

Mekânsal Karar Problemleri İçin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Çok Ölçütlü Karar Analizinin Bütünleştirilmesi: TOPSIS Yöntemi

Derya Öztürk

Onokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, 55139 Samsun. dozturk@omu.edu.tr

Fatmagül Kılıç

Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 İstanbul. fkilic@yildiz.edu.tr

Öz: Mekânsal Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA), belirli değerlendirme ölçütlerine dayalı olarak mekânsal alternatifler arasından seçim yapmayı kapsayan bir süreçtir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), kullanıcılara her ne kadar mekânsal analiz ve veri görselleştirme konularında çok geniş seçenekler sunsa da, karmaşık karar problemlerinin çözümünde sınırlı yeteneklere sahiptir. Bundan dolayı karmaşık mekânsal karar problemlerinin çözümünde CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi (C-ÇÖKA) yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu bildiri, en yaygın kullanılan ÇÖKA yöntemlerinden biri olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution: İdeal Çözüme Yakınlığa Dayalı Sıralama Tekniği) konusuna odaklanmıştır. ÇÖKA ile ilgili teorik bilgiler verilerek CBS ve TOPSIS yönteminin entegrasyonuna yönelik bir uygulama Samsun-Atakum'da Kültür Merkezi için yer seçimi problemi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemi, Çok Ölçütlü Karar Analizi, TOPSIS, yer seçimi

Giriş

Karar verme, birden daha fazla sayıda seçenek arasından bir veya daha fazla ölçüte göre karşılaştırma yapılarak bir sonucun elde edilmesidir (Marinoni, 2004). Ancak, çok sayıda faktörün değerlendirmeye katılması ve seçenek sayısının çok fazla olması durumunda karar probleminin çözümü oldukça güçleşmektedir. Bugün modern bilim ve teknoloji, karmaşık karar problemleri için hızlı ve güvenilir çözüm yolları sunmaktadır. Yöneylem araştırması, yönetim bilimi ve istatistik gibi bilimsel disiplinlerin gelişimi ve bunların bilgisayarlarla entegrasyonu bir problem için en iyi kararın alınmasında yardımcı olmaktadır. Doğrusal programlama, dinamik programlama, hipotez testleri, envanter kontrolü, sıralama sistemlerinin optimizasyonu ve Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemlerinin tamamında en iyi karar ya da çözüm araştırılır (Triantaphyllou, 2000).

Karar problemleri ele alındığında, birçok karar probleminin mekânsal verilerle ilgili olduğu söylenebilir. Örneğin planlama, afet risk değerlendirmesi ve doğal kaynak yönetimi gibi birçok karar problemi, mekânsal verilere dayalıdır. Mekânsal veri ve bilgi gerektiren karar problemleri *mekânsal karar problemleri* olarak adlandırılır. Mekânsal karar problemleri genellikle çok sayıda seçeneğin birçok ölçüte göre değerlendirilmesini gerektirir. Bu nedenle ÇÖKA mekânsal karar problemlerinde etkin çözümler sağlamaktadır (Massam, 1980; Rajabifard, Feeney ve Williamson, 2003). Mekânsal karar problemlerinin çözümü coğrafi bileşeni nedeniyle klasik ÇÖKA tekniklerinden önemli bir farklılık gösterir. Mekânsal problemlerin çözümünde her bir seçeneğin hem coğrafi konumu hem de her ölçüt için değeri gereklidir. Bundan dolayı mekânsal karar problemlerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve ÇÖKA teknikleri birlikte kullanılır (Malczewski, 1999a).

Bu çalışmada; mekânsal karar problemlerinin çözümünde CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizinin (C-ÇÖKA) kullanılmasına ilişkin temel işlem adımları ve kavramlar özetlenerek, gerek kentsel gerekse kırsal planlamanın en önemli konularından biri olan "*yer seçimi*" probleminde bir C-ÇÖKA uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Samsun-Atakum'da Kültür Merkezi için yer seçimi problemi ele alınmış ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution: İdeal Çözüme Yakınlığa Dayalı Sıralama Tekniği) kullanılarak karar analizi gerçekleştirilmiştir.

CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi

Karar analizi, karmaşık karar problemlerinin matematiksel modelinin ortaya konularak, sistematik işlemler ve istatistiksel irdemelerle çözümlenmesi olarak tanımlanabilir (Malczewski, 1999a; 1999b). Karar analizlerinde temel

yöntem; problemi küçük, anlaşılabilir parçalara ayırmak ve bu parçaları anlamlı bir çözüm üretmek için mantıksal yollarla entegre etmektir (Malczewski, 1999b).

Simon'a (1960) göre bir karar problemi başlıca dört aşamada yapılandırılmaktadır. Bunlar; bilgi toplama (karar analizi için gerekli verilerin toplanması), tasarım (olası seçeneklerin bulunması), seçim (seçenekler arasında en uygun olanının seçilmesi) ve uygulama (analizde elde edilen önerinin kullanılması) aşamalarıdır (Simon, 1960; Malczewski, 1999a).

Karar problemi, birden daha fazla sayıda faktörün bir arada değerlendirilmesini gerektiriyorsa, ÇÖKA problemidir. ÇÖKA problemleri genel olarak altı bileşenden oluşur. Bunlar; karar vericinin/vericilerin amacı/amaçları, karar verici/karar verici grubu, değerlendirme ölçütleri (amaçlar/öznitelikler), karar seçenekleri, kısıtlar ve sonuçlar'dır (Malczewski, 1999b).

ÇÖKA; problemin tanımı, probleme ilişkin ölçütlerin belirlenmesi ve seçeneklerin ölçütlere uygunluğunun saptanması işlemleri ile gerçekleştirilir (Malczewski, 1999a).

Mekânsal karar problemlerinde coğrafi veriler kullanıldığından ÇÖKA işlemleri CBS ile entegre edilerek gerçekleştirilir. C-ÇÖKA, coğrafi ve coğrafi olmayan verilerin bir sonuç kararı için bir arada değerlendirilmesi işlemi olarak düşünülebilir. C-ÇÖKA, coğrafi verilerin kullanılmasını, karar vericinin tercihlerini ve belirli bir karar kuralına göre verilerin ve tercihlerin düzenlenmesini kapsar. C-ÇÖKA süreci en genel şekliyle karar probleminin tanımlanması, değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi, ölçüt katmanlarının hazırlanması ve normalleştirilmesi, ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ve karar analizinin uygulanması adımlarından oluşmaktadır (Şekil 1) (Malczewski, 1999b).

C-ÇÖKA Probleminin Tanımlanması

Bir karar analizi, problemin kavranması ve tanımlanması ile başlar. Problemin tanımlanması; karar koşullarının araştırılması, verilerin temini ve işlenmesi adımlarından oluşur (Simon, 1960; Malczewski, 1999b). Bu aşamada, problem ayrıntılı olarak ele alınarak problemin nasıl ve hangi yöntemlerle çözüleceği ortaya konulur, problemin çözümü için gerekli veriler ve bu verilerin niteliği saptanır (Malczewski, 1999a).

Değerlendirme Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Ölçüt Katmanlarının Normalleştirilmesi

Karar analizinde problem tanımlandıktan sonra, değerlendirme ölçütleri belirlenir. Ölçütler karar probleminin amaçlarını karşılayabilecek kapsamda olmalı, anlaşılabilir ya da belirsiz olmamalıdır (Keeney ve Raiffa, 1976; Malczewski, 1999a; 1999b; Rashed ve Weeks, 2003).

C-ÇÖKA problemlerinde, değerlendirme ölçütleri belirlendikten sonra bu ölçütler CBS katmanları şeklinde hazırlanır. Ölçüt katmanlarının farklı ölçü birimlerinde olması söz konusuysa, bu katmanların birbirleriyle karşılaştırılabilir biçimde normalleştirilmesi gerekir. Ölçüt katmanlarının normalleştirilmesinde Doğrusal Ölçek Dönüşümü, Değer/Fayda fonksiyonu ve Bulanık Mantık yaklaşımları kullanılmaktadır (Malczewski, 1999a; 1999b).

