

KIYI ALANLARININ BULANIK MANTIK YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN AÇIK KAYNAK KODLU HESAPLAMA ARACI GELİŞTİRİLMESİ

Ayşen Ergin¹, Engin Karaesmen², Hasan Gökhan Güler³

¹Prof.Dr., ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi K5-108, Ankara, Türkiye. E-Posta: ergin@metu.edu.tr

²Dr., ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Anabilim Dalı K2-302, Ankara, Türkiye. E-Posta: engin@metu.edu.tr

³Araş. Gör., ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi K5-107, Ankara, Türkiye. E-Posta: goguler@metu.edu.tr

ÖZET

“Kıyı Alanları Doğal Yapı ve İnsan Kullanımı Değerlendirilmesi, KADYİKD” (Coastal Scenic Evaluation System, CSES) kıyı alanlarının bilimsel olarak nitelendirilmesinde bulanık mantık yönteminin dünyada ilk kez kullanıldığı bir matematiksel modeldir (Ergin vd., 2004; Ergin, 2018). Kıyı alanlarında doğal yapı ve insan kullanımının bu model kullanılarak değerlendirilmesi için Türkiye, İngiltere, Malta, Avustralya, İrlanda, ABD, Yeni Zelanda ve Japonya kıyı-deniz mühendisliği anabilim dalı akademisyenleri ve uzmanlarının ortak çalışması ile 26 kıyı parametresi seçilmiştir. Parametreleri değerlendirmek üzere gene bir ilk olarak Türkiye, İngiltere, Malta ve Hırvatistan’da yapılan halk algılama anketleri uygulanmıştır. KADYİKD modelinde, kıyı alanlarına ilişkin görsel bulgular 26 kıyı parametre için puanlanmakta, parametrelerin ağırlıklı ortalamaları kullanılarak bulanık mantık yöntemi (BMY) ile değerlendirilmekte ve çalışma yapılan kıyı alanı için bir ‘Değerlendirme Katsayısı (D)’ hesaplanmaktadır. ‘Değerlendirme Katsayısı (D)’ ise kıyı alanlarının beş ayrı sınıfa göre sınıflandırılmasında sayısal bir ölçüt olarak kullanılabilir. Bu çalışmada, KADYİKD matematik modeli MATLAB ortamında tekrar yazılarak “açık kaynak kodlu” olarak bir websitesi aracılığıyla kullanıma açılmış ve Çıralı, Olimpos’ta yapılan örnek bir çalışmayla test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kıyı alanlar görsel özellikler, bulanık mantık yöntemi, kıyı alanları değerlendirme katsayısı, Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi

DEVELOPMENT OF AN OPEN-SOURCE COMPUTATIONAL TOOL FOR EVALUATION OF COASTAL AREAS USING FUZZY LOGIC

“Coastal Scenic Evaluation System (CSES)” is the first mathematical model in the world uses fuzzy logic to evaluate coastal areas scientifically and quantitatively (Ergin et al., 2004; Ergin, 2018). 26 coastal parameters were selected to evaluate coastal areas using this mathematical model by collaborative work of international academicians and experts on coastal engineering from Turkey, England, Malta, Australia, Ireland, USA, New Zealand and Japan. In order to

evaluate these parameters, public perception surveys were conducted in Turkey, England, Malta and Croatia for the first time. In CSES model, coastal scenic evidences are graded for 26 coastal parameters, parameters are evaluated using fuzzy logic method based on weighted averages, and an 'Evaluation Coefficient (D)' is being calculated. This 'Evaluation Coefficient (D)' is used to classify coastal areas in five classes. In this study, CSES mathematical model is redeveloped in MATLAB environment as an open-source tool presented via a web-site, and applied to Çıralı, Olympos as a case study.

