



**DENİZ YAPILARININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ
(ÇKKV) İLE PLANLANMASI VE TASARIM PARAMETRELERİNİN
UYARLAMALI AĞ TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE
TAHMİNİ**

Büşra BİÇER AYMERGEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Büşra BİÇER AYMERGEN

11/05/2023

DENİZ YAPILARININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ (ÇKKV) İLE
PLANLANMASI VE TASARIM PARAMETRELERİNİN UYARLAMALI AĞ
TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE TAHMİNİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Büşra BİÇER AYMERGEN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2023

ÖZET

Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi Planları (BKAP) hazırlanırken sunulacak stratejilerin bilimsel verilere dayandırılmasında ‘Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV)’ kullanılmaktadır. Bu tezin ilk kısmında geliştirilen ÇKKV matrisi için ana kriterler; Karasal Etkileşim Alanı, Kara-Deniz Arayüzü, Denizel Etkileşim Alanı, Çevresel Etki, Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik şeklinde belirlenmiştir. Bu ana kriterler de alt kriterlere bağlanmış, ayrıntılandırılmış ve Monte Carlo Benzeşimi ile ağırlıklandırılmıştır. Tezin ilk bölümünün amacı; bütünleşik kıyı alanları planlamasında uzmanların katkısını dikkate alarak model benzeşimlerini içeren nitel bir yöntem geliştirmek ve kıyı yapılarının yer seçimini bilimsel yöntem ve modellerle belirlemektir. Buna istinaden önerilen ÇKKV yöntemiyle Antalya Körfezi’nde örnek bir uygulama yapılarak yöntemin kullanılabilirliği gözlemlenmiştir. Tezin ikinci bölümünde, ÇKKV matrisi ‘Denizel Etkileşim Alanı’ kriteri içerisindeki ‘Dalga ve İklimsel Özellikler’ başta olmak üzere tüm kriterleri etkileyen ve kıyı yapıları plan ve projelerinde en temel ve etkili parametre olan belirgin dalga yüksekliği (Hs) tahmini çalışması gerçekleştirilmiştir. Tezin ikinci bölümünün amacı; kıyı yapılarının tasarımında en önemli parametre olan belirgin dalga yüksekliğinin (Hs) şamandıra ölçümleri ve model çalışmalarıyla karşılaştırılması ve BKAP planlamasında en önemli kriterlerden olan denizel etkileşim alanı kriterinde akıntı, sediman taşınımı ve dalga iklimi çalışmalarının model tabanlı olarak en doğru şekilde belirlenmesidir. Bu çalışmada Antalya bölgesindeki şamandıra istasyonundan alınan veriler doğrultusunda farklı kombinasyonlarda girdi ve üyelik fonksiyonları kullanılarak modeller geliştirilmiş ve Hs tahmini gerçekleştirilmiştir. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System- ANFIS) metodunun geçerliliği gözlemlenmiş ve geliştirilen modeller kıyaslanarak en başarılı tahmini gerçekleştiren modeller belirlenmiştir. İstatistiksel performans parametreleri dikkate alınarak bu tezde uygulanan tüm modeller için tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Öngörülen sonuçlar gerçek dalga verileri ile karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada geliştirilen ANFIS modelleri, Türkiye’nin Akdeniz kıyıları için eksik dalga verilerinin tahmininde etkili bir şekilde kullanılabilir. Sonuç olarak, tezde geliştirilen benzeşim temelli BKAP ÇKKV matris yöntemi, modellerin Denizel Saha Planlama uygulamalarında kapsamlı bir çerçeve sağlar. Geliştirilen benzeşim temelli ÇKKV modeli, Hydrotam 3D dalga, akıntı ve sediman taşınım alt modelleri ile bütünleşik çalıştırılmıştır. Bu bütünleşik modelin örnek çalışma bölgesine uygulanması sonucunda, Antalya Falez bölgesinin kıyı yapıları için uygun olmadığı kayalık dik bir topografyaya sahip, dalga yansımaları nedeniyle akıntı ve taşınımın fazla olduğu bir bölge olmasından dolayı yatırım yapılmasında öncelikli alan olmadığı model sonuçları ile gösterilmiştir.

Bilim Kodu : 91112
Anahtar Kelimeler : ANFIS tahmini, Sugeno bulanık çıkarımı, bütünleşik kıyı alanları yönetimi, deniz saha planlaması, Monte Carlo benzeşimi
Sayfa Adedi : 146
Danışman : Prof. Dr. Can Elmar BALAS

PLANNING OF MARINE STRUCTURES WITH MULTI-CRITERIA DECISION-
MAKING (MCDM) AND ESTIMATING DESIGN PARAMETERS WITH ADAPTIVE
NETWORK-BASED FUZZY INFERENCE SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Büşra BİÇER AYMERGEN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2023

ABSTRACT

The Multi-Criteria Decision-Making Method (MCDM) is a systematic approach which is used to inform the preparation of Integrated Coastal Zone Management Plans (ICMP) with the utilization of scientific data. The MCDM matrix, the centerpiece of the approach, is developed in this thesis based on five main criteria: Terrestrial Interaction Area, Land-Sea Interface, Marine Interaction Area, Environmental Impact, and Ecological and Biological Diversity. These main criteria are linked to sub-criteria and weighted by using Monte Carlo Simulation to produce a comprehensive decision-making tool. The aim of the first part of the thesis is to propose a scientific method that includes model simulations, taking into account the contribution of experts in the planning of integrated coastal areas, and to determine the locations of coastal structures with the quantitative methodology developed in this thesis. Based on this, a case study was performed in Antalya Bay with the proposed MCDM methodology, and the usability of the method was observed. In the second stage of the thesis, the estimation of the significant wave height (Hs), a crucial parameter in coastal structure planning and design, was performed. The aim of the second part of the thesis is the comparison of the significant wave height (Hs), which is the most important parameter in the design of coastal structures, with the results obtained by buoy measurement and model studies, and determining the current, sediment transport and wave climate by models in the most accurate way in the Marine Interface Area criterion, which is one of the most important criteria in ICZM planning. Artificial intelligence techniques were utilized in this study to estimate Hs by developing models with the use of different inputs and membership functions in combination with data obtained from a buoy station in the Antalya region. The validity of the ANFIS method was evaluated, and the models were compared based on statistical performance parameters. Consistent results were obtained for all models developed in this paper considering statistical performance parameters. The predicted results were compared with the real wave data, and it is concluded that high correlation values were obtained. Hence, the ANFIS models developed in this paper can be effectively used in estimating the missing wave data for Mediterranean coast of Turkey. As a result, the simulation based CZM MCDM matrix developed in this thesis, provides a comprehensive framework for incorporating models to Marine Spatial Planning decision-making applications. The Monte Carlo simulation based MCDM model has been integrated with Hydrotam 3D wave, current and sediment transport sub-models. As a result of the effect of the whole integrated models on the case study area, Antalya Cliff coast was quantitatively found not a priority area for investment in both scenarios, because it is a region with a steep rocky topography, not suitable for coastal structures, and where current and transport is high due to wave reflections.

Science Code : 91112
Key Words : ANFIS prediction, Sugeno inference system, integrated coastal zone management, marine spatial planning, Monte Carlo simulation
Page Number : 146
Supervisor : Prof. Dr. Can Elmar BALAS

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni destekleyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Can Elmar BALAS'a teşekkürlerimi arz ederim. Analiz çalışmalarımda bana çok yardımcı olan ve beni yönlendiren Doç. Dr. Rıfat TÜR'e, Arş. Gör. Dilayda SOYLU PEKPOSTALCI'ya, ÇKKV yönteminin geliştirilmesinde öncü olan ve çalışmanın her aşamasında desteklerini esirgemeyen Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü'ne, UTTA Planlama, Projelendirme, Danışmanlık Tic. Ltd. Şirketine, Şehir ve Bölge Plancıları Sayın Makbule İLÇAN'a, Sayın Dr. Ahmet Lütfü UZEL'e, Sayın Volkan BAL'a; HYDROTAM-3D modelinin kullanılmasında katkılarını esirgemeyen Sayın Ufuk ÖZTOPÇU'ya, değerlendirme ve yönlendirmeleri için Sayın Arif UĞURLU'ya teşekkürlerimi borç bilirim. Bütün hayatım boyunca beni her anlamda destekleyen ve bu süreçte de yanımda olan babam Osman BİÇER, annem Sevda BİÇER, kardeşim Hamdi Kaan BİÇER'e ve eşim Yücel AYMERGEN'e destekleri için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. ANFIS Yöntemi	5
2.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri	8
2.3. Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi (BKAY) ve Planlama Uygulamaları.....	10
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ (ÇKKV) İLE GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEŞİK KIYI ALANI YÖNETİM PLANI (BKAP) MODELİ.....	19
3.1. Monte Carlo Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması	21
3.2. Deniz Tarafının Kara Tarafı ile Mekansal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler.....	24
3.2.1. Kıyı yapıları kapasite kullanımı.....	24
3.2.2. Dalga ve iklimsel özellikler	24
3.2.3. Akıntı iklimi.....	25
3.2.4. Kıyı jeomorfolojisi ve taşınım	25
3.2.5. Deniz topografyası ve oşinografi	26
3.2.6. Zemin koşulları ve depremsellik.....	26

	Sayfa
3.2.7. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı	27
3.3. Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler.....	35
3.3.1. Doğal yapı kriterleri.....	35
3.3.2. Kentsel yapıya ilişkin kriterler.....	37
3.3.3. Ulaşım ve İletişim kriterleri.....	37
3.4. Kara-Deniz Ara Yüzü Stratejik ÇED Alanlarına İlişkin Kriterler	41
3.5. Çevresel Etki Kriterleri	41
3.5.1. Su ve sediman kirliliği	43
3.5.2. Katı atıklar	43
3.5.3. Endüstriyel kaynaklı kirlilik	43
3.5.4. Akarsulardan taşınan kirlilik.....	43
3.5.5. Ekolojik durum sınıfı	44
3.5.6. Plaj suyu kalitesi	44
3.5.7. Hava kirliliği	44
3.6. Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Etki Kriterleri	46
3.6.1. Biyoekolojik değerlendirme (karasal/sucul).....	49
3.6.2. Karasal/sucul ekosistem (flora, fauna).....	49
3.7. ÇKKV Temelli Senaryo Analizleri	58
3.7.1. Mutlak Koruma Ölçütlerine Dayalı Birinci Alternatifin Amaç, Kapsam ve Hedefleri	58
3.7.2. Sürdürülebilir ölçütlerine dayalı ikinci alternatifin temel stratejileri	58
3.8. Geliştirilen Benzeşim Temelli ÇKKV Yönteminin Uygulamaları	59
4. YÖNTEM: UYARLAMALI AĞ TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE DALGA TAHMİNİ	65
4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	65
4.2. Bulanık Model.....	69

	Sayfa
4.2.1. Bulanık mantık ve bulanık kümeler.....	69
4.2.2. Üyelik fonksiyonu.....	70
4.2.3. Bulanık çıkarım sistemi	71
4.2.4. Durulaştırma yöntemleri	74
4.3. Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)	76
5. GELİŞTİRİLEN MODELİN ÖRNEK UYGULAMASI.....	79
5.1. Çalışma Alanı ve Veri Seti.....	79
5.2. MATLAB Model Uygulamaları	84
5.3. ANFIS Model Performans Sonuçları	88
5.4. Şamandıra Verileri ile HYDROTAM-3D Tahminlerinin Karşılaştırılması.....	93
5.4.1. Hydrotam-3D modelinin uygulanması	94
5.4.2. ANFIS tahmin sonuçlarının değerlendirilmesi	97
5.5. ÇKKV Yöntemi ile Antalya Örneği.....	98
6. SONUÇLAR.....	119
KAYNAKLAR	125
EKLER.....	133
Ek-1. Çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması.....	134
ÖZGEÇMİŞ	146

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Karar verme destek yazılımları.....	22
Çizelge 3.2. Deniz tarafı mekânsal parametrelerin birbirleriyle ilişkilerini gösteren korelasyon katsayı matrisi	30
Çizelge 3.3. Deniz tarafı kriterlerinin Monte Carlo Benzeşimden elde edilen yerleşebilirliğe etkileri ve öngörülen puanları	34
Çizelge 3.4. Deniz tarafının kara tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları	34
Çizelge 3.5. Kara tarafının deniz tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları	40
Çizelge 3.6. Kara-deniz ara yüzü stratejik ÇED alanları kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları	41
Çizelge 3.7. Çevresel etki kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları	46
Çizelge 3.8. BERN sözleşmesi ek listeleri ve açıklamaları	47
Çizelge 3.9. Türkiye bitkileri kırmızı kitabı IUCN kategorileri	48
Çizelge 3.10. Ekolojik ve biyolojik çeşitlilik kriterleri.....	50
Çizelge 3.11. Monte Carlo Benzeşiminden elde edilen BKAP kriterlerinin mekânsal kullanıma ve yerleşebilirliğe etkileri (korelasyon değerleri).....	55
Çizelge 3.12. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi Matrisinin Benzeşime dayalı uygunluk puanları	56
Çizelge 3.13. İkinci Alternatifin Ana kriter katsayıları	59
Çizelge 5.1. Ölçülen dalga yüksekliği verilerinin istatistiksel parametreleri	81
Çizelge 5.2. ANFIS model tipleri	91
Çizelge 5.3. ANFIS model tiplerine ait istatistiksel performans sonuçları.....	92
Çizelge 5.4. Etkili Feç Mesafeleri(m).....	95
Çizelge 5.5. Önerilen ÇKKV denizel etkileşim alanı kriterleri	98
Çizelge 5.6. Önerilen Matris Değerlendirme Tablosu	99
Çizelge 5.7. Konyaaltı Denizel Alanı Belirgin Dalga Yükseklikleri Aşılma Süreleri ve Olasılık Dağılımları	100

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.8. Dalga ve iklimsel özellikler özellikleri.....	101
Çizelge 5.9. Akıntı ve çevrinti özelliklerine göre matris puanlaması.....	106
Çizelge 5.10. Konyaaltı sahilinin yıllık kıyı boyu net sediman taşınım miktarı Q (m ³ /yıl).....	107
Çizelge 5.11. Kıyı jeomorfolojisi ve taşınım özellikleri matris değerlendirmesi	109
Çizelge 5.12. Deniz topografyası ve oşinografi özellikleri.....	110
Çizelge 5.13. Ortadoğu Antalya Limanı Kapasite Özellikleri.....	111
Çizelge 5.14. Mevcut durum ve potansiyel ihtiyacın belirlenmesi.....	112
Çizelge 5.15. Zemin koşulları ve depremsellik	112
Çizelge 5.16. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı (dalyan, ağ kafes, midye vb..).....	113