Doğrusal Ölçek Dönüşümü ölçüt katmanlarının normalleştirilmesinde yaygın olarak kullanılan deterministik bir yöntemdir. Çok sayıda Doğrusal Ölçek Dönüşümü yöntemi bulunmaktadır. Bunlar arasında en sık kullanılanları En Büyük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü ve En Büyük ve En Küçük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü yaklaşımlarıdır (Voogd, 1983; Massam, 1988; Malczewski, 1999a).

Ölçüt Ağırlıklarının Belirlenmesi

Ölçütler karar vericiler için farklı ağırlıklarda olabilir. Ağırlık verme işlemi, genelde her bir ölçüte diğer ölçütlere göre bağıl önemini gösteren bir ağırlığın atanmasıyla gerçekleştirilir (Malczewski, 1999a).

Ağırlıklar genelde toplamı 1 olacak şekilde normalleştirilir. n adet ölçüt olması durumunda ağırlıkların (w) kümesi:

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n), \sum w_j = 1 \quad (1)$$

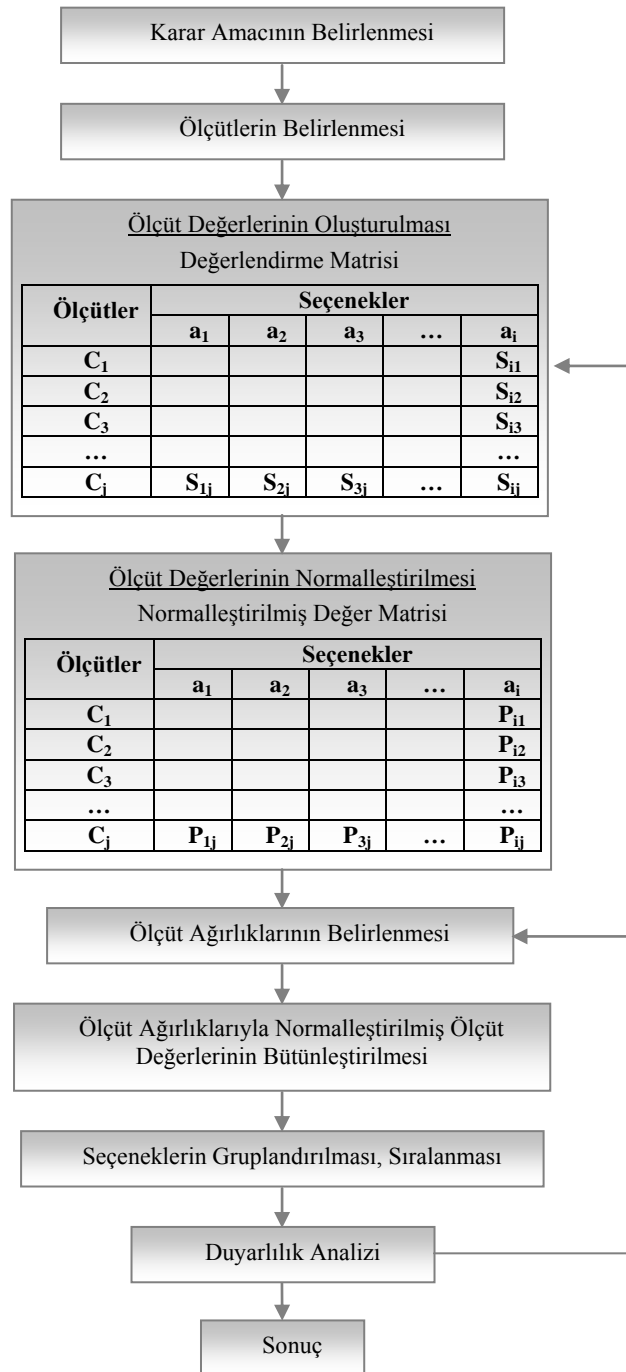
olarak tanımlanır.

Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; Sıralama, Puanlama ve İkili Karşılaştırmadır. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ÇÖKA'nın en önemli adımlarından biridir. Ağırlıklar analiz sonucunu doğrudan etkileyeceğinden ağırlık belirleme işleminde çok özen gösterilmesi gerekmektedir (Malczewski, 1999a).

Karar Analizi

CBS ile entegre edilebilen birçok ÇÖKA yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemlerden başlıcaları; Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme), Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Değer/Fayda Fonksiyonu Yaklaşımı, İdeal Nokta Yöntemi, Uyum Yöntemi, Bulanık Mantık İşlemi, Bulanık Ağırlıklı

Toplam Yöntemi ve Sıralı Ağırlıklı Ortalamadır (Triantaphyllou ve Mann, 1989; Malczewski, 1999a; Proctor ve Qureshi, 2005).



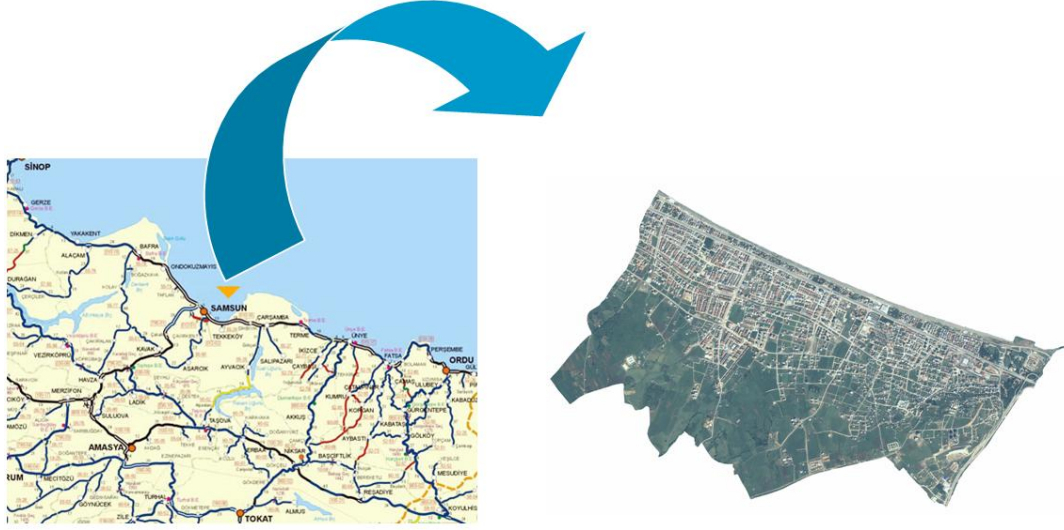
Şekil 1. C-ÇÖKA uygulama adımları (Jankowski, 1995)

Uygulama: Samsun-Atakum'da Kültür Merkezi İçin Yer Seçimi

Planlamanın temel amacı; çarpık ve düzensiz büyümeyi engellemek, kentsel ve kırsal gelişimi planlamak ve kontrol etmek, etkili arazi kullanım politikaları geliştirmek, alt yapıyı projelendirmek, gelecekteki talepleri de tahmin ederek istihdam, konut, ticaret, ulaşım, eğitim, kamu servisleri, aktif ve pasif rekreasyon alanlarının uygun yerlere dağılımını sağlamaktır. Bu kapsamda, yer seçimi problemleri gerek kentsel gerekse kırsal planlamanın en önemli konularından biridir. Yer seçimi, mevcut ve gelecekteki gereksinimler göz önünde bulundurularak en optimal şekilde gerçekleştirilmelidir.