Keywords: Coastal areas scenic properties, fuzzy logic method, coastal areas evaluation coefficient, Integrated Coastal Zone Management

1. GİRİŞ

Kıyı ve deniz alanlarının doğal yapıları ve görsel özellikleri açısından değerlendirilmesi insan-çevre kültürünün bir parçasıdır. Ülkemizde ve bütün dünyada yoğun yapılaşma, turizm ve endüstriyel amaçlarla plansız ve yanlış kullanım nedeniyle kıyılarımız doğal yapılarını ve görsel özelliklerini kaybetme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Ekonomik bir kaynak olan kıyı alanlarının doğal yapılarının ve güzelliklerinin korunabilmesi için bu alanların sürdürülebilir kullanım ilkeleri ışığında planlanarak kullanılması gereklidir. 'Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi' çalışmalarının ilk aşaması kıyı alanlarının doğal yapısı, kullanımı ve görsel özelliklerinin objektif ve sayısal bir şekilde değerlendirilmesidir. Bu niteliksel değerlendirme, kıyı ve denizlerde ki yoğun ve yanlış kullanımın durdurulması için yapılacak çevre etki değerlendirmelerine de bilimsel bir zemin hazırlayacaktır.

Geliştirilen "*Kıyı Alanları Doğal Yapı ve İnsan Kullanımı Değerlendirilmesi, KADYİKD*" bilimsel metodu

- a) doğal güzellikleri ile ortaya çıkan alanların gelecek kuşaklara aktarılacak "miras kıyılar" olarak belirlenmesi, fauna ve florası ile koruma altına alınmasına,
- b) sürdürülebilir gelişmenin kontrollü olarak yapılacağı alanların tanımlanmasına,
- c) kıyı alanları kaynak kullanımının "sürdürülebilir gelişme" ölçütlerine göre planlanmasına yardımcı olabilecek niteliktedir.

KADYİKD matematik modeli, dünyada alan çalışması yapılan kıyıların, doğal yapı ve kullanım özelliklerini bulanık mantık kullanarak sınıflayabilmektedir. Son yıllarda kullanımı hızla artan KADYİKD matematik modeli ile dünyada 1000'e yakın kıyı alanı saha değerlendirilmesi yapılmış, hesaplanan değerlendirme katsayısı (D) ile bu kıyı alanlarının beş ayrı sınıfa göre sınıflandırılması yapılmıştır (Ergin, 2018).

2. METOT

Değerlendirme parametrelerinin ağırlıklarının elde edilmesinde, fiziksel (doğal yapı) ve insan kullanımı etkenlerinin farklılığını ortaya koyabilmek için değerlendirme sonuçlarını etkileyen ana etkenler "Fiziksel (P)" ve "İnsan Kullanımı

(H)” alt kümeleri olarak ayrı ayrı ele alınmış ve “Görsel Değerlendirme Etken Kümesi (F)” Denklem 1’deki gibi tanımlanmıştır:

$$F = \{\text{fiziksel, insan kullanımı}\} = \{P, H\} \quad [1]$$

Yukarıda, F kümesinin etken alt kümeleri P (fiziksel) ve H (insan kullanımı) sırasıyla onsekiz ve sekiz ayrı değerlendirme parametresinden oluşacak şekilde aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. P alt kümesi için dört alt grup düşünülmüştür:

$$P = \{P_1, P_2, P_3, P_{\text{Diğerleri}}\} \quad [2]$$

Alt grupları oluşturan fiziksel parametreler ise Denklem 3, 4, 5 ve 6’da verilmektedir:

$$P_1 = \{\text{yamaç yüksekliği, yamaç eğimi, yamaçta özel oluşumlar}\} \quad [3]$$

$$P_2 = \{\text{kumsal tipi, kumsal genişliği, kumsal rengi}\} \quad [4]$$

$$P_3 = \{\text{kaya platform eğimi, kaya platform genişliği, kaya platform düzgünlüğü}\} \quad [5]$$

$$P_{\text{Diğerleri}} = \{\text{kum tepelikleri, vadi, ufuk çizgisi formları, gel-git olayı, kıyı özel oluşumları, görüş açıklığı, su rengi ve berraklığı, bitki örtüsü, yosun birikimi}\} \quad [6]$$

Çalışmada, insan kullanımına yönelik parametreler de Denklem 7’de verilmektedir.

$$H = \{\text{gürültü, katı atıklar, kanalizasyon, alan kullanımı, yapılaşma, ulaşım, ufuk çizgisi, ek yapılar}\} \quad [7]$$

Uluslararası uzman çalışmalarıyla tanımlanan parametreler ve bu parametrelerin anket sonuçlarında elde edilen verilere göre derecelendirilmeleri ‘Kıyı Alanları Değerlendirme Sistemi’ olarak tanımlanan Tablo 1’de verilmiştir (Ergin, 2018). Buna göre, geliştirilen kıyı alanları görsel değerlendirme sisteminde kullanılan 18 doğal yapı, 8 insan kullanımı için olmak üzere toplam 26 değerlendirme parametresi, bir en kötü ve beş en iyi olmak üzere beş dereceli bir puanlamaya tabi tutulmuştur. Kıyı alanında yapılan saha çalışmalarının ilk aşamasında parametrelere verilen değerlendirme puanlarıyla “**Değerlendirme Histogramı**” oluşturulmaktadır.