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. HYDROTAM-3D modeli.....	8
Şekil 2.2. Bütünleşik kıyı alanları yönetimi ve planlama süreci	15
Şekil 2.3. Türkiye bütünleşik kıyı alanları yönetiminde kara ve deniz tarafı.....	16
Şekil 3.1. Geliştirilen modelin akış şeması.....	20
Şekil 3.2. Deniz tarafı mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı	28
Şekil 3.3. Deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisinde etki (korelasyon) değerleri.....	31
Şekil 3.4. Deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisinde önem dereceleri (duyarlılık analizi)	31
Şekil 3.5. Kriterlerin Deniz Tarafı Mekânsal Kullanıma etkisi (korelasyon değerleri)..	32
Şekil 3.6. Deniz Tarafı Mekânsal Kullanım parametrelerinin matriste seçilen değerlerinin güven aralıkları (güven aralığı eğilim grafiği)	33
Şekil 3.7. Kara tarafı mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı	38
Şekil 3.8. Yerleşebilirlik analizinde çevresel etki kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin olasılık histogramı.....	45
Şekil 3.9. Yerleşebilirlik analizinde ekolojik ve biyolojik çeşitlilik kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin olasılık histogramı	50
Şekil 3.10. Yerleşebilirlik puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı	51
Şekil 3.11. Kriterlerin kara tarafı mekânsal kullanıma ve yerleşebilirliğe etkisi (korelasyon değerleri).....	52
Şekil 3.12. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi (%)	53
Şekil 3.13. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi (rank korelasyon değerleri).....	54
Şekil 3.14. ÇKKV Yöntemi ile elde edilen Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Liman Yatırımı Öncelikli Bölgeleri.....	63
Şekil 4.1. Aktivasyon fonksiyonu grafikleri.....	66
Şekil 4.2. Yapay sinir hücresi	67

Şekil	Sayfa
Şekil 4.3. Tek katmanlı algılayıcı yapısı	67
Şekil 4.4. Çok Katmanlı algılayıcı yapısı	68
Şekil 4.5. İleri beslemeli YSA yapısı.....	69
Şekil 4.6. Geri beslemeli YSA yapısı	69
Şekil 4.7. Çeşitli üyelik fonksiyonu biçimleri	71
Şekil 4.8. Bulanık çıkarım sistemi	72
Şekil 4.9. Mamdani bulanık çıkarım sistemi	73
Şekil 4.10. Sugeno bulanık çıkarım sistemi.....	73
Şekil 4.11. Ağırlık merkezi yöntemi.....	75
Şekil 4.12. Ağırlıklı ortalama yöntemi	75
Şekil 4.13. Maksimum durulaştırma yöntemi.....	76
Şekil 4.14. Birinci dereceden iki girişli ve iki kuralı bulunan ANFIS yapı modeli	78
Şekil 5.1. Uygulama alanı yer bulduru haritası	79
Şekil 5.2. Antalya körfezi şamandıra konumu ve çalışma bölgesi	80
Şekil 5.3. Şamandıranın lokasyonu	80
Şekil 5.4. Hs veri düzenlemesi	81
Şekil 5.5. ANFIS eğitim veri seti.....	82
Şekil 5.6. ANFIS test veri seti	83
Şekil 5.7. Matlab ortamındaki veri seti.....	84
Şekil 5.8. Matlab uygulamaları (neuro-fuzzy design)	84
Şekil 5.9. ANFIS neuro-fuzzy design editör (model özelliklerinin girildiği pencere) .	85
Şekil 5.10. Bulanık model üyelik fonksiyonu özelliklerini belirleme	85
Şekil 5.11. ANFIS modelinin eğitim aşaması ve hata gözlem grafiği.....	86
Şekil 5.12. ANFIS eğitim data tahmin dağılım grafiği.....	87
Şekil 5.13. ANFIS test data tahmin dağılım grafiği.....	87
Şekil 5.14. ANFIS tahmin sonuçları (eğitim ve test).....	88

Şekil	Sayfa
Şekil 5.15. Excel model parametreleri ve saçılma diyagramları	89
Şekil 5.16. Şamandıra verilerinin dalga gülü.....	93
Şekil 5.17. Şamandıra verilerinin üçer aylık dalga gülleri (a) Nisan, Mayıs, Haziran (b) Temmuz, Ağustos, Eylül (c) Ekim, Kasım, Aralık (d) Ocak, Şubat, Mart	94
Şekil 5.18. Konyaaltı Sahili'nin Etkili Feç Mesafeleri	95
Şekil 5.19. Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan elde edilen dalga gülü	96
Şekil 5.20. ECMWF operasyonel arşivden 36,8°N-30,7°E koordinatı için elde edilen dalga gülü	96
Şekil 5.21. Modellere ait saçılma diyagramı örneği	97
Şekil 5.22. Konyaaltı sahili ve Antalya falezleri çalışma bölgeleri.....	99
Şekil 5.23. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde akıntı düzeni.....	102
Şekil 5.24. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda taban tabakasında akıntı düzeni.....	103
Şekil 5.25. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda su derinliğinin d=-12 m olduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili (giriş noktası).....	103
Şekil 5.26. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde akıntı düzeni.....	104
Şekil 5.27. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda taban tabakasında akıntı düzeni.....	105
Şekil 5.28. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda su derinliğinin d=-12 m olduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili (giriş noktası).....	105
Şekil 5.29. Konyaaltı sahili kıyı doğrultusu ve sediman taşınım yönleri	107
Şekil 5.30. ÇKKV Antalya Körfezi- Konyaaltı Sahili Değerlendirmes	114
Şekil 5.31. Natural breaks metoduna göre Konyaaltı sahilinin kırılma değerleri ve sınıflandırması	115
Şekil 5.32. ÇKKV Antalya Körfezi- Falez Değerlendirmesi	116
Şekil 5.33. Naturel breaks metoduna göre falez bölgesi kırılma değerleri ve sınıflandırması	117

Şekil**Sayfa**

Şekil 5.34. Antalya Konyaaltı Plajı ve Falezler bölgesinde seçilen iki lokasyona ÇKKV yöntemi uygulanması sonucunda elde edilen uygunluk durumunu gösteren raster veriler	118
---	-----

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 5.1. Boğaçayı ve bağlanan yan kollar	108
Resim 5.2. 25 Aralık 2003 tarihli ve $Q=1900 \text{ m}^3/\text{s}$ debili Boğaçay taşkını.....	109
Resim 5.3. Ortadoğu Antalya Limanı	111

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

$\bar{x}$	x değerlerinin ortalaması
$\bar{y}$	y değerlerinin ortalaması
A	Giriş değişkeni x için bulanık küme
a, b, c	En küçük kareler yöntemiyle belirlenen sabit değerler
B	Giriş değişkeni y için bulanık küme
f	Bulanık kural
H_s	Belirgin dalga yüksekliği
n	Toplam veri sayısı
n	Toplam veri sayısı
T_s	Belirgin dalga periyodu
w	Üyelik derecesi (kural ağırlığı)
x,y	Giriş değerleri
x_i	Gözlemlenen veri değeri
y_i	Model tahmini

Kısaltmalar

Açıklamalar

ANFIS	Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi
BKAP	Bütünleşik Kıyı Alanları Planlaması
BKAY	Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi
BM	Bulanık Mantık
BM	Bulanık Mantık

Kısaltmalar**Açıklamalar****ÇKKV**

Çok Kriterli Karar Verme

ÇŞİB

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

ECMWF

Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi

KHK

Kanun Hükmünde Kararname

MAE

Ortalama mutlak hata

R

Korelasyon katsayısı

R²

Regresyon katsayısıdır

RMSE

Ortalama hata karelerinin toplamının karekökü

SÇD

Stratejik Çevresel Değerlendirme

YSA

Yapay sinir ağları

YSA

Yapay sinir ağları

1. GİRİŞ

Kıyı alanları çeşitli faaliyetlerin yürütülmesi ve yoğun nüfus artışıyla birlikte sanayileşme, ulaşım, turizm gibi etkenlerle hareketlenerek sunduğu imkanlar ve çekicilikler nedeniyle giderek kullanımı artan önemli bir kesişim noktasıdır. Bu bağlamda kıyı alanı kullanımı, planlaması ve yönetimi gibi kavramlar gelişmiş ve bunlar üzerine çalışmalar başlamıştır (Uzun,2013). Bu çalışmalar kapsamında kıyı yapıları da değerlendirilmiş ve kıyı yapıları için uygun alanların belirlenmesi, planlanması ve projelendirilmesi gibi durumlar ortaya çıkmıştır.

10.07.2018 tarihli Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında 1 No’lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile “Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ve Planlaması çalışmaları kıyı alanlarının düzenlenmesiyle ilgili iş ve işlemler ile bu alanlara ilişkin jeolojik ve jeoteknik etüt çalışmalarını yapmak, yaptırmak ve onay vermek, kıyı kenar çizgisini tespit etmek onaylamak ve tescilini sağlamak” görevi T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü’ne verilmiştir. 2018 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi doğrultusunda; Balıkesir – Çanakkale ile Aydın – Muğla İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planlamaları hazırlanmıştır. Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı, 2018 yılından sonra yapılan üçüncü plandır.

Tezde geliştirilen ÇKKV Matris yönteminin başarıyla uygulandığı Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planları 2021 yılında T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafınca onaylanmış olup <https://mpgm.csb.gov.tr/planlar-ve-projeler-i-84130> internet adresinde yayınlanmıştır. Onaylanan proje baz alınarak tezin ilk bölümünde çalışma alanı Antalya Körfezi olan örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Tezin ilk aşamasında bütünleşik kıyı alanları planlaması için önerilen, mekânsal gelişme eğilimlerinin ve stratejilerin belirlendiği Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi; kıyı taşıma kapasitelerini ve öncelikli kullanımları, çok kriterli karar verme matrisi ile belirleyen, kıyı morfolojisinin korunmasına yönelik tavsiye kararlarını içeren, kıyıyı kullanan bütün paydaşları dâhil ederek çok yönlü ve ortaklaşa yönetim modeli sunan, coğrafi bilgi sistemleri (GIS-CBS) tabanlı ve her türlü en yeni ve verimli teknolojik araçlar kullanılarak hazırlanan bir sentez yöntemidir. Bütünleşik kıyı alanları planlaması için geliştirilen ÇKKV matrisinin

5 ana kriter ve alt kriterlerinin ağırlıklandırmalarına dair bilgiler tezin ilk aşamasında açıklanmış olup, onaylanmış Edirne-Tekirdağ-Kırklareli projesi üzerinden Antalya-Konyaaltı çalışma bölgesi için de bir örnek çalışma geliştirilerek kıyı yönetimi plan ve stratejilerinde ÇKKV yönteminin kullanılabilirliğini göstermek hedeflenmiştir.

Tezin ikinci aşamasında, ÇKKV matrisi ‘Denizel Etkileşim Alanı’ kriteri içerisindeki ‘Dalga ve İklimsel Özellikler’ başta olmak üzere tüm kriterleri etkileyen ve kıyı yapıları plan ve projelerinde en temel ve etkili parametre olan belirgin dalga yüksekliği (H_s) tahmini çalışması gerçekleştirilmiştir.

Kara ile deniz ekosistemlerini birbirine bağlayarak önemli bir kilit noktası olan kıyı alanlarındaki yapıların planlanması ve projelerin oluşturulmasında en kritik ölçütlerden biri dalgadır. Belirgin dalga yüksekliği (H_s) kıyı yapılarına etki eden dinamik kuvvetlerin etkinliğini belirlemedeki temel parametredir. H_s veya $H_{1/3}$ olarak gösterilen belirgin dalga yüksekliği, belirli bir yer ve zaman aralığındaki dalga verilerinin en büyük üçte birinin ortalama dalga yüksekliğidir. Kıyı Mühendisliğinde kıyı yapılarının tasarımı dışında kıyı alanlarının planlanması, sediman taşınımı, kıyı erozyonu, kirleticilerin yayılması gibi bir çok hususta önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, belirgin dalga yüksekliğinin doğruluğu büyük öneme sahiptir.

İkinci bölümdeki çalışmanın amacı belirgin dalga yüksekliğini bir yapay zeka tekniği olan Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System- ANFIS) metoduyla modelleyerek en doğru tahmin sonuçlarına ulaşmaktır. Antalya bölgesindeki şamandıradan alınan veriler ile modeller oluşturularak belirgin dalga yüksekliği tahminleri yapılmış ve tahmin modellerinin doğruluk analizi alınan gerçek veriler ile karşılaştırılarak yapılmıştır.

Literatürde, karşılaştırma işlemini anlamlı hale getirmek için çeşitli istatistiksel performans parametreleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda istatistiksel performans parametreleri yardımıyla, model tahmin sonuçları ile gözlemlenen verileri ilişkilendirilerek en uygun model seçimi yapılmaktadır. Bu seçimde anahtar rol oynayan bu parametrelerden en çok kullanılanları; ortalama hata karelerinin toplamının karekökü (RMSE- Root Mean Square Error), ortalama mutlak hata (MAE- Mean Absolute Error), korelasyon katsayısı (R-

Correlation Coefficients) ve regresyon katsayısıdır (R^2 -Regression Coefficient) (Nayak ve Sudheer, 2008; Tür ve Balas, 2010).

Ayrıca bu çalışma kapsamında, şamandıra ölçüm verileri ile yapılan ANFIS tahminlerinin geçerliliğini teyit etmek amaçlı çalışma bölgesi olarak Antalya Körfezi belirlenmiş ve Hydrotam-3D yazılımının CBS tabanlı modelindeki Dalga İklimi alt modeli kullanılarak, şamandıra verileri ile karşılaştırmak için derin deniz dalga gülleri elde edilmiştir. Şamandıra ölçüm verilerinin dalga gülü, Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan elde edilen dalga gülü, ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) operasyonel arşivinden 36,80°N-30,70°E elde edilen dalga gülü karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. ANFIS Yöntemi

ANFIS yönteminin su kaynaklarının tahmini ve planlamasında uygunluğu araştırılan bir çalışmada, çalışma sahası olarak Büyük Menderes havzası tercih edilmiş, dört farklı akarsu kolu için akış ve katı madde tahmin modelleri kurulmuştur. Geçmişte gözlenen yağış, akış ve katı madde verileri temin edilerek veri setleri oluşturulmuştur. Büyük Menderes havzasında akış ve katı madde tahmini için, başta sadece akış verisi kullanarak farklı giriş sayısına sahip modeller geliştirilmiş (I. Tip tahmin modeli), sonra modellere ortalama yağış değişkeni katılarak yeni modeller oluşturulmuştur (II. Tip tahmin modeli). Değerlendirme sonuçlarına göre, her bir akarsu kolunda akış ve katı madde tahmini için, II. Tip ANFIS tahmin modellerinin daha iyi sonuç verdiği ve daha uygun olduğu görülmüştür. En uygun modeli belirleyerek yapay sinir ağı yöntemleri ile karşılaştırılmış ANFIS modellerinin başarı değerlendirmesinde bulunulmuştur. Su kaynakları tahmini ve planlamasında ANFIS yönteminin kullanılmasının uygun olduğu ve başarılı sonuçlar elde edileceği gösterilmiştir (Fırat,2007).

Karadeniz bölgesinde Filyos denizel alanında yapılan bir çalışmada, literatürde bulunan deterministik ve stokastik yöntemlere başka bir yaklaşım seçeneği olarak Neuro-Fuzzy yöntemi önerilmiştir. Günlük ortalama Hs ve belirgin dalga periyodu (Ts) donelerinden faydalanılarak günlük Hs tahmini gerçekleştirebilen Neuro-Fuzzy modeller geliştirilmiştir. ANFIS metodu kullanılarak belirgin dalga yüksekliği (Hs) tahmini yapılmıştır. Hs ve Ts girdilerine ait farklı zaman aralıklarında ölçülmüş toplam 708 adet veri modellerde kullanılmıştır. Verilerin %70'i sistemin eğitilmesinde geri kalanı ise model doğruluğunun testinde kullanılmıştır. Farklı üyelik fonksiyonları ve algoritmalarla oluşturulan modellerin tahmin sonuçları gerçek verilerle kıyaslanmıştır. Önerilen metodun gerçeğe yakın sonuçlar verdiği eksik veri setiyle Hs tahmininde bulunulması gereken şartlarda başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha düşük hata değerlerine ve daha yüksek korelasyona sahip olduğu görülmüştür (Tür ve Balas,2010).