Teknolojik gelişmelerle birlikte CBS, günümüzde verilerden bilgi elde etme ve karar verme süreçlerinde vazgeçilmez bir araç olmuştur. CBS ve ÇÖKA'nın birlikte kullanılması mekânsal karar problemlerinin daha hızlı ve daha doğru çözümüne olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Samsun ilinin en yüksek nüfus artış hızına sahip ilçesi Atakum'da (Şekil 2) Kültür Merkezi için yer seçimi probleminde ÇÖKA yöntemlerinden biri olan TOPSIS yöntemi kullanılarak karar analizi gerçekleştirilmiştir. Bölgesel eğilimler dikkate alınarak Samsun-Atakum'da Kültür Merkezi yeri seçimi için değerlendirme ölçütleri; (i) anayollara yakınlık, (ii) tramvay duraklarına yakınlık, (iii) ticaret ve alışveriş merkezlerine yakınlık, (iv) eğlence merkezi ve rekreasyon alanlarına yakınlık ve (v) otel ve misafirhanelere yakınlık olarak belirlenmiştir. Ölçüt ağırlıkları (Tablo 1) ve her ölçüt için seçenek değerlerinin (Tablo 2) belirlenmesinde puanlama yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı

Puanlama yönteminde, karar vericilerin daha önce tanımlanmış bir sayısal aralık temelinde değerlendirme yapması gerekir. Bunun için örnek olarak 0-100, 0-10 vb. aralıklar kullanılabilir (Malczewski, 1999a; Thomas, Ulrich ve Schlenzig, 2001). Bu yöntemde ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde ölçütler önemine göre göreceli olarak puanlandırılır. Ölçüt ağırlıklarını toplamı 1 olacak şekilde düzenlemek için her ölçüt için verilen puan toplam puana bölünür (Malczewski, 1999a). Her ölçüt için seçeneklerin puanlandırılmasında da benzer yaklaşım kullanılır. Seçenekler belirlenen bir aralık temelinde puanlandırılır. Ancak burada toplam değer 1 olacak şekilde bir düzenleme yapılmaz.

Tablo 1. Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi

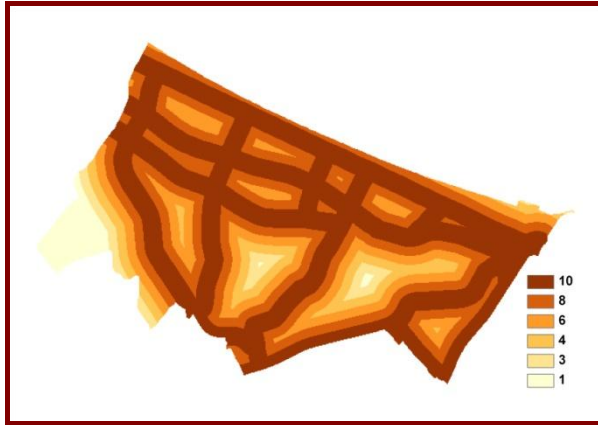
Ölçüt	Puan	Ağırlık
Anayollara yakınlık	10	0,27
Tramvay duraklarına yakınlık	9	0,24
Eğlence merkezi ve rekreasyon alanlarına yakınlık	7	0,19
Otel ve misafirhanelere yakınlık	6	0,16
Ticaret ve alışveriş merkezlerine yakınlık	5	0,14
Toplam	37	1,00

Tablo 2. Seçeneklerin puanlandırılması

Anayollara yakınlık	Puan	Tramvay duraklarına yakınlık	Puan	Eğlence merkezi ve rekreasyon alanlarına yakınlık	Puan
0-100 m	10	0-100 m	10	0-250 m	10
100-200 m	8	100-200 m	9	250-500 m	7
200-300 m	6	200-300 m	8	500-1000 m	4
300-400 m	4	300-400 m	6	> 1000 m	1
400-500 m	3	400-500 m	4		
>500 m	1	>500 m	1		

Otel ve misafirhanelere yakınlık	Puan	Ticaret ve alışveriş merkezlerine yakınlık	Puan
0-250 m	10	0-250 m	10
250-500 m	7	250-500 m	7
500-1000 m	4	500-1000 m	4
> 1000 m	1	> 1000 m	1

