 1–12.
- Yomralioğlu T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademi Kitabevi, Trabzon