Yüzey sularının ekolojik durumlarını kategorilere ayırmak amacıyla ANFIS metodu ile yapılan bir çalışmada; biyolojik, hidro-morfolojik ve fizikokimyasal göstergeler kullanılarak

ekolojik durum değerlendirmesi yapılmıştır. Ebro nehri havzasındaki 378 örnekleme sahasından derlenen bir veri seti kullanılarak hibrit modeli eğitme ve doğrulama aşamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmada örnekleme veri setlerinin %90'ının, sinirsel-bulanık modellerle %97,6'ya kadar doğru şekilde sınıflandırmayı başarmış olduğu gözlemlenmiştir. Bu alışma sonucunda, ANFIS metoduyla yüzey sularının ekolojik durum sınıflandırmasında başarılı olduğu ve sınıflandırmanın doğru bir şekilde yapılacağı desteklenerek ANFIS metodu önerilmiştir. (Ocampo-Duque, Schuhmacher ve Domingo.,2007).

Yapay Sinir Ağları (YSA) ve ANFIS yöntemleri kullanılarak sediment taşınımı tahminleri gerçekleştirilen çalışmada, tahminlerin yeterliliği ve uygunluğu üzerine çalışılmıştır. Yang analizlerinin temel alınarak yapıldığı çalışmada 79 veri seti oluşturulmuştur. Veri setlerinin 39'unu sistem eğitiminde, 40'ını model geçerliliğini test etmede kullanılmıştır. ANFIS girdi üyelik fonksiyonu için Gauss ve Gauss 2 tercih etmiş; çıktı üyelik fonksiyonu için lineer ve sabit tipler kullanılmıştır. Araştırmada, su deşarjı, ortalama hız, su yüzeyi eğimi, kayma arasındaki ilişkileri belirlemek için YSA'nın ileri beslemeli geri yayılım yöntemi kullanılarak stres ve akım gücü üzerine çalışılmış ve çeşitli kombinasyonlarda ANFIS metodolojisinin hibrit ve geri yayılım özelliklerinden faydalanılmıştır. Sonucunda her iki metodunda başarılı kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. (Vazifehkhah,2012).

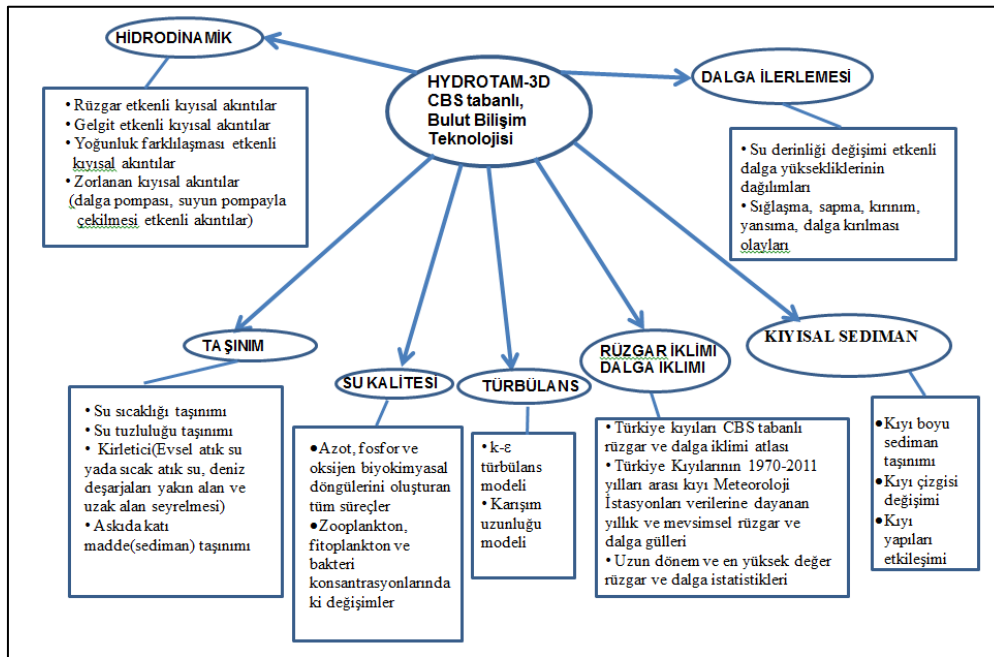
Kızılırmak nehrine bağlı 3 farklı koldaki 5 farklı istasyonda, radyal tabanlı YSA, çok katmanlı YSA ve ANFIS yapay zeka yöntemleri kullanılarak akım tahmini yapılan bir çalışmada, akarsu enkesit dilimleri oluşturulmuş, hız-alan yöntemi kullanılarak dilimlerin debileri belirlenmiştir. Belirlenen nehir en kesit genişliği, en kesit dilim genişliği, taban eğimi, taban pürüzlölüğü ve dilimden geçen suyun yüksekliği parametreleri giriş verisi olarak farklı kombinasyonlar halinde modellenerek debiye etkileri incelenmiştir. Model tahmin sonuçları arazi ölçümleriyle karşılaştırılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Böylelikle hem parametre etkileri hem yapay zeka yöntemleri karşılaştırılan bir çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak tüm parametreler ve hata performanslarına bakıldığında en yüksek doğrulukta ve gerçeğe yakın sonucu ANFIS metodunun verdiği, çok katmanlı YSA ve radyal tabanlı YSA model sonuçlarının da birbirine oldukça yakın olduğu, aynı zamanda başarılı sonuçlar verdiği elde edilmiştir. Seviye ölçümlerinin debi tahmininde tek başına verdiği sonuçların yetersiz kaldığı, diğer girdi datalarıyla birlikte ise en etkili giriş parametresi olduğu sonucuna varılmıştır. (Gemici, Ardıçlıoğlu ve Kocabaş.,2013).

Hindistan'daki Dharoi alt havzası için yağış-akış modellemesi geliştirilen bir çalışma için ANFIS metodu kullanılmıştır. Modelin girdisi olarak farklı yağış kombinasyonları yapılmıştır. Akış tahmini için model yapılarında üçgen üyelik fonksiyonu, hibrid optimizasyon yöntemi ve “grid partition” metodu tercih edilmiştir. 1968-2010 yıllarına ait, her yılın Haziran ayından Ekim ayına kadar olan ölçümleri dikkate alınarak oluşturulmuş, toplamda 217 aylık bir veri seti oluşturulmuştur. Verileri farklı oranlarda %80-%20, %70%30 ve %60, %40 şeklinde eğitim ve test olarak gruplanmıştır. Akış modelleri, Dharoi alt havzasındaki üç adet (Hadad, Khedbrhama, Dharoi) yağmur ölçüm istasyonu için ayrı ayrı geliştirilmiştir. Model performans parametreleri kullanılarak her üç istasyon içinde en iyi sonucu %80-%20 oranı ile oluşturulan modellerin verdiği gözlemlenmiştir. (Panchal, Suryanarayana ve Parekh., 2014).

Filyos yöresi için belirgin dalga yüksekliğinin (H_s) ANFIS metodu kullanılarak tahmin edildiği bir çalışmada, yaklaşık 8000 adet dalga yüksekliği ölçümü içeren veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinin 5500 adetini yapay zekanın eğitimi için, 2500 adetini ise test aşaması için gruplandırılmıştır. H_s için farklı algoritmalar ve alt modeller oluşturulmuş, tahmin sonuçları çeşitli istatistiksel performans parametreleri kullanılarak kendi aralarında kıyaslanmıştır. Geliştirilen zaman gecikmeli alt modellerde, dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) kombinasyonlu şekilde geciktirilerek analizlerde bulunulmuştur. Alt model analiz sonuçlarına göre, H_s ve T_s 'in beraber kullanıldığı modellerin tahmin sonuçlarının gerçeğe daha yakın ve yüksek korelasyona sahip olduğu, sadece H_s 'e bağlı modellerin ise daha düşük korelasyonlu ve gerçeğe daha uzak tahmin sonucu verdiği elde edilmiştir. ANFIS'in bilhassa eksik veri seti kullanılarak H_s 'in değerlendirilmesi gereken şartlarda doğruluk oranının ve korelasyonun yüksek değerlere sahip olduğu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca veri sayısının fazlalığının doğruluk oranına faydası olduğu gözlemlenmiştir (Tür, 2016).

Karadeniz bölgesi Akçakoca kıyısında taş dolgu dalgakıran tasarımı çalışması ve bu yapıyı etkileyecek belirgin dalga yüksekliğinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada ANFIS yöntemi ve zaman serisi analizi modeli kullanılmıştır. Tasarım için verileri ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) aracılığıyla elde edilmiştir. Akçakoca deniz yöresinin yapı önü dalga yüksekliğini belirleyebilmek için Prof. Dr. Lale Balas tarafından geliştirilen Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli (HYDROTAM-3D) kapsamında bulunan Dalga İklimi ve Dalga İlerlemesi Alt Modülleri (Şekil 2.1)

kullanılmıştır (HYDROTAM-3D, 2021). Çalışma kapsamında ANFIS modellemesi için geliştirilen modellerin 6 saatlik tahminler yapabildiği, geçmiş yıllara ait eksik verileri tamamlayabildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, modellerde Gauss ve Gumbel üyelik fonksiyonlarının diğerlerine göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği ve Hibrid optimizasyon yöntemi kullanılan modellerin daha doğru tahmin ettiği belirlenmiştir. ANFIS metodunun geleceğe yönelik, eksik ve hatalı dalga yüksekliği tahmininde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Üzerine çalışılan her iki yöntemin de başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlenmiştir (Şirin,2021).



Şekil 2.1. HYDROTAM-3D modeli

2.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri

Deniz mekansal planlaması, paydaşların ve çevrenin rekabet halindeki taleplerini göz önünde bulundurarak okyanus alanının çeşitli faaliyetlere tahsis edilmesini içeren karmaşık bir süreçtir. Karar vermeyi kolaylaştırmak ve farklı senaryoların potansiyel etkilerini değerlendirmek için çok kriterli karar destek sistemleri (Multicriteria Decision Support Systems MC-DSSs) ve simülasyon yöntemleri geliştirilmiş ve deniz mekansal planlamasında uygulanmıştır. Bu bölüm, çok kriterli karar destek sistemleri ve deniz mekansal planlamasındaki simülasyon yöntemleri ile ilgili literatürü gözden geçirmektedir.

Bir dizi çalışma, deniz mekansal planlamasında MC-DSSs'nin önemini vurgulamıştır. Örneğin, Tissot, Mach ve Brown-Saracino (2020), Amerika Birleşik Devletleri'ndeki açık deniz rüzgar enerjisi projelerinin değerlendirilmesine yardımcı olmak için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem çevresel, ekonomik ve sosyal kriterleri bir araya getirdi ve önerilen bir rüzgar çiftliği için en uygun yeri belirlemek için kullanılmıştır. Huang, Yang, Liu ve Chen (2020), Tayvan'daki kıyı geliştirme projelerinin değerlendirilmesine yardımcı olmak için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem çevresel, sosyal ve ekonomik kriterleri içeriyordu ve önerilen bir proje için en iyi geliştirme seçeneğini belirlemek için kullanılmıştır. Abou-Ali, Mohamed, El-Sayed ve Kura (2020), Mısır'daki mercan resiflerinin yönetimi için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem, bir dizi ekolojik ve sosyoekonomik kritere dayalı olarak koruma eylemlerine öncelik vermek için kullanılmıştır. Benzer şekilde Su ve diğerleri (2019), Çin'deki deniz koruma alanlarının yönetimi için çok kriterli karar destek sistemi geliştirmiştir. Sistem, bir dizi ekolojik ve sosyoekonomik kritere dayalı olarak koruma eylemlerine öncelik vermek için kullanılmıştır.

Birkaç çalışma, özellikle kıyı tehlike yönetimi için MC-DSS'lerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Örneğin; Hossain, Rahman, Paul ve Islam (2021), Bangladeş'te kıyı selleri için uyum seçeneklerinin seçimi için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem, kıyı şeridi koruması ve arazi kullanım planlaması gibi çeşitli uyum önlemlerinin etkinliğini değerlendirmek için kullanılmıştır. Benzer şekilde; Tan, Huang Hu ve Zhang (2018), Çin'deki kıyı erozyonunun yönetimi için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem bir dizi fiziksel, çevresel ve sosyoekonomik kriter içeriyordu ve erozyon kontrol önlemlerine öncelik vermek için kullanılmıştır.

Birkaç çalışma, kıyı ekosistem yönetimi bağlamında MC-DSS'lerin kullanımını araştırmıştır. Örneğin, Truong ve diğerleri (2020), Vietnam'daki deniz çayırılarının restorasyonu için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem ekolojik, ekonomik ve sosyal kriterleri entegre etmiş ve restorasyon alanlarına ve yönetim eylemlerine öncelik vermek için kullanılmıştır. Benzer şekilde, Wang ve diğerleri (2020), Çin'deki mangrov ormanlarının yönetimi için bir MC-DSS geliştirmiştir. Sistem ekolojik, ekonomik ve sosyal kriterleri bir araya getirmiş ve belirli bir mangrov ormanı için en iyi yönetim seçeneklerini belirlemek için kullanılmıştır.

Birkaç çalışma da deniz mekansal planlamasında simülasyon yöntemlerinin kullanımına odaklanmıştır. Örneğin; Arkhipova, Gromisz ve Klusek (2018), açık deniz rüzgar

çiftliklerinin Baltık Denizi'ndeki ekosistem üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Model, farklı senaryoları değerlendirmek ve en sürdürülebilir seçeneği belirlemek için kullanılmıştır. Benzer şekilde; Zajac ve diğerleri (2019), tarama faaliyetlerinin Kuzey Denizi'ndeki bentik habitatlar üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir simülasyon modeli kullanmıştır.

Diğer çalışmalar, çok kriterli karar destek sistemlerinin ve simülasyon yöntemlerinin deniz mekansal planlamaya entegrasyonunu araştırmıştır. Örneğin, Cabral ve diğerleri (2018), Portekiz'de su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir simülasyon modeliyle bağlantılı çok kriterli karar destek sistemi geliştirdi. Sistem, önerilen bir su ürünleri yetiştiriciliği sahası için en iyi yönetim seçeneklerini belirlemek için kullanıldı. Benzer şekilde, Larkin ve diğerleri (2018), deniz trafiğinin Amerika Birleşik Devletleri'ndeki deniz memelileri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir simülasyon modeliyle entegre edilmiş çok kriterli karar destek sistemi geliştirdi.

Genel olarak literatür, çok kriterli karar destek sistemlerinin ve simülasyon yöntemlerinin kıyı bölgesi yönetiminde karar vermeyi desteklemek ve deniz mekansal planlamasındaki farklı senaryoların potansiyel etkilerini değerlendirmek için önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu araçlar, çoklu kriterlerin ve paydaş tercihlerinin entegrasyonunu kolaylaştırabilir ve karmaşık ve belirsiz ortamlarda en uygun yönetim seçeneklerini belirlemeye yardımcı olabilir.