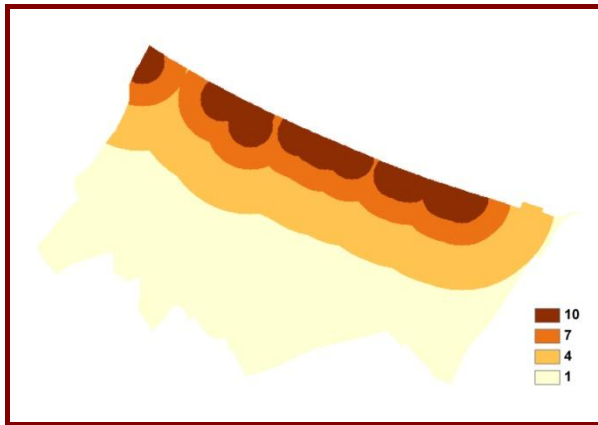
Ölçüt katmanlarının hazırlanmasında 1/1000-ölçekli halihazır haritalar ve imar planları kullanılmıştır. Ölçüt katmanları ArcGIS 9.2 yazılımında *straight line distance* fonksiyonu ile yaratılmış ve Tablo 2’de belirlenen değerlere göre yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 3).



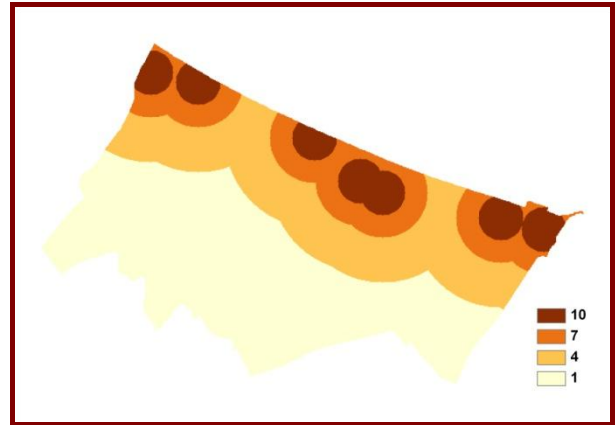
i. Anayollara yakınlık



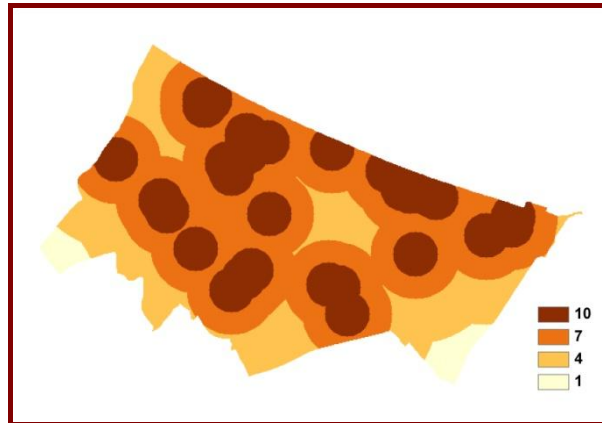
ii. Tramvay duraklarına yakınlık



iii. Eğlence merkezi ve rekreasyon alanlarına yakınlık



iv. Otel ve misafirhanelere yakınlık



v. Ticaret ve alışveriş merkezlerine yakınlık

Şekil 3. Ölçüt katmanları

Kültür Merkezi için potansiyel alanların belirlenmesinde ölçüt katmanları ve ağırlıklar kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS, en yaygın kullanılan ideal nokta yöntemlerinden biridir (Malczewski, 1999a).

CBS Tabanlı İdeal Nokta Yöntemleri genel olarak; olası seçeneklerin belirlenmesi, ölçüt katmanlarının normalleştirilmesi, her ölçüte atanacak ağırlıkların belirlenmesi, normalleştirilmiş ölçüt katman değerlerinin ilgili ağırlıklarla çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş katmanların elde edilmesi, ağırlıklı normalleştirilmiş katmanların her biri için maksimum değerin belirlenmesi (en büyük değer ideal noktayı belirler), ağırlıklı normalleştirilmiş katmanların her biri için en küçük değerin belirlenmesi (en küçük değer negatif ideal noktayı belirler), bir ayırım (uzaklık) ölçüsü kullanarak, ideal nokta (pozitif ideal nokta) ile seçenekler arasındaki uzaklıkların belirlenmesi, aynı ayırım ölçüsünü kullanarak negatif ideal nokta ile seçenekler arasındaki uzaklıkların belirlenmesi, ideal noktaya bağlı yakınlığın hesaplanması ve seçeneklerin ideal noktaya göre azalan düzende sıralanması adımlarından oluşur (Malczewski, 1999a).