Tablo 1: Kıyı Alanları Değerlendirme Sistemi (Ergin,2018)

N	Fiziksel Parametreler		PUAN				
			1	2	3	4	5
1	Yamaç	Yükseklik (H)	Yok	$5 \text{ m} \leq H < 30 \text{ m}$	$30 \text{ m} \leq H < 60 \text{ m}$	$60 \text{ m} \leq H < 90 \text{ m}$	$H \geq 90 \text{ m}$
2		Eğim	<45°	45° - 60°	60° - 75°	75° - 85°	Dik
3		Özel Oluşumlar*	Yok	1	2	3	> 3
4	Kumsal	Tip	Yok	Çamur	İri kaya ve taşlar	Çakıl ve (±Kum)	Kum
5		Genişlik (W)	Yok	$W < 5 \text{ m}$ veya $W > 100 \text{ m}$	$5 \text{ m} \leq W < 25 \text{ m}$	$25 \text{ m} \leq W < 50 \text{ m}$	$50 \text{ m} \leq W \leq 100 \text{ m}$
6		Renk	Yok	Çok koyu	Koyu	Açık sarı	Beyaz/altın sarısı
7	Kaya Plat.	Eğim	Yok	< 5°	5°- 10°	10°- 20°	>20°
8		Geniş.	Yok	< 5 m	5 m-10 m	10 m-20 m	>20 m
9		Düzensizlik	Yok	Sivri sert kayalıklar	Çukurlar/ Düzensiz yapı	Düzenli çukurlar	Düzensiz
10	Kum Tepeleri		Yok	Kalıntılar	Tek sıra	İki sıra	Çok sayıda sıra
11	Vadi		Yok	Kuru	Irmak (< 1 m)	Irmak (1 m-4 m)	Irmak(>4 m)
12	Ufuk Çizgisi Formları		Görülemiyor	Düz	Hafif dalgalı	Tepeler	Dağlık
13	Gel - Git		Makro (>4 m)		Mezo (2 m-4 m)		Mikro (<2 m)
14	Kıyı Özel Oluşumları**		Yok	1	2	3	>3
15	Görüş Açıklığı		Tek yöne açık	İki yöne açık		Üç yöne açık	Dört yöne açık
16	Su Rengi ve Berraklığı		Çamurlu /gri	Bulanık mavi/yeşil, opak	Yeşil/ gri mavi	Açık mavi/koyu mavi	Çok temiz turkuaz
17	Bitki Örtüsü		Çıplak (<10% yeşertilmiş)	Çalılık, çayır, mera	Sulak alan/mera	Maki /yeşil çalılık	Orman/ doğal bitki örtüsü
18	Yosun Birikimi		Kesintisiz bant, 50cm yüksek	Kesintisiz ince bant	Parçalı birikimler	Az miktarda dağılmış	Yok