2.3. Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi (BKAY) ve Planlama Uygulamaları

Kıyı alanları ülkesel kalkınma politikaları, ekonomik ve sosyal faaliyetler ile denizel sektörler açısından önemli alanlardır. Bu alanların yönetilmesi, kullanımı ve planlanması üzerine yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu yaklaşımların temelini uluslararası ve ulusal düzeyde bütünleşik bir yaklaşım modelinin gerekliliği oluşturmaktadır (Söylemez ve diğerleri,2018).

Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi (BKAY), kıyı bölgelerinin sürdürülebilir yönetimini teşvik eden dinamik, çok disiplinli ve yinelemeli bir işleştir. BKAY bilgi toplama, planlama (en kapsamlı şekilde), karar verme, yönetim ve uygulamanın izlenmesi

döngüsünün tamamını kapsar. BKAY, belli bir kıyı alanındaki toplumsal amaçları değerlendirmek ve bu amaçları gerçekleştirmek için adımlar atmak adına tüm paydaşların bilinçli katılımını ve ortaklığını kullanır. BKAY, uzun sürede çevresel, ekonomik, sosyal, kültürel ve rekreasyonel amaçları doğal dinamiklerin belirlediği sınırlar dahilinde dengelemeyi amaçlar. BKAY'de 'bütünleşik', hedeflerin bütünleştirilmesini ve ayrıca bu hedefleri karşılamak için gereken birçok aracın da bütünleştirilmesini ifade eder. BKAY ayrıca ilgili tüm politika alanlarının, sektörlerin ve yönetim düzeylerinin bütünleşmesi anlamına gelir.

Kıyı alanları ile ilgili yasal düzenlemelerin temeli 1972 yılında gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'na (Stockholm Konferansı) ve devamında Amerika Birleşik Devletleri'nde çıkarılan Kıyı Bölgeleri Yönetim Yasası (KBYY/ Coastal Zone Management Act-CZMA)'na dayanmaktadır (Söylemez ve diğerleri,2018; Cicin-Sain, 1998). BKAY fikri ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri Kongresi tarafından 1972'de yürürlüğe giren KBYY ile ulusal politika ölçeğinde tanıtıldı. BKAY kavramı o zamandan bu yana çok yol kat etmiştir. Diğer ulusal politikalarda KBYY'ye doğrudan atıfta bulunulmamasına rağmen, akademisyenler ABD yaklaşımının yasa, yönetmelik ve politikalar benimseyen diğer bazı ülkeler üzerindeki etkisine dikkat çekmişlerdir (Alterman ve Pellach,2020). KBYY'ye dayalı federal yönetim çerçevesi, bazı akademisyenlerin belirttiği gibi mükemmel bir tarif değildir (Neal, Pilkey, Cooper ve Longo., 2018), ancak yasanın türünün ilk örneği olması, dünya çapındaki kıyı yönetimi mevzuatlarını dolaylı ya da dolaylı olmayan şekilde etkilemiştir. BKAY yıllar içerisinde teorik ve metodolojik bir çerçeve olacak şekilde gelişmiştir (Alterman ve Pellach,2020). Kavramın kökeni büyük ölçüde CZMA'ya kadar izlenebilsede, bu çerçeveyi şekillendiren önemli yayınların çoğu 1990'larda yayınlanmıştır. Örneğin el kitapları ve kılavuzlar; Coastal Zone Management Handbook (Clark,1995) ve Fundamentals of Integrated Coastal Management (Vallega,1999).

Stockholm Konferansı uluslararası alanda çevre sorunlarına çözüm getirmek amacıyla yapılmış, neticesinde kurulan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) öncülüğünde 1974 yılında 'Bölgesel Deniz Programı' çalışmaları başlatılmıştır ve 1975 yılında Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler ile Avrupa Birliği taraflarınca Akdeniz Eylem Planı (MAP) onaylanmıştır (Kanlı ve Falcıoğlu, 2021; Algan,2011). Sonrasında 1976 yılında kıyı devletleri bir araya gelerek Akdeniz öncelikli eylem planının hukuki çerçevesini oluşturan Barselona

Sözleşmesi'ni kabul etmişlerdir. Barselona sözleşmesi Akdeniz ve kıyılarının kirliliğe karşı korunmasını sağlamak, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini ve yönetimini sağlamak, sosyal ve ekonomik alanda gelişmeyi çevresel değerleri göz önünde bulundurarak gerçekleştirmek amacı güden bir sözleşmedir. Türkiye'nin de taraf olduğu Barselona Sözleşmesi 1978'de yürürlüğe girmiş, 1980 yılında ülkemizce '16 Şubat 1976 Tarihinde Barselona'da İmzalanan Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunmasına Ait Sözleşme ile iki Protokol ve Eklerinin Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun' ile ilk resmîyetini kazanmıştır. 1989'da Akdeniz Eylem Planı'na bağlı Kıyı Alanları Yönetim Programı (MAP-CAMP) kurularak Türkiye'nin de dahil olduğu birçok ülkede çeşitli kıyı alanları projeleri gerçekleştirilmiştir (Duru,2003).

1970'lerde bilim camiasında doğan, 1980'lerde şekillenen Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi (BKAY) kavramı, 1992'de Rio Dünya Zirvesi sırasında uluslararası siyaset sahnesine girmiştir. Başka bir deyişle BKAY kavramının gelişiminin kaynağı olarak en çok atıfta bulunulan evrimsel nokta, Rio Deklarasyonu ve özellikle de Rio de Janeiro'da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) tarafından kabul edilen Gündem 21'in 17. Bölümü'dür. Bütünleşik kıyı alanları yönetiminin önem kazanmaya başladığı Rio Konferansı'nda sürekli kalkınmanın sağlanması için çevrenin ve kaynakların korunması gerektiğinin altı çizilmiştir. BM sistemi içinde, başta UNEP olmak üzere, BKAY, özellikle hem Akdeniz'in Kirliliğe Karşı Korunmasına İlişkin Barselona Sözleşmesi, hem de Güney Pasifik Bölgesel Çevre Programı'nın (SPREP) imzacılarının yer aldığı Bölgesel Denizler Programı aracılığıyla daha da geliştirilmiştir. Kapsamı genişletilen Barselona Sözleşmesi'nin adı 'Akdeniz'in Deniz Ortamı ve Kıyı Bölgesinin Korunması Sözleşmesi' şeklinde değiştirilmiştir (Kanlı ve Falcıoğlu, 2021). Benzer şekilde, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Deniz Çevresinin Karaya Dayalı Faaliyetlerden Korunmasına Yönelik Eylem Programı dahil olmak üzere UNCED'den kaynaklanan tüm büyük okyanus ve kıyı uluslararası sözleşmelerinde düzenleyici bir çerçeve olmuştur (Forrest,2006).

Bütünleşik kıyı yönetimi kavramıyla Akdeniz Eylem Planı'nda ikinci aşama sürecine geçilmiştir ve bu durumda Kıyı Alanları Yönetimi Programı'nı olumlu yönde etkileyerek güçlenmesini sağlamıştır. Akdeniz Eylem Planı kapsamında yapılan programların, tek bir bölgenin sıkıntılarını çözmekten çok, sıkıntıları tanımaya ve güçlü bir kıyı yönetimi sistemi oluşturma amaçlı olduğu söylenebilir (Duru,2003).

Dünya’da ve Türkiye’nin de bulunduğu Avrupa Bölgesinde ‘Bütünleşik Kıyı ve Deniz Alanları Yönetimi’ hem kıyı ve deniz alanları hem de etkileşimdeki kara tarafı yönetimi için önem arz etmektedir. 1999 yılında, Avrupa Parlamentosu “Bütünsel Kıyı Yönetimi Üzerine Avrupa için Bir Strateji” belgesi hazırlayarak, Avrupa için bu durumun önemini vurgulayarak kıyı alanları yönetiminin ana hatlarını belirlemiştir (11. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şurası, 2013).

Türkiye’de 1982 Anayasası’nda doğrudan kıyı alanlarıyla ilgili hükümlere ilk kez yer verilmiştir. (Gülbitti ve Özöduru,2020). 1990 yılında çıkarılan 3621 sayılı Kıyı Kanunu, BKAY ve planlamaya ilişkin temel ilke ve kuralları ortaya koyması ve kıyı arkası yerleşim alanlarını İmar Kanunu çerçevesinde planlaması nedeniyle kıyı alanlarındaki en önemli yasal düzenlemelerdendir. 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve Uygulama Yönetmeliği kıyı alanları planlamasında yürürlüğe girdiği tarihten bu zamana kadar temel yasal düzenleme olarak kullanılmaktadır.

Türkiye’de 1990’lı yıllarda kıyı alanlarına önem artmış ve girişimler başlamıştır. 1993 yılında ilk ve önemli bir adım atılarak Kıyı Alanları Yönetimi Türkiye Milli Komitesi (KAY-TMK) kurulmuştur. Sonrasında Akdeniz ve Karadeniz kıyı alanlarını koruma ve yönetimini sağlama amacıyla yine 1993 yılında Akdeniz Kıyı Vakfı kurulmuştur. Akdeniz Kıyı Vakfı hem uluslararası hem de ulusal anlamda doğrudan çalışmalar yürütmesi sebebiyle bütünleşik kıyı alanları yönetimi konusunda önemli bir girişim olmuştur.

1990’lı yılların başlarında hızlı bir şekilde müdahale edilmesi gereken küçük ölçekli kıyı alanları için başlanan projeler ve planlar, 2000’li yıllarda deniz faaliyetlerinin ve kıyı kesimlerindeki şehirleşmenin artmaya başlaması nedeniyle daha kapsamlı ve geniş ölçekli hazırlanmıştır. Devam eden süreçte de bütünleşik model benimsenerek yönetim ve planlamanın içeriği zenginleştirilerek her açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması amaçlanmıştır.

2000’li yılların başında benzer ancak yeni bir çerçeve, Deniz Mekansal Planlaması (DMP/Marine Spatial Planning, MSP) literatüre girdi (Ehler ve Douvère,2009). DMP dikkatleri BKAY çerçevesinden uzaklaştıran ancak asla tam olarak onun yerini almayan farklı bir yaklaşım olarak günümüzde uygulanmaktadır. 2020’lerin başlarında, BKAY

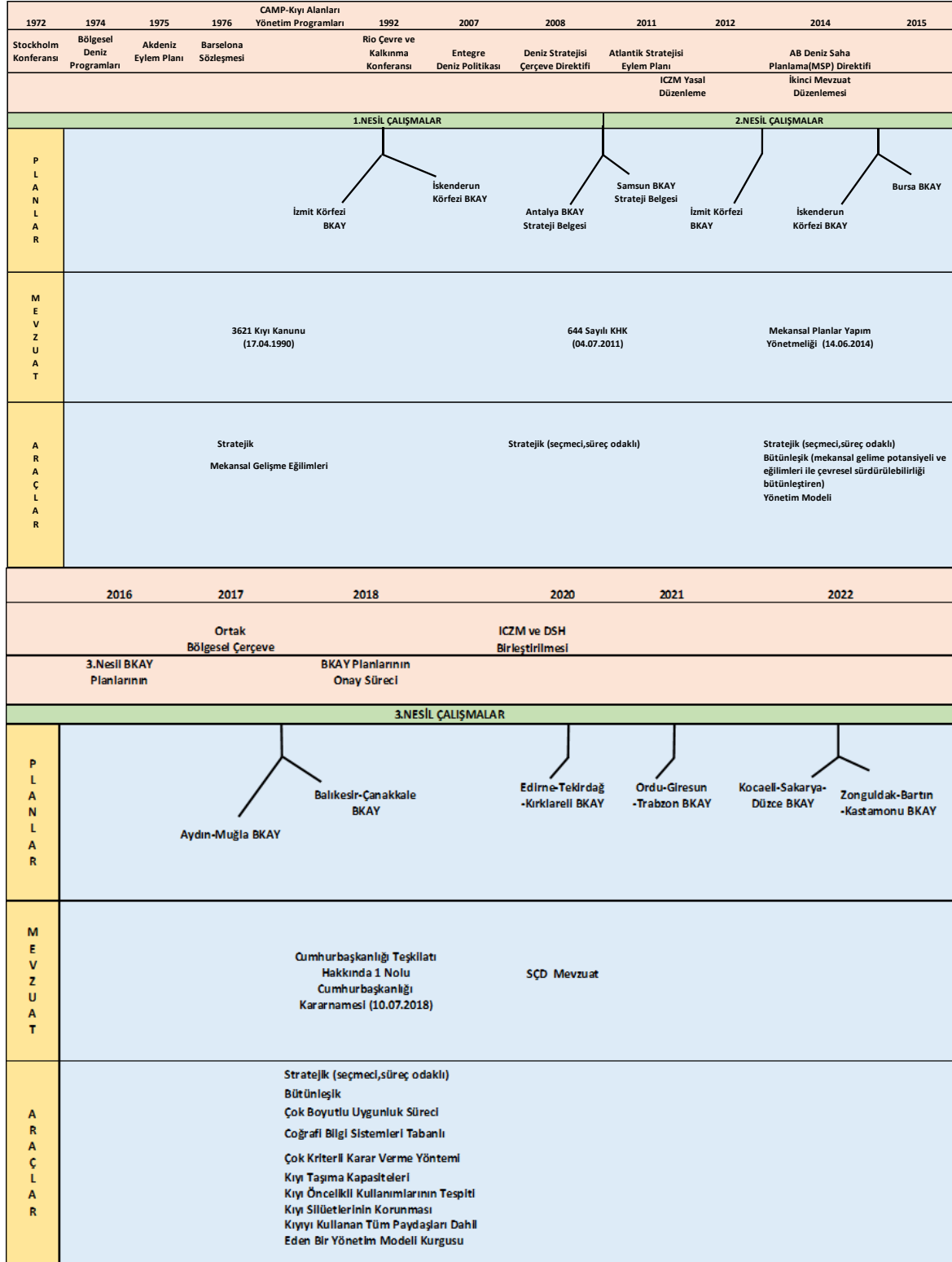
tartışmaları yeniden canlandı ve BKAY ile DMP, uyumlu olması gereken önemli çerçeveler olarak alanı paylaşmaktadır (Botero, Fanning, Milanes ve Planas., 2016).

Günümüzde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB) olan, 2011 yılında yürürlüğe giren 644 sayılı T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (ÇŞB) Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname (KHK) ile kıyı alanlarında planlama ve uygulama konusuyla ilgili görev ve yetkiler tekrardan düzenlenmiştir. Bu düzenleme ile bütünleşik kıyı alanları yönetimi kavramı Türkiye’de ilk defa bir yasal düzenleme içinde yer almıştır (Gülbitti ve Özüduru,2020). Bu düzenleme ile bütünleşik kıyı alanları yönetimi çalışmalarında birincil yetkili ve sorumlu ÇŞB olmuştur ve günümüzde de hala ÇŞİB tarafından yürütülmektedir. 2014 yılında ise Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. 3194 sayılı İmar Kanunu ve 644 sayılı KHK’nin ilgili maddeleri temel alınarak hazırlanmış, kıyı alanlarında bütünleşik planlama ve uygulamalar bakımından önemli hükümler içermektedir (Gülbitti ve Özüduru,2020).