İdeal nokta yöntemleri hem raster hem vektör veriler için uygulanabilir olmasına rağmen özellikle raster CBS için çok daha uygundur (mDSS4, 2008). İdeal nokta yönteminde seçenekler bir ideal noktadan ayrılışlarına göre sıralanır. İdeal nokta en çok istenen, ağırlıklı, varsayımsal seçenek olarak tanımlanır. İdeal noktaya en yakın seçenek, en iyi seçenektir. Bu ayırım metrik uzaklık ile ölçülür (Janssen, 1992; Malczewski, 1997).

Pozitif ideal nokta ağırlıklandırılmış değerlerin en büyüğü, negatif ideal nokta ağırlıklandırılmış değerlerin en küçüğüdür (mDSS4, 2008). Pozitif ve negatif ideal noktaya olan mesafeler en genel şekilde aşağıdaki gibi ifade edilir (Malczewski, 1999a):

$$s_{i+} = \left[\sum_{j=1}^n w_j^p (u_{ij} - u_{+j})^p \right]^{1/p} \quad (2)$$

$$s_{i-} = \left[\sum_{j=1}^n w_j^p (u_{ij} - u_{-j})^p \right]^{1/p} \quad (3)$$

Bağıntılarda;

s_{i+} : İdeal noktadan i . seçeneğin uzaklığı

s_{i-} : Negatif ideal noktadan i . seçeneğin uzaklığı

w_j : j . ölçütün ağırlığı

u_{ij} : i . seçeneğin j . ölçütü için normalleştirilmiş değeri

u_{+i} : j . ölçüt için ideal nokta değeri

u_{-i} : j . ölçüt için negatif ideal nokta değeridir.

TOPSIS yönteminde pozitif ve negatif ideal noktalardan olan uzaklıklar;

$$s_{i+} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{+j})^2 \right]^{0.5} \quad (4)$$

$$s_{i-} = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_{-j})^2 \right]^{0.5} \quad (5)$$

bağıntılarıyla hesaplanır.

v_{ij} : i . seçeneğin j . ölçütü için normalleştirilmiş değerinin ağırlıkla çarpılarak elde edilen değeri

İdeal çözüme (c_{i+}) bağlı yakınlık;

$$c_{i+} = \frac{s_{i-}}{s_{i+} + s_{i-}} \quad (6)$$

ile hesaplanır (Malczewski, 1999a; mDSS4, 2008).

Çalışmada TOPSIS yöntemiyle karar analizinin gerçekleştirilmesinde ArcGIS 9.2'de VB dilinde geliştirilen ÇÖKA arayüzü kullanılmıştır (Öztürk, 2009). TOPSIS yöntemiyle elde edilen analiz sonuçlarını sınıflandırmak için ArcGIS 9.2 yazılımında eşit aralıklı sınıflandırma (*equal interval classification*) fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4. TOPSIS yöntemine göre Samsun-Atakum Kültür Merkezi için en uygun yer seçimi