	İnsan Parametreleri	1	2	3	4	5
19	Gürültü	Dayanılmaz	Dayanılabilir		Az	Yok
20	Katı Atıklar	Tüm alanda çöp	Kesintisiz çöp bantı	Tek çöp alanı	Çok az dağılmış çöp	Yok
21	Kanalizasyon	Kıyı ve denize deşarş		Az sayıda mevcut (1-3 alanda)		yok
22	Alan Kullanımı***	Yok		Teraslama/ tek çeşit tarım uygulaması		Çeşitli tarım uygulamaları ± Ağaçlandırma/ doğal
23	Yapılaşma****	Endüstri ve yoğun yapılaşma	Yoğun turizm/ yoğun yerleşim	Kontrollü turizm /kontrollü yerleşim ve endüstri	Kontrollü turizm /kontrollü yerleşim	Tarihi ve SİT alanları / Doğal yapı
24	Ulaşım	Kalkan koruma alanı yok/ ağır trafik	Kalkan koruma yok/ hafif trafik		Park alanı kıyından gözükmüyor	Park alanı kıyından gözükmüyor
25	Ufuk Çizgisi	Çok zedelenmiş ve çirkin	Zedelenmiş	Uyumlu tasarım/yüksek binalar	Uyumlu tasarımlar	Doğal /tarihi silüetler
26	Ek Yapılar*****	>3	3	2	1	yok
* Yamaç özel oluşumlar:		<i>Düzensiz kaya oluşumları, şekiller ve renk bantları, ...</i>				
** Özel kıyı oluşumları:		<i>Yarımadalar, körfezler, mağaralar, kaya formları, nehir ağızları, deltalar, adalar, lagunlar...</i>				
*** Alan kullanımı		<i>Tarım alanları olmadığı zaman Parametre (17) 5 puan almışsa; Parametre 22 için 5 puan verilir. Parametre 17, 2, 3, 4 puan almışsa; Parametre 22 için 3 puan verilir.</i>				
**** Yapılaşma		<i>Karavanlar turizm altında değerlendirilecektir. Puan 2: Büyük ve yoğun karavan parkı Puan 3: Küçük ve yoğun karavan parkı Puan 4: Kontrollü tasarlanmış karavan parkları</i>				
***** Ek Yapılar:		<i>Enerji hatları, petrol boruları, sokak lambaları, kıyı koruma yapıları; mahmuz, dalgakıran, kıyı koruma duvarları,...</i>				

Çalışmada uygulanan bulanık mantık matematik modeli ağırlıklı ortalama esasına dayalı bir yaklaşımdır ve buna bağlı olarak **“Ağırlıklı Ortalama Histogramı”** çizilmektedir. Değerlendirmedeki olası belirsizlikler uzman görüşleri doğrultusunda üyelik matrislerine aksettirilmiş ve yine (1) ile (5) arasında değişen bir derecelendirmeye gidilmiştir (Ergin, 2018). Denklem (1)’de verilen fiziksel ve insan kullanımına ilişkin parametreler için ise eşit ağırlıklar kabul edilmiştir.

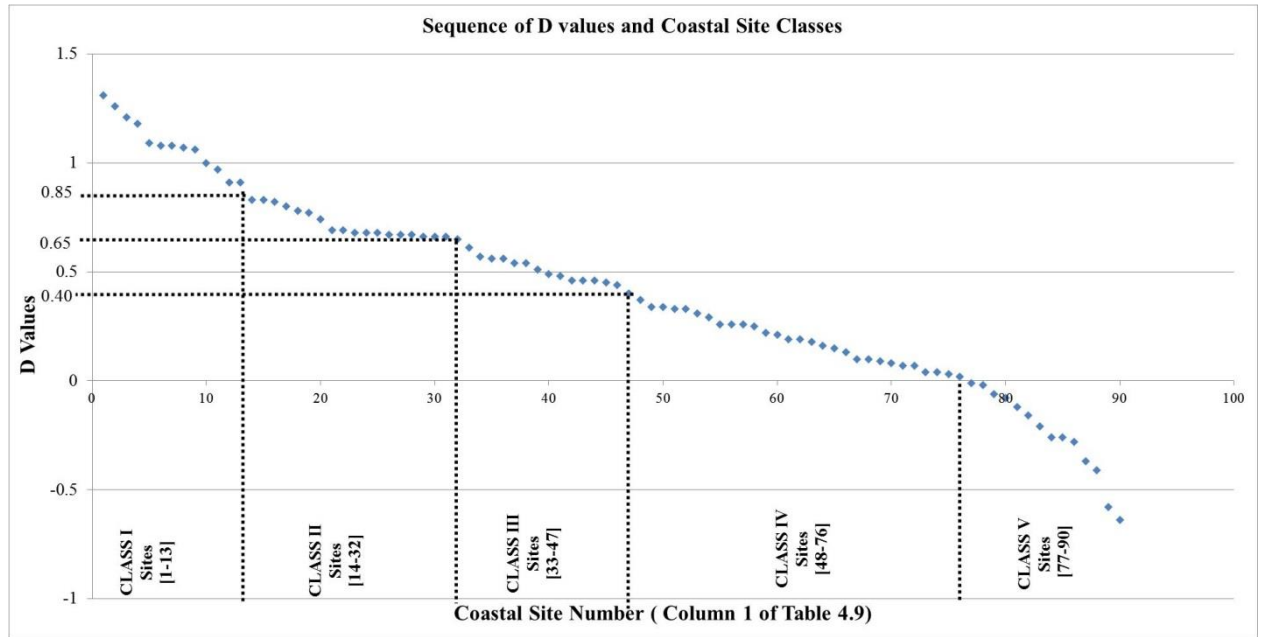
Alanların karşılaştırmalı çalışmasını yapabilmek için **“Üyelik Derecesi Grafiği”** kullanılarak değer puanları bulunmuştur. Değerlendirme katsayısı (D), 5’li değer sisteminde üyelik derece grafiğinde oluşan eğri ve yatay eksen arasında kalan alanların 3’ten büyük kısımlar için artı, küçükler için eksi ağırlıklı ortalamalar düşünülerek toplam alana oranlanarak Denklem 8’de verilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D = \frac{-2 \times A_{12} + (-1) \times A_{23} + (1) \times A_{34} + (2) \times A_{45}}{A_T} \quad [8]$$