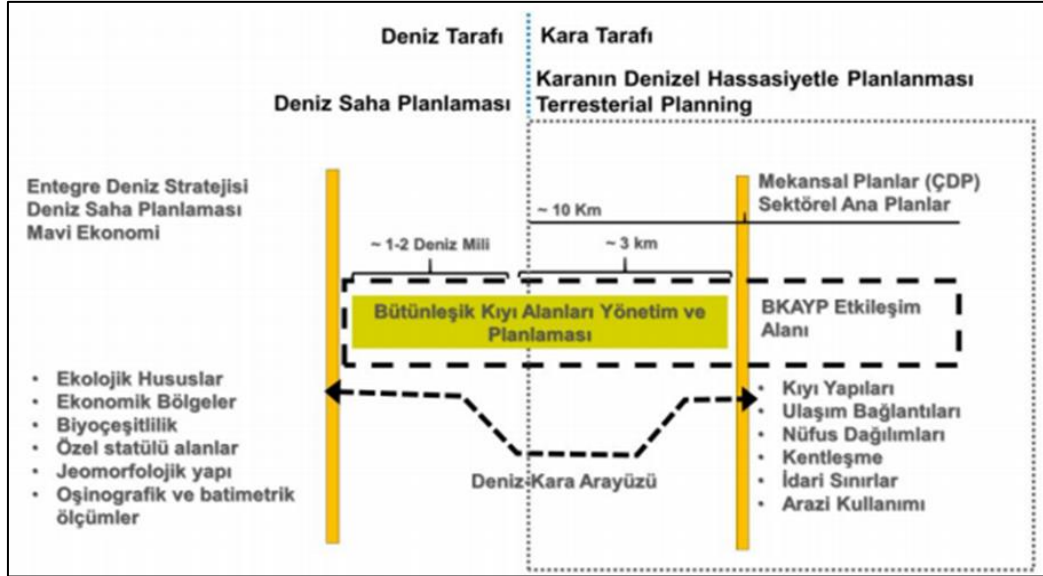
Bütünleşik Kıyı Alanları Planları (BKAP), 2018 yılında 1 No’lu Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile birlikte ÇŞİB-Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü’nün sorumluluğuna verilerek kıyı alanlarına dair yönetim ve plan çalışmalarını, gerekli etütleri yaptırma, onaylama ve tescilini sağlamak ile görevlendirilmiştir.

Aşağıdaki şekilde Türkiye’de bütünleşik kıyı alanları üzerine yapılan, yöntem ve içerik bakımından nesillere ayrılan plan çalışmaları, yıllar içerisinde gerçekleşen ulusal mevzuat ve uluslararası gelişmeler gösterilmiştir.

Giderek gelişen ve ekosistem sürdürülebilirliği sağlanarak hem tabiatın korunması hem de kıyı alanlarındaki sektörel faaliyetlerin gelişmesi ve ekonomik kalkınmaların sağlanması düşüncelerinin birleşimi şeklindeki düşünce yapısıyla ilerleyen bütünleşik kıyı alanları yönetimi çerçevesinde hem deniz hem kara tarafı etkileşimi aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Bütünleşik kıyı alanları yönetimi ve planlama süreci (ÇŞİB-MPGM,2020)



Şekil 2.3. Türkiye bütünsel kıyı alanları yönetiminde kara ve deniz tarafı (Söylemez ve diğerleri, 2018)

Bütünsel kıyı alanı yönetimi; kıyı alanlarında etkileşim içerisinde bulunan farklı eylemler ve sektörler göz önünde bulundurularak, sürdürülebilir ekolojik gelişmeyi ve toplumsal kalkınmayı sağlayabilecek, farklı ilgi alanları olan fakat ortak hedefi bulunan kurumlar, sektörler ve topluluklar için kurumsal yapılanma prosesini gerçekleştirmeyi amaçlar.

Bütünleşik kıyı alanları planı; kıyı alanlarının ve etkileşim halindeki kara ve deniz tarafındaki kaynakların muhafaza edilmesi ve kullanılması, faaliyet gösteren sektörlerin arasındaki uyumun sağlanması ve önceliklerin ortaya çıkarılması amacı ile bütünleşik yaklaşım modeli, alansal ve sektörel stratejileri içeren, şematik ve grafik planlama diline uygun, plan paftası ve planlama raporu ile ilgili kurum ve kuruluşların birlikteliğiyle hazırlanan bütünsel bir stratejik plandır.

Planın amacı

1. Kıyı alanlarını deniz ve kara etkileşimlerini dikkate alarak, bütün sektörel faaliyet ve planları, ekonomik, toplumsal ve çevresel açıdan bütünleşik bir bakışla incelemek,
2. Kıyı alanlarındaki faaliyetler ile kıyı alanlarına dair sektörel hedeflerin uyumunu sağlamak,

3. Kıyılarla ilgili bölgesel ve il düzeyinde yapılacak planlara ve çalışmalara yol göstermek, güncel bilgilerden faydalanılarak alt bölgelere ait mekansal gelişme ve plan stratejilerini tarif etmek,
4. Kıyı ekosisteminin sürdürülebilirliğini sağlamak, biyolojik ve doğal çeşitliliği korumak ve doğal kaynakların kullanımını gözetmek,
5. Mekânsal hedef, strateji ve eylem önerilerini koruma-kullanma dengesini sağlayacak şekilde belirlemek,
7. Plan alanının güçlü ve zayıf yönleri belirlenerek, alandaki fırsatların ve tehditlerin analizinin ortaya konulması,
6. Kıyı alanlarında yerel yönetimler ve yatırımcıların planlamaları, projeleri ve uygulamaları konusunda yetki ve sorumluluk sahibi kurum ve kuruluşlara rehberlik sağlamaktadır.

Bu planlar hazırlanırken sunulacak stratejilerin bilimsel veriler ile dayandırılmasında ‘Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV)’ kullanılmaktadır. “ÇKKV yöntemine kaynaklık eden tüm veriler ise BKAP işi araştırma, analiz ve sentez çalışmalarının temelini oluşturan; arazi çalışmaları, literatür taramaları, uzman raporları, kurum görüşmeleri, anket çalışmaları, kurum/kuruluş görüşleri ve görsel belgeleme çalışmalarına dayanmaktadır” (ÇŞİB,2022).

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ (ÇKKV) İLE GELİŞTİRİLEN BÜTÜNLEŞİK KIYI ALANI YÖNETİM PLANI (BKAP) MODELİ

ÇKKV matrisi için ana kriterler; Karasal Etkileşim Alanı, Kara-Deniz Arayüzü, Denizel Etkileşim Alanı, Çevresel Etki, Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik şeklinde önerilmiştir. Bu ana kriterler de alt kriterlere bağlanmış, ayrıntılandırılmış ve ağırlıklandırılmıştır.

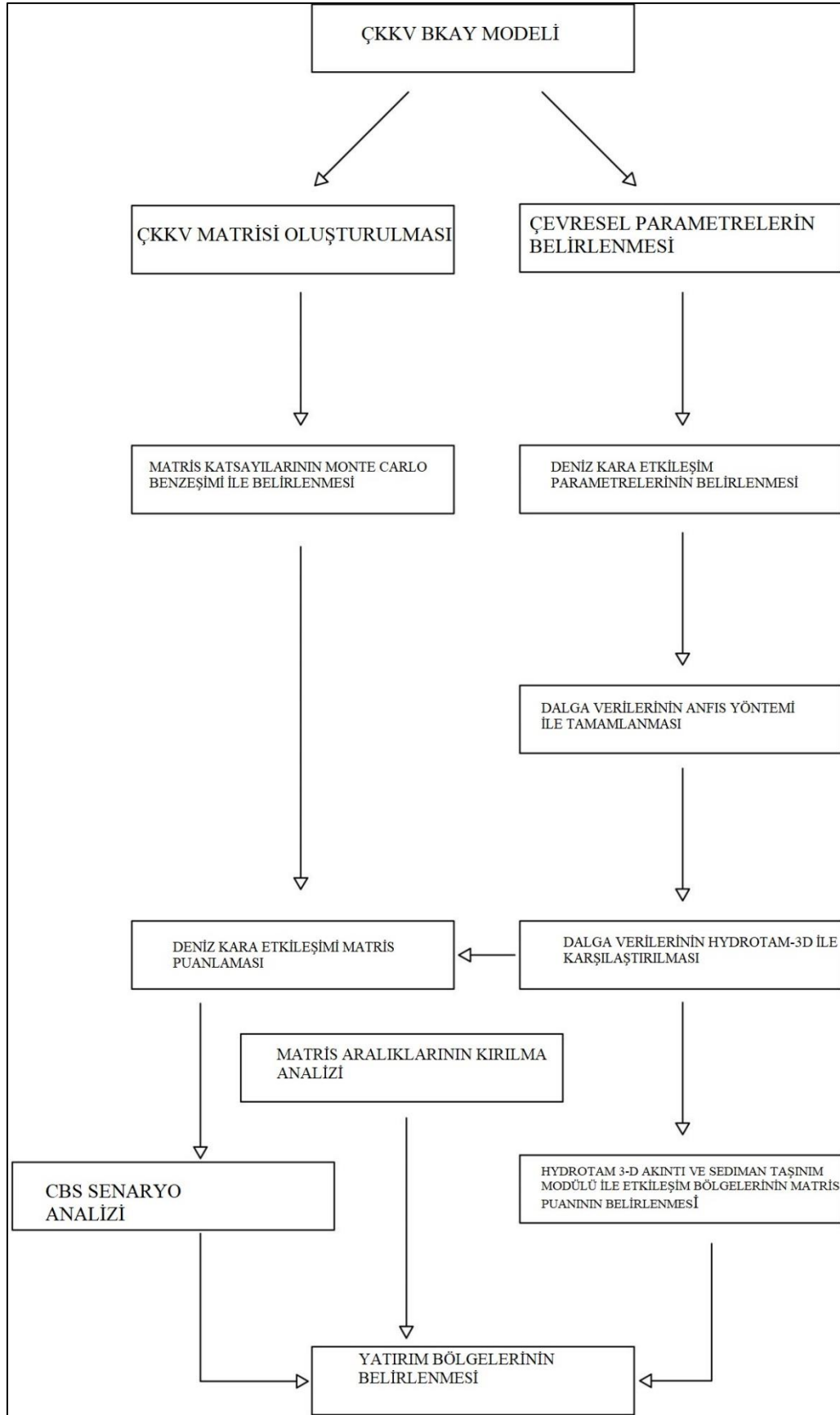
Tez kapsamında referans proje olarak seçilmiş olan Edirne Tekirdağ Kırklareli Bütünleşik Kıyı alanları Planlaması projesinden sonra ÇŞİB ÇKKV matrisinde revizyona giderek Kara-Deniz Arayüzü ana kriteri eklemiştir. Tez kapsamında da bu kritere yer verilmiştir.

Bu kapsamda yeni bir matris geliştirilmiş ve aşağıdaki çizelgede ÇKKV yönteminde kullanılacak bu matrisin detayları, ana kriterler şeklinde aşağıda önerilmiştir.

1. Deniz Tarafının Kara Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler,
2. Çevresel Etki Kriterleri,
3. Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriterleri
4. Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler,
5. Kara-Deniz Ara Yüzü Stratejik ÇED Alanlarına İlişkin Kriterler

Tüm ana kriterlerin tam 100 puan üzerinde değerlendirilmesi ön görülmektedir. Ana kriterler alt kriterlere bağlı parametrelerle ayrıntılı hale getirilmiştir.

Tezde geliştirilen modelin akış şeması Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Geliştirilen modelin akış şeması

3.1. Monte Carlo Yöntemi ile Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Karar analizi yöntemlerine Monte Carlo Benzeşimi, Bayes Karar Teorisi ve karar ağaçları gibi yöntemler örnek verilebilir. Bunlar belirsiz bir ortamda karar verme imkânı sunar. Bayes Karar Teorisi, karar vericiye ait geçmiş bilgi ve deneyimlerinin sonucu oluşan yargıları analize dâhil eder. Karar ağacı ise, karar vericinin proje hedeflerini başaran en iyi alternatifleri tanımlamasında yardımcı olur, belirli sayıda bilinen alternatifler ve bu alternatiflerin olası sonuçlarını grafiksel olarak ağaç şeklinde gösterir (Cardoso ve diğerleri,2008).

Monte Carlo benzeşimi ise stokastik simülasyonun bir formudur. Bu yöntem kullanılarak, gerekli güvenlik derecesini kaynak alan belirli sayıda tekrarlamaların yapılması ile karar verme sürecinde sonucun olasılığı elde edilir (Hsu ve Pan,2009). Bilgisayara dayalı bir yöntem olarak, dinamik karar verme sürecine uyumludur. Karar verme analizleri için, duyarlılık analizi, olasılık analizi, Monte-Carlo benzetimi, karar ağacı analizi gibi çoğunlukla stokastik özelliklere sahip tekniklerin kullanıldığı belirtilmektedir (Saaty ve Vargas, 2006). Yukarıda bahsedilen istatistik ve yöneylem tekniklerini kullanan yazılımlardan da yerleşebilirlik analizinde karar verme sürecinde yararlanılmaktadır. Saaty tarafından geliştirilmiş olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ise çok kriterli bir karar verme ve analiz yöntemidir (Balas ve diğerleri, 2006). AHP problemin çözümü üzerinde hedef değişkenini etkileyen tüm unsurların önem derecelerine göre değerlendirilmesini sağlar ve Monte Carlo yönteminde olduğu gibi duyarlılık analizi gerçekleştirir. Kararı etkileyen farklı derecelerdeki unsurların tek yönlü hiyerarşik bir ilişkiye sahip olduğunu kabul eder. AHP modeli en üst seviyede bir hedef ve bu hedefi tanımlayan alt kriterler ile hiyerarşinin en alt seviyesinde yer alan karar alternatiflerinden meydana gelir. Herhangi bir derecedeki unsurlar ikili olarak kıyaslanır (Balas, 2005). AHP yöntemi Monte Carlo benzeşimi ile birlikte kullanıldığında MAHP adını alır. MAHP yönteminde karar verici 1-10 skalasını temel alarak kriterler arasındaki önem derecesine karar verme zorunluluğundan kurtulur ve skalayı duyarlılık analizine bağlı olarak genişletebilir. Çizelge 3.1’de yerleşebilirlik analizinde kullanılan yazılımların özellikleri gösterilmiştir (Yuan ve diğerleri,2012). Çizelge 3.1’den görüldüğü gibi, dünyada karar verme süreçlerinde ve değişkenlerin modellenmesinde en çok kullanılan bilimsel yöntem Monte Carlo Benzeşimi veya Monte Carlo AHP yöntemidir. Bu çalışmada Gazi Üniversitesi’nin lisanlı programı olan Oracle Crystal Ball ile MAHP yöntem

matrisi oluşturulmuştur. Her bir kriter diğer kriterlerle karşılaştırılarak saçılım grafiklerine göre köşegen matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.1. Karar verme destek yazılımları (Yuan ve diğerleri, 2012)

Yazılım	Üretici	Kullanım Alanları	Kullanılan Yöntem	Desteklenen Yönetim Aşamaları
@Risk	Palisade Europe	Karar verme, duyarlılık, yerleşebilirlik tahmini	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
CRIMS	Expert Choice	Tespit edilmiş kriterlere göre alternatif belirleme	AHP	Karar verme, duyarlılık analizi
Decision Pro	Vanguard Software	Senaryo kurgulaması	Monte Carlo Benzetimi, Karar ağacı yönetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
Crystal Ball	Oracle	Yerleşim senaryolarına göre olasılık tabanlı modelleme, en uygun yer seçimi ve duyarlılık analizi	Monte Carlo Benzetimi, Duyarlılık testi	Karar verme, planlama ve duyarlılık analizi
iDecide	Decisive tools	Karar verme ve risk değerlendirme	Monte Carlo Benzetimi, etkileşim diyagramı yöntemi	Karar verme, duyarlılık analizi
Monte Carlo	Primavera	Yer seçimi değişkenlerine göre olasılık tabanlı modelleme, değişik planlama yazılımları ile entegrasyon	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
Precision Tree	Palisade Europe	Karar destek işlemi	Karar ağacı yöntemi, etkileşim diyagramı örneği	Karar verme, duyarlılık analizi
Predict Risk Analyser	Risk Decisions	Olasılık dağılımları ile değişkenlerin modellenmesi Değişik planlama yazılımları ile entegrasyon	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
Risk+	Project Gear	Olasılık dağılımları ile değişken modellenmesi	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
OpenPlan Professional	Welcome Software	Bilgi yönetim sistemi ile entegre kullanım	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
REMIS	HVR Consulting Service	Karar destek sistemi uygulaması	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi
Risk3 Risgen	Line International	Karar destek sistemi uygulaması	Monte Carlo Benzetimi	Karar verme, duyarlılık analizi

BKAY kriterlerinin oluşturulmasında üniversite öğretim üyelerinden oluşturulan disiplinler arası uzmanlar grubu, toplanan verileri ve karşılaştırmalarını daha iyi değerlendirmek için nitel bir ölçek çalışması gerçekleştirmişlerdir. Ölçek, bilimsel araştırmanın odaklandığı olaylar, olgular, nesneler ve varlıkların belirli özelliklerini ölçmek amacıyla kullanılan veri toplama aracıdır (Bayat,2014). Bilimsel araştırma gözlenebilen verilere dayanır ve ölçme işlemi bu gözlemler temelinde sistematik olarak sayısal biçimde kurgulanır.