TOPSIS yöntemine göre, 0.000-0.875 aralığında elde edilen sonuçlar, eşit aralıklı 5 adet sınıf altında (0.700-0.875, 0.525-0.700, 0.350-0.525, 0.175-0.350, 0.000-0.175) gruplandırılmıştır (Şekil 4). Analiz katmanına göre yüksek değerli alanlar, seçilen ölçütlere göre Kültür Merkezi yeri için en uygun alanları, düşük değerli alanlar ise uygun olmayan bölgeleri göstermektedir. Buna göre, 0.700-0.875 değerleri arasındaki alanlar Kültür Merkezi için birinci öncelikli uygun yerler olarak tespit edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Arazi kullanımına ilişkin kararların verilmesi nüfus artışıyla birlikte yeni alan ve kaynaklara olan talebin de artmasıyla günümüzde daha da zorlaşmakta ve giderek kritik bir hal almaktadır. Azalan kaynaklardan dolayı planlama ve yer seçiminde artık daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Doğru karar stratejilerinin geliştirilebilmesi için, en başta problemin net olarak tanımlanması ve etken faktörlerin her birinin değerlendirmeye alınması gerekir. Ancak karmaşık karar problemleri için faktör sayısının artması ve çok sayıda seçenek arasından değerlendirme yapmak zorunda kalınması karar probleminin çözümünü oldukça güçleştirmektedir. Bu nedenle klasik yaklaşımlarla bir ya da birkaç faktöre bağlı olarak çözüm üretmek artık günümüzde doğru ve geçerli kabul edebileceğimiz bir yaklaşım değildir. Mekânsal karar problemleri yapısı gereği genellikle kompleks bir özellik göstermektedir. Bu nedenle yer seçimi ve planlama başta olmak üzere afet risk değerlendirmesi, kaynak yönetimi vb. gibi birçok konudaki karar verme sürecinde CBS Tabanlı ÇÖKA, hızlı ve etkin çözüm yolları sağlayacaktır.

Kaynakça

- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 9(3), 251-273.
- Janssen, R. (1992). *Multiobjective decision support for environmental management*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- Keeney, R.L. ve Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*. New York: Wiley.
- Malczewski, J. (1997). Propagation of errors in multicriteria location analysis: A case study. G. Fandel ve T. Gal (Ed.) (*Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol. 448: *Multiple Criteria Decision Making: Proceedings of the 12th International Conference Hagen (Germany)*) içinde (s. 154-165). Hagen: Springer-Verlag.
- Malczewski, J. (1999a). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: Wiley.
- Malczewski, J. (1999b). Spatial multicriteria decision analysis, part 1 in decision making and analysis: A geographic information sciences approach. New York: Wiley.
- Marinoni, O. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 30(6), 637-646.
- Massam, B.H. (1980). *Spatial search: Applications to planning problems in the public sector*. Oxford: Pergamon Press.
- Massam, B.H. (1988). Multi-criteria Decision Making (MCDM) techniques in planning. *Progress in Planning*, (30)1, 1-84.
- mDSS4, (2008). *Decision methods*. 11 Kasım 2011 tarihinde <http://www.netsymod.eu/mdss/> adresinden erişildi.

- Öztürk, D. (2009). *CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi yöntemleri ile sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi: Güney Marmara Havzası örneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Proctor, W. ve Qureshi, E. (2005). Multi-criteria evaluation revisited, *Conference Proceedings: Ecological Economics in Action, Australia New Zealand Society for Ecological Economics*. Massey University, Palmerston North, New Zealand. 19 Temmuz 2012 tarihinde http://www.dss.dpem.tuc.gr/pdf/proctor_multi-criteria_evaluation.pdf adresinden erişildi.
- Rajabifard, A., Feeney, M-E.F. ve Williamson, I. (2003). Spatial data infrastructures: Concepts, nature and SDI hierarchy. I. Williamson, A. Rajabifard ve M-E.F. Feeney (Ed.). *Developing spatial data infrastructures: From concept to reality* içinde (s. 17-42). New York: Taylor & Francis Group.
- Rashed, T. ve Weeks, J. (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), 547-576.
- Simon, H.A. (1960). *The new science of management decision*. New York: Prentice Hall.
- Thomas, F., Ulrich, S. ve Schlenzig, C. (2001). *Ranking methodologies for sustainable development and CDM projects checklists*. Final Project Document. 9 Temmuz 2012 tarihinde http://cdmsusac.energyprojects.net/Links/general_docs/ranking_methods_for_sd.pdf adresinden erişildi.
- Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Triantaphyllou, E. ve Mann, S.H. (1989). An examination of the effectiveness of multi-dimensional decision-making methods: A decision-making paradox. *Decision Support Systems*, 5, 303-312.
- Voogd, H. (1983). *Multi-criteria evaluation for urban and regional planning*. London: Pion.