Denklem 8 ifadesinde A_{ij} , i ve j nitelikleri arasındaki eğri ve yatay eksen arasında kalan alanı tanımlamaktadır. Görüldüğü gibi i ve j birbirini takip eden niteliklerdir (i = 1,2,3,4 ve j = i + 1). A_T ise Üyelik Derecesi - Nitelikler Grafiği’nin eksenleri arasında kalan toplam alandır. Modeli oluşturan denklemlerin tümünün ayrıntılı bir şekilde anlaşılabilmesi için okuyucunun Ergin (2018)’i incelemesi önerilmektedir.

3. MATEMATİKSEL MODELİN UYGULANMASI VE KIYI ALANLARININ SINIFLANDIRILMASI

Ortaya konan bu metod ile dünyada 90 kıyı alanının değerlendirme katsayıları (D) hesaplanmıştır. Şekil 1’de bu kıyı alanları için verilen D değerleri verilmektedir (Ergin, 2018).



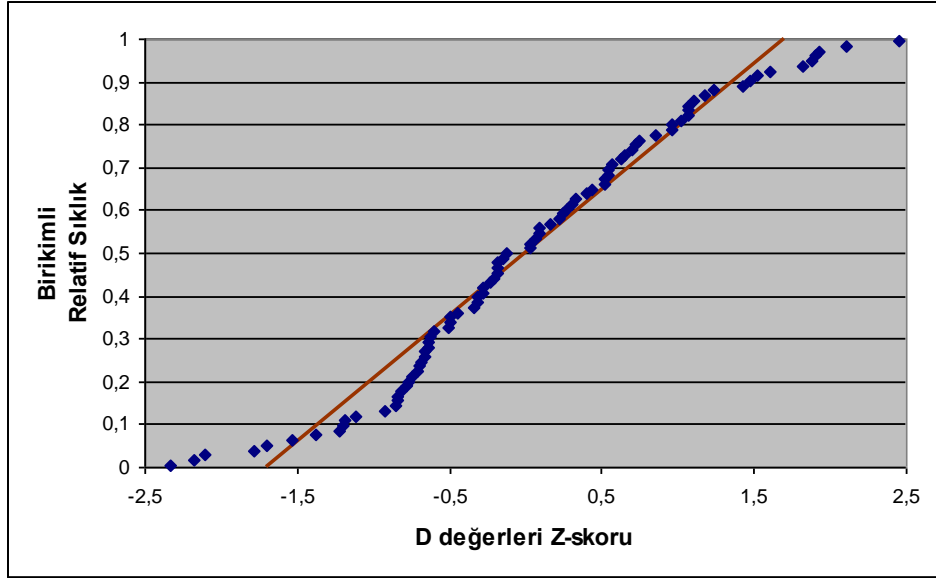
Şekil 1: 90 Kıyı Alanının Değerlendirme Katsayısı’na (D) Göre Sınıflandırması

Şekil 1’de ortaya çıkan egrinin kırılma noktaları gözetilerek alanların, Tablo 2’de verilen beş ayrı sınıfa ayrılmasına karar verilmiştir. Çalışılan kıyı alanlarının sınıfları Şekil 1 üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 2: Kıyı Alanları Sınıflandırması