Ölçekler sürekli ölçekler, tekli ölçekler ve çoklu ölçekler olarak üç kategoridir. (Altunışık ve diğerleri, 2007). Ayrıntılı şekilde kategorili ölçekler, sıralama ölçekleri, ikili karşılaştırma ölçekleri, likert ölçeği, semantik farklılıklar ölçeği ve stapel ölçeği şeklinde sınıflandırılmaktadır. Araştırmacılar bu ölçek tiplerinden kendi çalışmalarına uygun olanını kendi veri sistematığına göre kurgulayarak bilimsel çalışmalarına boyut ve anlam kazandırmaktadır. Bu tezde önerilen ÇKKV matrisinde, saha çalışmalarından elde edilen veriler uzmanlar tarafından değerlendirilerek sayısallaştırılmada kolaylık sağlayan ve aynı zamanda detaylı bir değerlendirmeye olan veren bir ölçeklendirme ile, ana kriterlerin ortalama 100 puan şeklinde ele alınması uygun görülmüştür. Bu ölçeklendirme, Şehir Bölge Planlama bilim dalından uygulamacı 5 uzman, Gazi Üniversitesi Çevre Mühendisliği bilim dalından 2 uzman, İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz ve Kıyı Mühendisliği bilim dalından 4 uzman, Biyoloji Eğitimi bilim dalından 1 uzman olmak üzere toplam 12 uzmanın disiplinler arası çalışması sonucu elde edilmiştir.

Uzmanların değerlendirmeleri T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı <https://mpgm.csb.gov.tr/planlar-ve-projeler-i-84130> internet adresinde yer almaktadır. Yine aynı uzmanlar tarafından verilerin güven aralıkları değerlendirilerek, Monte Carlo benzeşiminde her bir ana kriter için ortalama 100 puan alınmıştır. İstatistiksel dağılım türleri (normal dağılım, log normal dağılım) ve değişkenlik katsayıları değerlendirilerek uzman görüşlerine göre dağılımların istatistiksel parametreleri (ortalama değer ve standart sapma) belirlenmiş, her bir kriter için istatistiksel benzeşimler gerçekleştirilmiştir. Bu simülasyonlar sonucunda, her bir veriyi temsil eden olasılık yoğunluk fonksiyonlarının olasılıklarına göre, ters benzeşim ile ÇKKV değerleri bilgisayarda 10000 kez benzeştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.1-Şekil 3.12 arasında sunulmuştur.

Benzeşimin amacı, gerçekteki uygulamaları Merkezi Limit Teoremi çerçevesinde denge durumu elde edilene kadar bilgisayar ortamında elde etmektir. Böylece yıllar sürecektir uygulamalar bilgisayarda birkaç saniyelik CPU süresi içerisinde tekrarlanabilmekte ve sonuçlar istatistiksel olarak denge durumuna yakınsamaktadır. BKAP'ta en büyük etkiye sahip deniz alanı parametreleri bir sonraki bölümde tanımlanmıştır.

3.2. Deniz Tarafının Kara Tarafı ile Mekansal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler

3.2.1. Kıyı yapıları kapasite kullanımı

Demir-çelik sanayisi, petrol ve petrokimya endüstrisi, tersaneler ve serbest ticaret bölgeleri, kapasite ihtiyacının en önemli faktörleri arasında yer almaktadır. Depolama, dağıtım ve toplama gibi işlevler, bir limanın kapasitesini etkileyen unsurlardır. Konteyner taşımacılığı, küresel ölçekte rekabetin yoğun olduğu uluslararası firmalar için bir çağa geçişi temsil etmektedir. Bölgesel gelişim için etkili bir ulaşım ağı oluşturulması, iç bölgelere dağıtımını kolaylaştırmak ve limanların bölgesel kalkınmaya etkisini artırmak amacıyla önemlidir. Bu nedenle, taşıma kapasitesinin hesaplanmasıyla tüm bu gereksinimler belirlenmekte ve liman türüne bağlı olarak ihtiyacın var olup olmadığı değerlendirilmektedir. Kapasite kullanımı ve liman potansiyelinin belirlenmesi, en önemli alt kriter olarak kabul edilmiş ve interdisipliner uzman çalışması sonucunda bu alt kriter için 22 puan verilmiştir.

3.2.2. Dalga ve iklimsel özellikler

Farklı rüzgâr ölçerlerin kullanıldığı kıyı meteoroloji istasyonları, rüzgâr hızı, yönü ve süresi gibi verileri ölçme imkanı sunmaktadır. Bu istasyonlar genellikle kıyı şehirlerinde ve deniz seviyesinden farklı yüksekliklerde konumlanmıştır. Rüzgâr yönü için 16 farklı dilim tanımlanmıştır. Dalga tahminleri için en uygun veriler, uzun süreli (en az 10 yıl) rüzgâr ölçümleriyle elde edilen deniz kıyısındaki meteoroloji istasyonlarından sağlanmaktadır. Kıyı boyu kum hareketleri, kıyı dengelemesi, kıyı erozyonu ve kumlanması, limanların kumlanması, liman içi çalkantılar, dalgakıran tasarımı, seyir (navigasyon) ve tarama ihtiyaçları, dalga ve iklimsel özelliklerin olumlu veya olumsuz etkilerine bağlı olarak değerlendirilmekte ve ÇKKV yöntemiyle analiz edilmektedir. Bu alt kriterin

değerlendirilmesi, interdisipliner uzman çalışması sonucunda olumlu verilerin 13 puan, olumsuz dalga koşullarının ise 1 puan olarak kabul edilmesi öngörülmüştür.

3.2.3. Akıntı iklimi

Kıyı yapılarının genellikle yüksek maliyetli olması nedeniyle planlanırken, uygun kıyı alanlarının seçilmesi, çevreye minimal zarar veren tasarımların yapılması ve ekonomik faktörlerin dikkate alınması gibi hususlar değerlendirilmektedir. Kıyı yapılarının varlığı, kıyı alanlarında akıntı düzeninde değişikliklere neden olmakta, sediment taşınımı kıyı boyunca ve kıyıya dik yönde artmakta ve bu durum erozyon ve sediment birikimi gibi etkilerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Akıntılar genellikle rüzgâr, gel-git, su seviyesi değişiklikleri gibi faktörlerden kaynaklanmakla birlikte sıcaklık, yoğunluk ve diğer değişikliklerden etkilenebilmektedir. Sonuç olarak, akıntılar yerel olarak rüzgâr kaynaklı oluşmakta ve bölgenin okyanusografik özelliklerine bağlı olarak gemi manevraları, limandaki su alanlarında faaliyetlerin kirletici etkisinin yayılması ve sediment taşınım miktarı gibi etkilere sahip olabilir. Bu etkiler liman türüne göre değerlendirilerek ÇKKV yönteminde analiz edilmektedir. Düşük akıntı hızı ve dolaşımlar olumlu olarak 9 puan alırken, olumsuz koşullar ise 1 puanla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, interdisipliner uzman çalışması sonucunda yapılmıştır.

3.2.4. Kıyı jeomorfolojisi ve taşınım

Kıyı boyunca sediman taşınımının temel nedeni dalga kırılması sonucu oluşan akıntılardır. Dalga etkili akıntıların benzeştirilebilmesi için dalga transformasyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalar, derin denizde rüzgar etkisiyle oluşan dalgaların derin denizden sığ suya doğru ilerlerken meydana gelen sapma, dönme, sığlaşma, yansıma ve kırılma gibi olayları içerir. Sediman taşınımının doğru bir şekilde benzeştirilebilmesi, dalga etkisiyle oluşan akıntı düzeninin doğru bir şekilde modellenmesine ve bu akıntı düzeninin de dalga ilerlemesinin doğru bir şekilde benzeştirilmesine bağlıdır. Sediman taşınımı modellenmesi şu çalışmaları içermektedir:

1. Dalga ikliminin belirlenmesi
2. Dalga transformasyon çalışmalarıyla (sapma, dönme, sığlaşma, yansıma ve kırılma olayları) derin denizde oluşan dalgaların kıyıya taşınması ve kıyı bölgesindeki dalga yükseklikleri, dalga yaklaşım açıları ve gerilme akısı dağılımlarının belirlenmesi.
3. Dalga etkisiyle oluşan akıntı düzeninin belirlenmesi
4. Sediment taşınım yönü ve miktarının dalga etkisiyle oluşan akıntılarla birlikte değerlendirilmesi ve kıyı yapılarının taşınım üzerindeki etkilerinin araştırılması.

Bu nedenle, kıyı çizgisindeki değişikliklerin liman yatırımlarına uygun olup olmadığı değerlendirilmekte ve kıyı yapılarının türlerine bağlı olarak ÇKKV yöntemiyle analiz edilmektedir. Kıyı jeomorfolojisi ve sediman taşınım kriteri, kıyı çizgisindeki değişikliklerin kıyı yapılarının türlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığı için düşük taşınım durumu 9 puan, olumsuz sediman koşulları ise 1 puanla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, interdisipliner uzman çalışması sonucunda yapılmıştır.

3.2.5. Deniz topografyası ve oşinografi

Kıyılarda hareketli taban sorunu, limanların kumlanması, enerji santralleri ve rafinerilerdeki soğutma suyu giriş ve deşarj yapılarında kumlanma, kıyı taşkınları, kıyı erozyonu, doğal ve yapay plajların kaybı, açık deniz platformları, boru hatları, kazıklı yapılar, rıhtımlar ve dalgakıran kafalarında meydana gelen yerel taban hareketleri nedeniyle stabilite sorunları gibi çeşitli sorunlar, deniz taban hareketinin mekaniğinin anlaşılması ve çözümlenmesiyle çözüme kavuşturulabilir. Ayrıca, kıyı oluşumları ve uygun yapıların inşası, akarsu ağzları gibi diğer ilgili konular da önem taşır. Hareketli deniz tabanı dinamiği, bütünleşik kıyı alanları yönetiminin temel kavramlarını içermektedir. Sonuç olarak, deniz tabanının liman yatırımlarına uygunluğu veya uygun olmaması değerlendirilmekte ve kıyı yapısı türlerine göre ÇKKV yöntemiyle analiz edilmektedir. "Deniz Topoğrafyası", kıyı jeomorfolojisi gibi önemli bir kriter olarak belirlenmiş ve interdisipliner uzman çalışması sonucunda 13 puanla değerlendirilmiştir. Olumsuz koşullar durumunda ise 1 puan verilecektir.

3.2.6. Zemin koşulları ve depremsellik

Limanlar, acil yük sevkiyatı ve tahliye güzergahları gibi önemli görevlere sahiptir, özellikle afet durumlarında. Deprem etkilerini en aza indirmek için liman yapılarının tasarımı ve

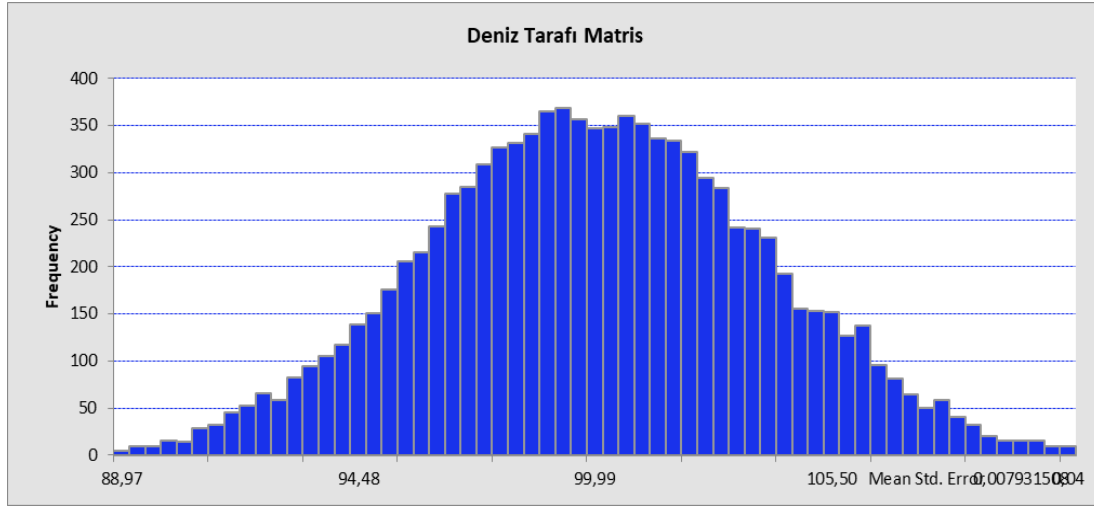
inşası, zemin koşulları ve bölgenin deprem riski dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu nedenle, tüm bu faktörler liman yatırımlarının uygunluğunun değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulmaktadır. Zemin koşulları ve depremsellik, inşaat mühendisliği açısından önemli bir kriter olarak kabul edilmiş ve ÇKKV yönteminde yer almaktadır. Zemin koşulları ve depremsellik değerlendirmesi, interdisipliner uzman çalışması sonucunda 13 puanla ölçeklendirilmiştir.