Sınıf	Değer puanı (D)	Bölge Özellikleri
1	$D \geq 0.85$	Olağandışı doğal güzelliği ve doğru insan kullanımı olan alanlar.
2	$0.85 > D \geq 0.65$	Doğal güzelliği ve doğru insan kullanımı olan alanlar.
3	$0.85 > D \geq 0.65$	Doğal güzelliklerin yanlış insan kullanımı ile azaldığı alanlar.
4	$0.40 > D \geq 0.00$	Doğal güzelliklerin yanlış insan kullanımı ve yoğun yapılaşma ile çok azaldığı alanlar
5	$0.00 > D$	Yanlış ve yoğun yapılaşmanın ve\veya ağır endüstrinin doğal güzellikleri yok ettiği alanlar.

Hesaplanan değerlendirme katsayılarına göre yapılan sınıflandırma istatistiksel olarak normal dağılım testleri yardımıyla (Şekil 2) %5 önem düzeyi kullanılarak doğrulanmıştır.



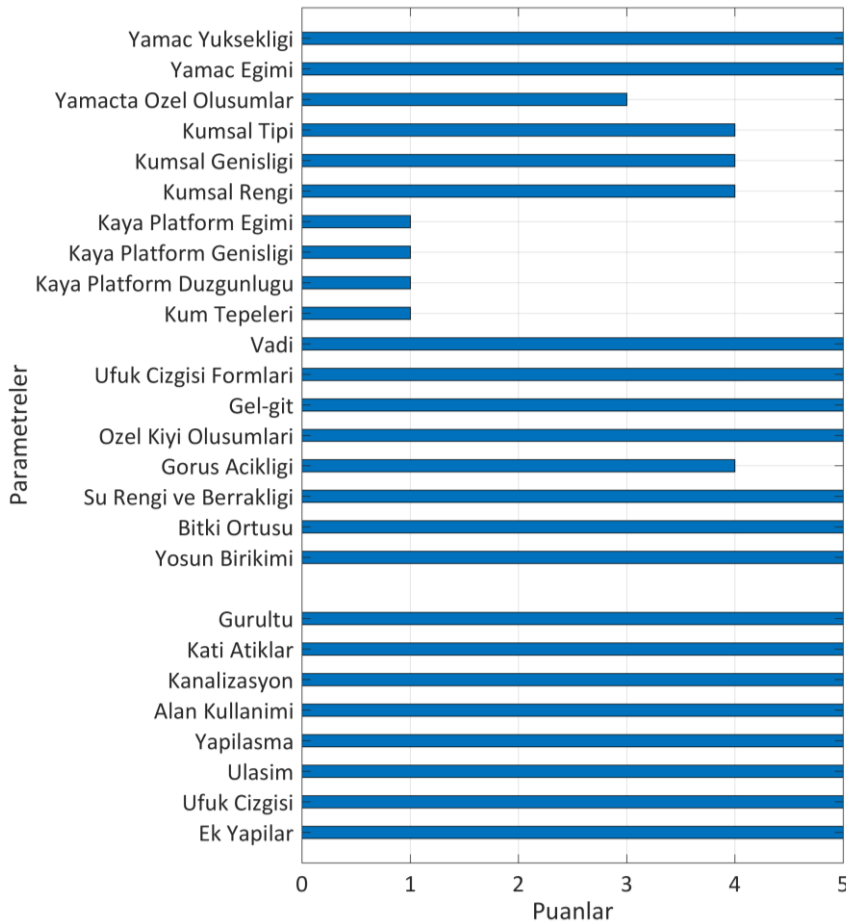
Şekil 2: 90 Kıyı Alanı için Değerlendirme Katsayılarının Normallik Testi Eğrisi

Hırvatistan (2003), Malta (2003), Türkiye’de (2002, 2004), İngiltere’de (2001) yapılan anket sonuçları ile parametrelerin yeterliliği görülmüştür ve kıyı alanlarında değişen D katsayıları tespit edilmiştir. Tüm anketler göz önüne alındığında ortaya çıkan en önemli parametreler deniz rengi ve berraklık, gürültü, yapılaşma ve önemli kıyı oluşumlarıdır.

4. ÖRNEK BİR UYGULAMA: Çıralı, Olimpos

Çıralı'da yapılan anket çalışmaları İngiltere, Malta, Hırvatistan anket sonuçları ile büyük benzerlik göstermektedir. Bütün anketlerin sonuçlarında katı atık ve kanalizasyon, deniz rengi ve berraklık, yapılaşma ve gürültü parametreleri en önemli parametreler olarak ortaya çıkmaktadır.

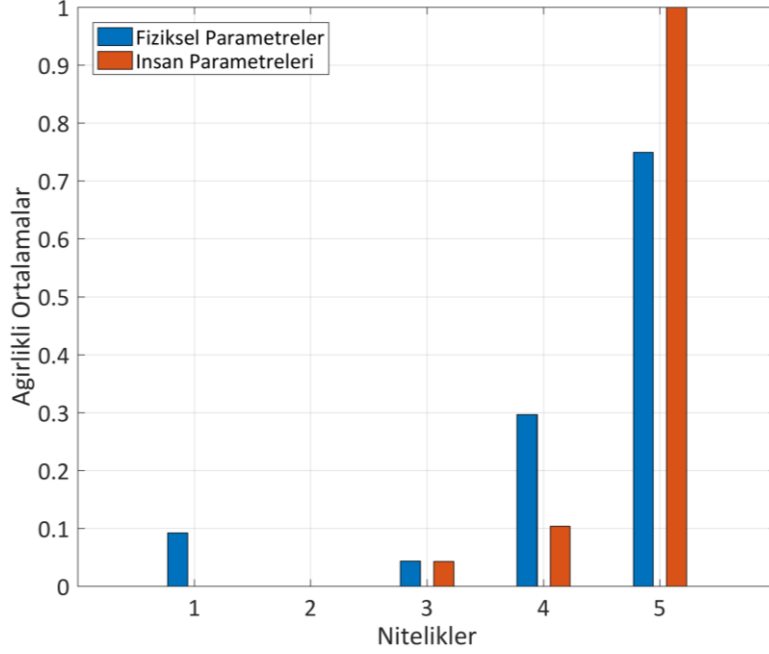
Metodolojinin anlatımında örnek olarak, Çıralı Olimpos kıyı alanı için yapılan çalışma sonuçları **Çıralı Olimpos Değerlendirme Histogramı** (Şekil 3), **Ağırlıklı Ortalamalar Histogramı** (Şekil 4) ve **Üyelik Derecesi Grafiği** (Şekil 5) verilmiştir.



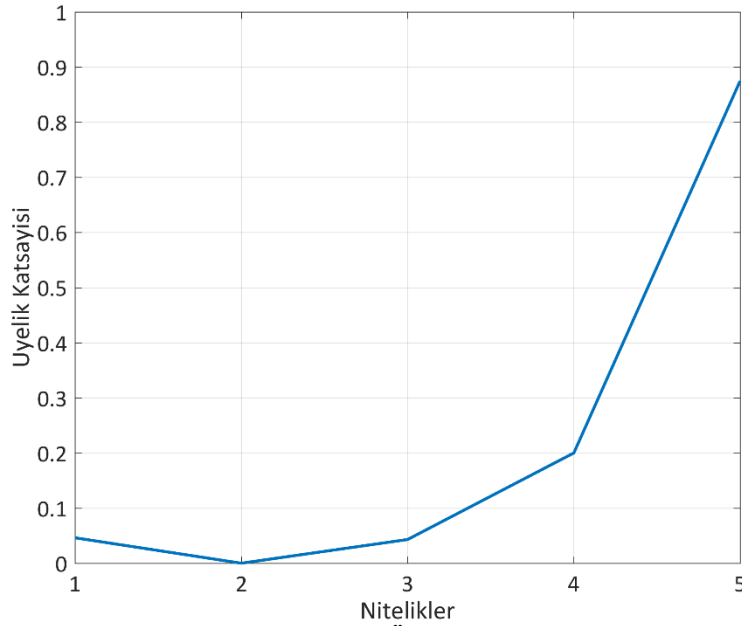
Şekil 3: Çıralı-Olimpos Değerlendirme Histogramı