3.2.7. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı

Mevcut alanlar, su ürünleri yetiştirme tesislerinin (ağ ve kafes), dalyanların varlığı, balık avcılık sahaları, göçmen balıkların geçiş yolları ve su ürünleri avcılığı ve yetiştiriciliği açısından problem oluşturmayan uygun alanların varlığı etki alanlarıyla birlikte değerlendirilmektedir. Bu alanların varlığı, ÇKKV yönteminde dikkate alınmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı da bir diğer alt kriter olarak değerlendirilmiştir. Bu kriterde, alanın mevcut olmaması durumunda 9 puan, mevcut olması durumunda ise 1 puan verilmesi, interdisipliner uzman çalışması sonucunda uygun bulunmuştur.

Kıyı yapılarının Yerleşebilirlik Analizinde toplam puan içerisinde deniz tarafı kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı Şekil 3.2.'de sunulmuştur. Değerlerin ortalaması 100, değişkenlik parametresi %6 mertebesinde. Değişkenlik parametresi, standart sapmanın ortalama değere oranı olarak tanımlanır ve verideki değişkenliği ortalama değerin etrafındaki standart sapma saçılım yüzdesi cinsinden boyutsuz bir parametre olarak ifade eder. Bu değer (standart sapma/ortalama değer)*100 şeklinde bulunur. Deniz tarafı parametreleri üç boyutlu hidrodinamik taşınım ve dalga/akıntı iklimi modeli Hydrotam 3D ile belirlendiğinden değişkenlik benzeşimlerde düşük gözlemlenmiştir.

Simülasyon verileri ile benzeşimde duyarlılık grafiği (sensivity chart) ile her kriterin etkisi ayrıca gözlemlenebilmiş, saçılım grafiği (scatter chart) ile toplam puan ile ana kriter arasındaki bağlantı ve kriter değerlerinin belli aralıklar arasındaki dağılımları elde edilmiştir.



Şekil 3.2. Deniz tarafı mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı

Benzeşim sonucu elde edilen Deniz Tarafı Mekânsal Parametrelerin Korelasyon Katsayı Matrisi Çizelge 3.2’de sunulmaktadır. Ana kriterin bağlı olduğu alt kriterlerin birbirleriyle olan bağlantıları gösterilmektedir. Pozitif değerler kriterlerin birbirleriyle doğrusal ilişkili olduğunu, negatif değerlerde kriterlerin birbirleriyle ters yönlü ilişkili olduğunu ifade etmektedir. Görüldüğü gibi akıntı hızlarının ve çevrintilerin artmasının su ürünleri yetiştiriciliği ve kafes balıkçılığı üzerine olumsuz etkisi bulunduğu negatif korelasyondan anlaşılmaktadır. Öte yandan akıntı hızı arttıkça kıyı jeomorfolojisinde taşınım da artmakta ve bu da pozitif bir korelasyonla benzeştirilmektedir.

Monte Carlo analizleri sonucunda elde edilen deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisindeki etkileşim (korelasyon) değerleri Şekil 3.3’te verilmektedir. Deniz tarafı parametreleri açısından önem derecesi en yüksek olan kriter mevcutta bölgede bulunan limanlar olduğu görülmektedir. O bölgenin ihtiyacını karşılayan limanların bulunması yeni liman yatırımları için bölgesel kapasitenin dolmadığı durumda ihtiyacın olmadığını göstermektedir.

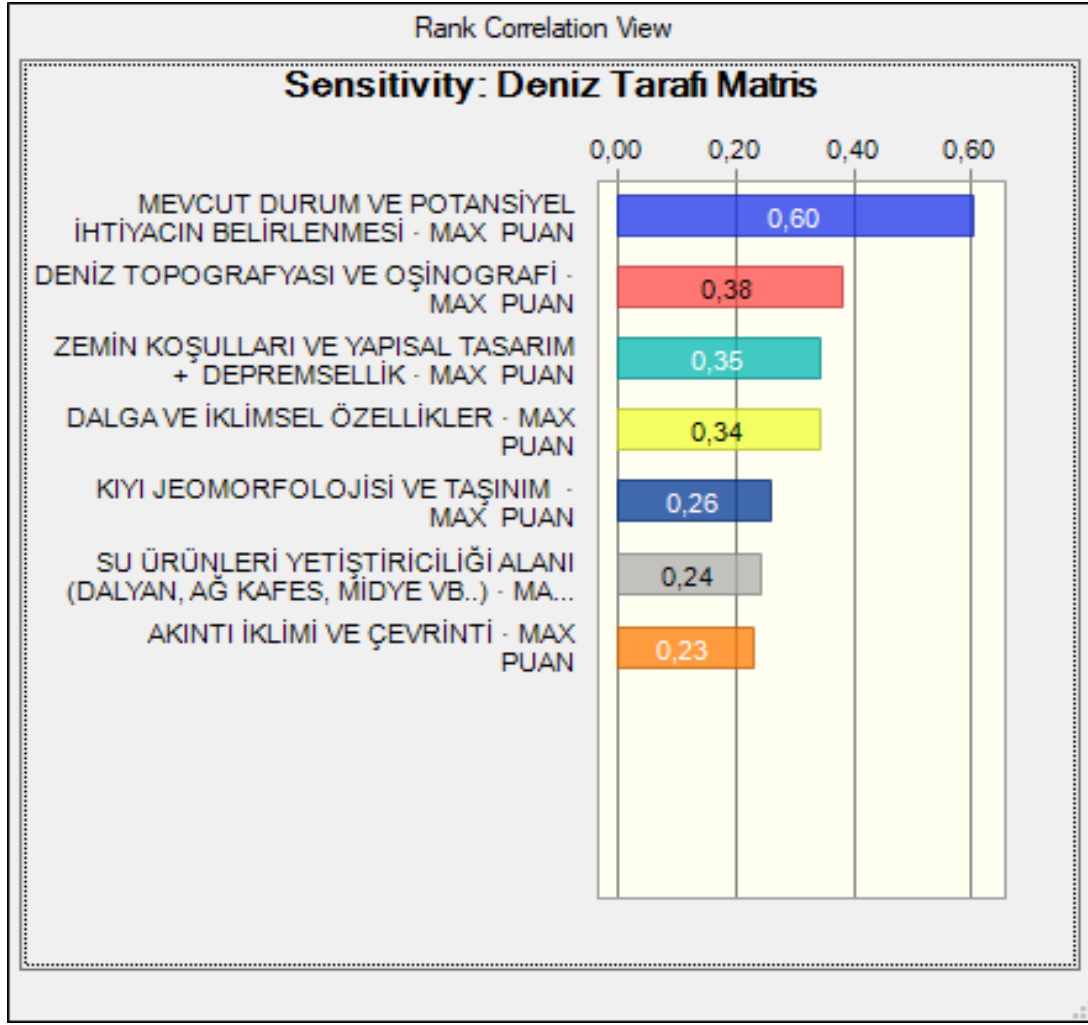
İkinci sırada Deniz topoğrafyası ve batimetri gelmektedir. Deniz topoğrafyası ve batimetrisinin olumsuz olduğu alanlarda liman yatırımlarının fayda maliyet oranları yüksektir. Zemin koşullarının ve depremsellik deniz tarafındaki mekânsal parametrelerin yerleşebilirliği etkilemesi açısından üçüncü sırada gelmektedir.

Bu değerlerin karar verme aşamasındaki değişkenliği (duyarlılığı) deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisinde önem dereceleri (Duyarlılık Analizi) değerlendirilerek yapılmış ve Şekil 3.4’de sunulmuştur. Bu değişkenlikler, uzmanların verilere göre Deniz tarafı mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı olarak elde edilmektedir (Şekil 3.2). Deniz Tarafı Kriterlerinin Mekânsal Kullanıma etkisi (korelasyon değerleri) Şekil 3.5’te sunulmuştur. Deniz Tarafı Mekânsal Kullanım parametrelerinin matriste seçilen değerlerinin güven aralıkları (güven aralığı eğilim grafiği) Şekil 3.6’da verilmektedir. Şekil 3.6’dan matris puan değerlerinin güven aralığının dar olduğu ve matrisin güvenle yerleşebilirlik analizinde yüzdesel skalada kullanılabileceği açıkça görülmektedir. Yüzdesel skala bu kadar fazla parametrede zorunluluk olarak ortaya çıkmış ve Monte Carlo Analizi güven aralıkları, korelasyon matrisi ve duyarlılık analizleri ile doğrulanmıştır (verifikasyon). Güven aralığının dar olması kullanılan dalga, akıntı ve sediman modellerinin bir sonucudur. Bu modeller sonucunda bölgedeki değişimler liman yapılarının ekonomik ömürleri içerisinde güven aralıkları dahilinde tahmin edilmekte ve çevreye olan etkileri öngörülebilmektedir. Böylece yapılan tahminlerin de güven aralıkları daralmakta ve Monte Carlo yönteminin de güvenilirliği artmaktadır.

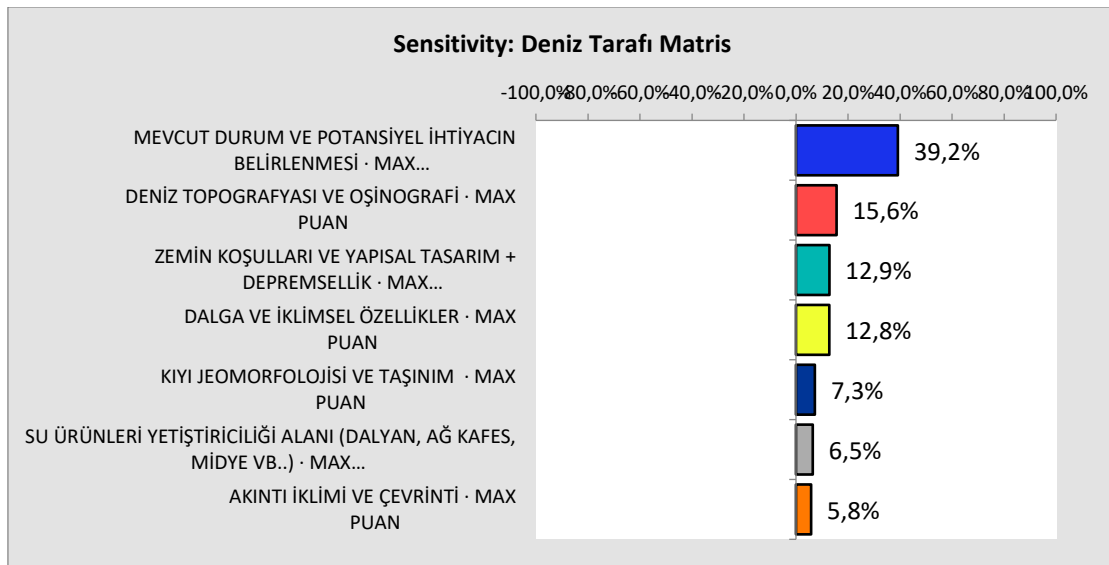
Monte Carlo benzeşimleri sonucu elde edilen deniz tarafı kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi Çizelge 3.3.’de özetlenmektedir. Bu etkilere uyumlu olarak deniz tarafı parametrelerinin puanları toplamı yüz olacak şekilde belirlenmiştir. Deniz tarafının kara tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin ana kriterler de böylece belirlenerek Çizelge 3.4.’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Deniz tarafı mekânsal parametrelerin birbirleriyle ilişkilerini gösteren korelasyon katsayı matrisi

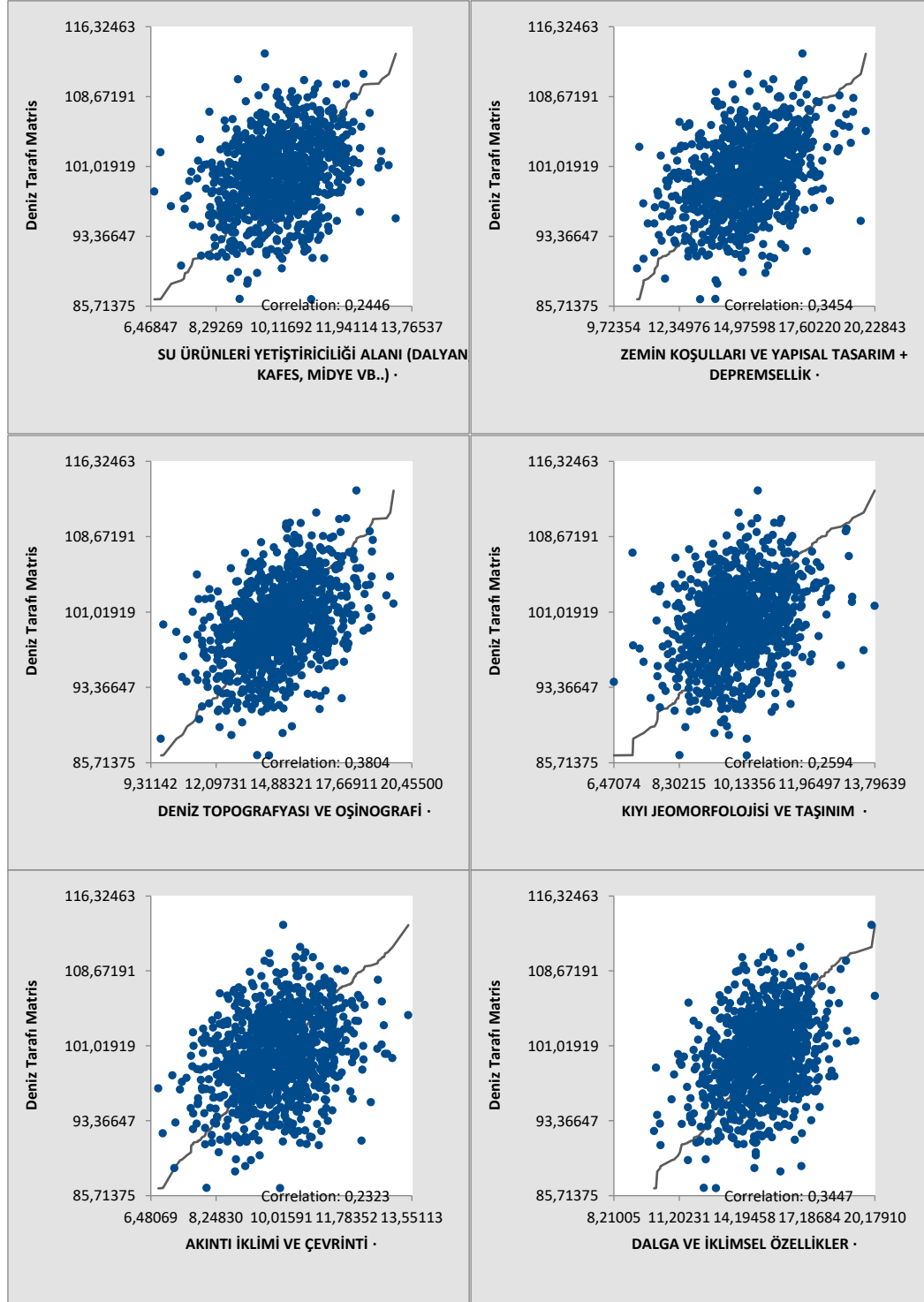
DENİZ TARAFI MEKÂNSAL PARAMETRELERİ KORELASYON KATSAYILARI	MEVCUT DURUM VE POTANSİYEL İHTİYACIN BELİRLENMESİ	AKINTI İKLİMİ VE ÇEVİRİNTİ	DALGA VE İKLİMSEL ÖZELLİKLER	DENİZ TOPOGRAFYASI VE OŞİNOGRAFI	KIYI JEOMORFOLOJİSİ VE TAŞINIM	SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANI	ZEMİN KOŞULLARI VE YAPISAL TASARIM + DEPREMSELLİK
MEVCUT DURUM VE POTANSİYEL İHTİYACIN BELİRLENMESİ	1	0,695853	0,114365	0,132858	0,132858	0,007131	0,164847
AKINTI İKLİMİ VE ÇEVİRİNTİ		1	0,074482	0,146864	0,146864	-0,37195	0,05845
DALGA VE İKLİMSEL ÖZELLİKLER			1	0,007932	0,007932	0,011096	0,030189
DENİZ TOPOGRAFYASI VE OŞİNOGRAFI				1	1	0,042331	0,153061
KIYI JEOMORFOLOJİSİ VE TAŞINIM					1	0,042331	0,153061
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANI						1	0,479742
ZEMİN KOŞULLARI VE YAPISAL TASARIM + DEPREMSELLİK							1