Ağırlıklı Ortalamalar Histogramı'nda fiziksel ve insan kullanımı parametrelerinin her nitelikte kazandığı puan görülmektedir (Şekil 3). 4. ve 5. niteliklerde kazanılan fiziksel parametrenin puanının yüksek olması doğal güzelliği; insan kullanımı puanının yüksek olması ise doğayı bozmadan az ve doğru yapılaşmayı ve kullanmayı simgelemektedir. 1. ve 2. niteliklerdeki yüksek puanlar ise fazla özelliği olmayan bir doğa yapısını ve yanlış insan kullanımını, örneğin yoğun ve plansız yapılaşmayı simgelemektedir. Üyelik Derecesi Grafiğinin (Şekil 5) nitelik 5'e doğru yukarı eğim yapması Çıralı

Olimpos örneğinde olduğu gibi (4 ve 5 nitelik puanlarının yüksek olması) bu alanın doğal güzelliklerinin yanı sıra doğru insan kullanımına sahip olduğunu da göstermektedir. Grafiğin 1 ve 2 niteliklerde fazla puan toplaması ise bu alanların yanlış ve yoğun yapılaşma ile doğal güzelliklerini kaybettiğinin işareti olmaktadır. Çıralı, Olimpos için Denklem 8’de verilen formül kullanılarak hesaplanan değerlendirme katsayısı 1.60 olarak bulunmuştur. Buna göre Çıralı, Olimpos birinci sınıf bir kıyı alanı olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 4: Çıralı-Olimpos Ağırlıklı Ortalamalar Histogramu



Şekil 5: Çıralı-Olimpos Üyelik Derecesi Grafiği

5. AÇIK KAYNAK KODLU YAZILIM

Bu çalışmanın yazarları tarafından MATLAB ortamında tekrar geliştirilen ve kıyı alanlarının değerlendirilmesinde kullanılacak yazılım açık kaynak kodlu olarak <http://cses.ce.metu.edu.tr> adresinden ulaşımına sunulmuştur. Verilen web-sitesi adresi aracılığıyla yazılıma ulaşılacağı gibi, yazılımın kullanımına dair bir kullanım kılavuzuna da ulaşılabilir.

KADYİKD matematik modeli bu çalışmada öncül çalışmalarda da kullanılan 26 parametre üzerinden hazırlanmıştır. Bu parametreler ile ilgili tüm sayısal değişiklikler yapılabildiği gibi, hazırlanan yazılımda farklı parametreler de anket çalışmaları yapılması kaydıyla kullanılabilmesine olanak sağlanmıştır. Yazılımda değiştirilemeyecek tek nokta en kötü 1, en iyi 5 olmak üzere 1 ile 5 arasında tanımlanan değerlendirme sistemidir.

6. SONUÇLAR

KADYİKD matematik modeli, alan çalışması yapılan kıyıların, doğal yapı ve kullanım özelliklerini bulanık mantık kullanarak sınıflayabilmektedir. Son yıllarda kullanımı hızla artan KADYİKD matematik modeli ile dünyada model geliştirme sürecindekilere ek olarak 1000'e yakın kıyı alanı değerlendirilmesi yapılmış, hesaplanan değerlendirme katsayıları (D) ile bu kıyı alanları beş ayrı sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca, 'Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi' çalışmalarında, en uygun çözüm için farklı planlama senaryolarının etkileri KADYİKD matematik modeli ile benzeştirilerek, gerekli bilimsel altyapı hazırlanabilmektedir. Model ile yapılan çalışmalarda, kıyı alanlarının sunduğu büyük ekonomik kaynakların doğru planlama olmadan bilinçsizce ve aşırı kullanımı durumunda, doğal güzellik ve özelliklerinin geri gelemeyecek şekilde yok olacağını bilimsel olarak ortaya konulabilmektedir.

Bu çalışmada KADYİKD matematik modeli MATLAB ortamında hazırlanarak "Açık Kaynak Kodlu" bir yazılım olarak hazırlanarak <http://cses.ce.metu.edu.tr> adresinde kullanıma sunulmuş ve Çıralı, Olimpos bölgesine uygulanmıştır.

7. KAYNAKLAR

Ergin, A., Karaesmen, E., Williams, A.T. and Micallef, A. (2004). "A new methodology for evaluating coastal scenery: fuzzy logic systems", *Area*, 36(4), 367-386.

Ergin, A. (2018). "Coastal Scenery Assessment by Means of a Fuzzy Logic Approach", in *Coastal Scenery: Evaluation and Management* ed: Nelson Rangel-Buitrago, Springer.