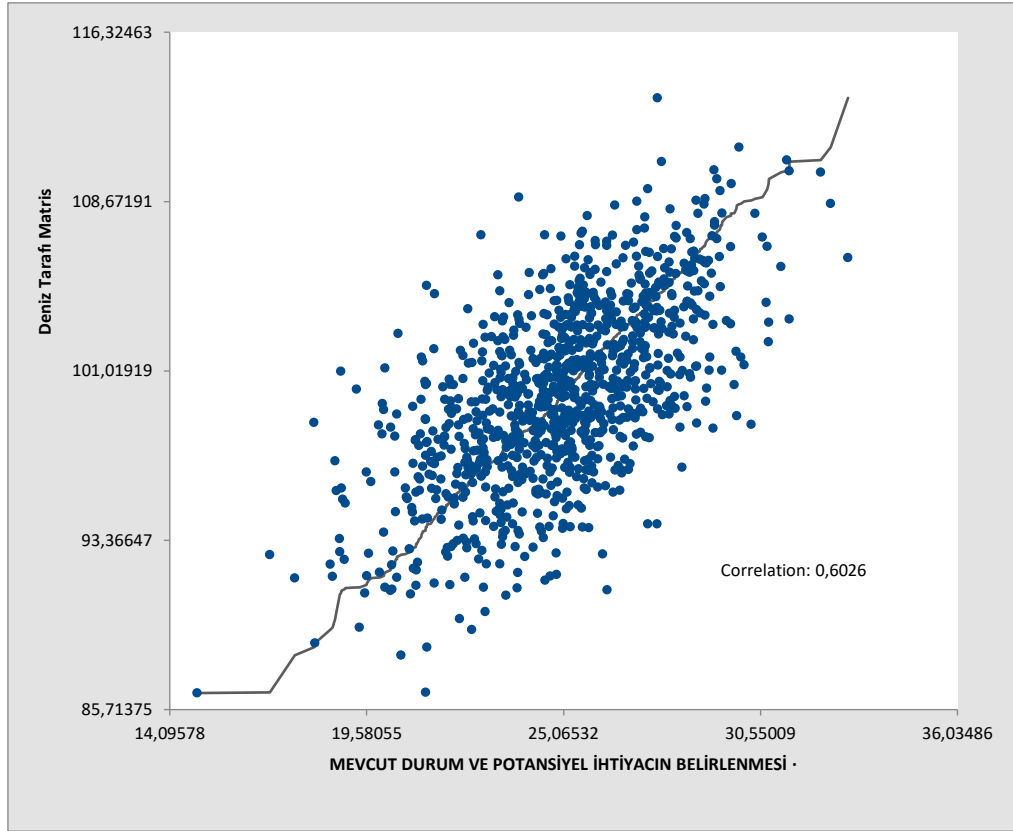
Şekil 3.3. Deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisinde etki (korelasyon) değerleri



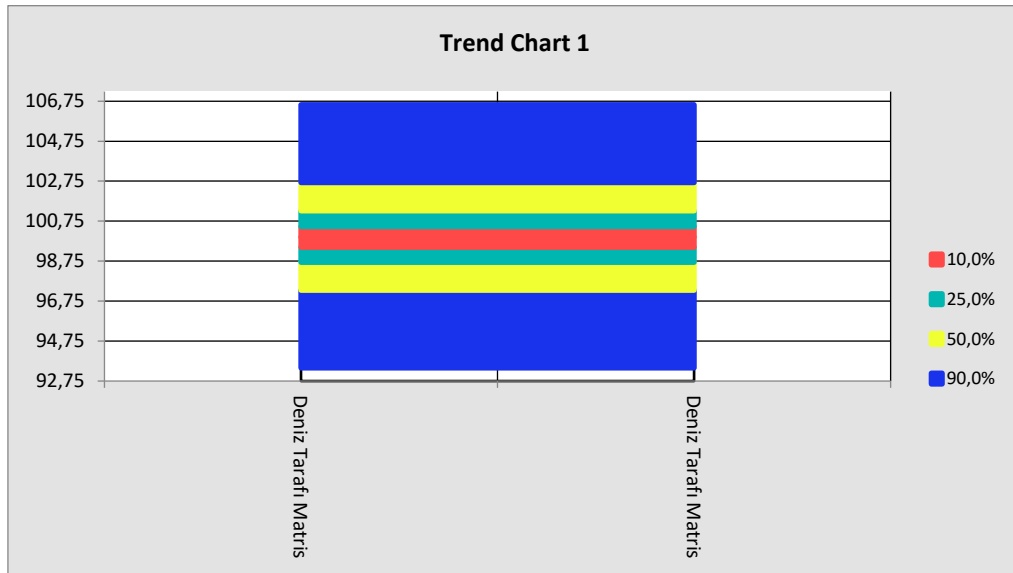
Şekil 3.4. Deniz tarafı mekânsal kriterlerin kendi içerisinde önem dereceleri (duyarlılık analizi)



Şekil 3.5. Kriterlerin Deniz Tarafı Mekânsal Kullanıma etkisi (korelasyon değerleri)



Şekil 3.5. (devamı) Kriterlerin Deniz Tarafı Mekânsal Kullanıma etkisi (korelasyon değerleri)



Şekil 3.6. Deniz Tarafı Mekânsal Kullanım parametrelerinin matriste seçilen değerlerinin güven aralıkları (güven aralığı eğilim grafiği)

Çizelge 3.3. Deniz tarafı kriterlerinin Monte Carlo Benzeşimden elde edilen yerleşebilirliğe etkileri ve öngörülen puanları

Kriterler	Deniz Tarafı Mekânsal Kullanıma Etkisi	Yerleşebilirliğe Etkisi	Puan
MEVCUT DURUM VE POTANSİYEL İHTİYACIN BELİRLENMESİ	0,60	0,26	25
DENİZ TOPOGRAFYASI VE OŞİNOGRAFI	0,38	0,19	15
ZEMİN KOŞULLARI VE YAPISAL TASARIM + DEPREMSELLİK	0,35	0,18	15
DALGA VE İKLİMSEL ÖZELLİKLER	0,34	0,17	15
KIYI JEOMORFOLOJİSİ VE TAŞINIM	0,26	0,15	10
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANI (DALYAN, AĞ KAFES, MİDYE VB..)	0,24	0,14	10
AKINTI İKLİMİ VE ÇEVİRİTİ	0,23	0,12	10

Çizelge 3.4. Deniz tarafının kara tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
Mekânsal Kullanım (Denizel Etkileşim Alanı)	Mevcut Durum ve Potansiyel İhtiyacın Belirlenmesi	25	İhtiyaç Varsa	25
			İhtiyaç Yoksa	1
	Dalga ve İklimsel Özellikler	15	Olumlu	15
			Olumsuz	1
	Akıntı İklimi ve Çevrinti	10	Olumlu	10
			Olumsuz	1
	Kıyı Jeomorfolojisi ve Taşınım	10	Uygun	10
			Uygun Değil	1
	Deniz Topografyası ve Oşinografi	15	Uygun	15
			Uygun Değil	1
	Zemin Koşulları ve Yapısal Tasarım + Depremsellik	15	Uygun	15
			Uygun Değil	1
	Su Ürünleri Yetiştiriciliği Alanı (Dalyan, Ağ Kafes, Midye Vb..)	10	Yok	10
			Var	1

3.3. Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriterler

Kara tarafının deniz tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesi için:

- Doğal Yapı Kriterleri,
- Kentsel Yapıya İlişkin Kriterler,
- Ulaşım ve İletişim Kriterleri,

şeklinde sınıflandırma yapılmış ve bu sınıflarda bulunan alt ölçütler de aşağıda belirtilmiştir.

3.3.1. Doğal yapı kriterleri

- Jeolojik Yapı,
- Orman Alanları,
- Doğal Koruma Alanları,
- Topografik Eşikler,
- Tarım Alanları,
- Erozyon.

Jeolojik yapı

Jeolojik Yapı kriterinin Alüvyonal Formasyon ve Diğer Formasyonlar şeklinde iki ölçüt olarak irdelenmesi olasıdır. Alüvyonal Formasyona 1 puan, Diğer Formasyonlara 7 puan verilmesi uygun görülmüştür.

Orman alanları

Planlama alanının kıyı arkasında orman alanlarının bulunması kıyı yapılarının planlanması açısından sınırlayıcıdır. Orman alanı olan alanlarda 1 puan, orman alanı olmayan alanlarda ise 12 puan verilmiştir.

Doğal koruma alanları

- a. Kesin Korunacak Hassas Alanlar, 1. Derece Doğal Sit Alanı, Milli Park Kanunu Kapsamındaki Alanlar, Kültür ve Turizm Koruma Gelişme Bölgesi.
- b. Nitelikli Doğal Koruma Alanları, Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanları, 2. ve 3. Derece Doğal Sitlerin korunması hukuki düzenlemelerle belirlenmiştir.

Sit alanlarının bulunmadığı alanlara 12 puan, 1. Derece Doğal Sit, Milli Park Kanunu Kapsamındaki Alanlar, Tarihi Alan, Özel Çevre Koruma Bölgelerine 2 puan, 2. ve 3. Derece Doğal Sit Alanlarına 8 puan verilmesi uygun görülmüştür.

Topografik eşikler

Bu alt kriterin, farklı eğim kademelerine göre eğim yüzdelerine göre bölünebilir. Alt kriterlerden topografik eşiğin ağırlıklı puanı 5'tir. Eğimin uygun olduğu % (0-5) eğim aralığına 5 puan verilmesi eğimin yüksek olduğu % 20 üzeri eğimli alanlara 1 puan verilmesi uygun görülmüştür.

Tarım alanları

Tarım alanları ve topraklar, hukuki düzenlemelerle kategorize edilmiş ve bu alanlar üzerinde yapımı söz konusu yapılarla ilgili sınırlamalar yapılmıştır. Tarım alanının bulunmadığı alanlara 5 puan, Marjinal Tarım Arazisine 3 puan, Dikili Tarım Arazisine 2 puan, Mutlak Tarım Arazisi, Özel Ürün Arazisine 1 puan verilmiştir.

Erozyon

Toprakların; heyelan, sel baskını gibi etmenlerle denize taşınması, limanların dolması açısından risktir. Az erozyona uğrayan alanlara 4 puan, Orta Alanlara 3 puan, Şiddetli Alanlara 2 puan, Çok Şiddetli Alanlara 1 puan verilmesi uygun görülmüştür.

3.3.2. Kentsel yapıya ilişkin kriterler

Kentsel koruma alanları

- a. 1. Derece Arkeolojik Sit: Kara kesimindeki arkeolojik alanların devamı niteliğindeki deniz içi kalıntılar bu kapsamda değerlendirilmiştir.
- b. Kentsel Sit, 2. Derece Arkeolojik Sit: Kentsel sitlerin korunarak kullanılması gerekmektedir.
- c. Üçüncü Derece Arkeolojik Sitler: Yasal düzenlemelerle yapılaşmaya açılabilen alanlardır.
- d. Sit Alanının Bulunmaması: Kıyı yapılarının yapımı için kentsel koruma alanlarına ilişkin alt kriterin en uygun olanıdır.

Sit alanlarının bulunmadığı alanlara 17 puan, 1. Derece Arkeolojik Sit Alanına 1 puan verilmiştir. 3. Derece Arkeolojik Sit Alanları 12 puan, Kentsel Sit, 2. Derece Arkeolojik Sit, Tarihi Sit Alanları 3 puan olarak değerlendirilmiştir.

Kentsel kullanım

Liman kentine dönüşen kıyı yapıları kıyı kenti silüetlerini değiştirmektedir. Kentsel kullanımın olduğu alanlara 20 puan, kentsel kullanımın olmadığı alanlara ise 1 puan verilmesi uygun görülmüştür.

Plaj alanları

Bu alanlar doğal değer şeklinde kentsel kullanım alanlarında bulunmaktadır. Plaj Alanları alt kriteri ağırlıklı puanı 8 olup, plaj olan alanlarda 1 puan, olmayan alanlarda 8 puan verilmiştir.

3.3.3. Ulaşım ve İletişim kriterleri

“Ulaşım Kriterleri” başlığı aşağıda yer verilen alt kriterlerle ele alınmıştır.

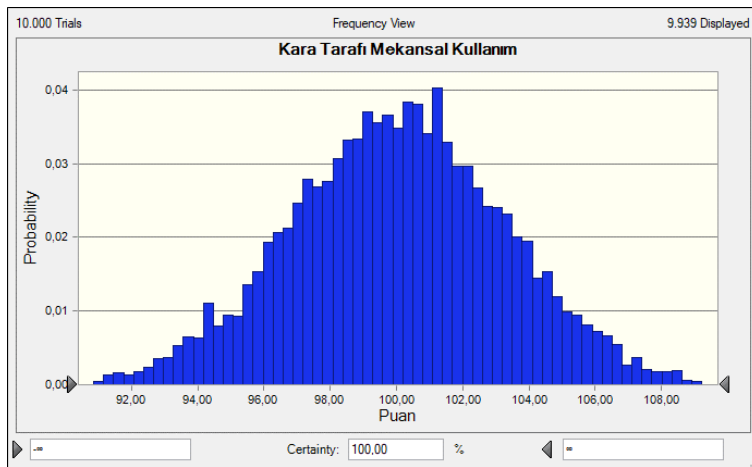
Erişilebilirlik

Kıyı yapılarının yer seçiminde, yapılacak tesisin kara yönünde mevcut olan karayolu ve demiryolu ulaşım bağlantılarının varlığı ve bu bağlantıların teknik ve geometrik standartlarının yüksek olması verimliliği artıracaktır. Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlığı Çok olan alanlara 6 puan, Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Orta olan alanlara 4 puan, Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Az olan alanlara 1 puan verilmiştir.

İletim hatları

Kıyıda çıkan enerji, iletişim, akaryakıt, doğalgaz hatları gibi her türlü hatların yakınına kıyı yapısı inşa edilmesi, güvenlik ve çevresel bakımdan uygun değildir. İletim Hatları alt kriteri için ağırlıklı puan 4 olarak belirlenmiş olup, Denizden Geçen İletim Hatlarının varlığı durumunda 4 puan, yokluğunda ise 4 puan verilmiştir.

En düşük puanı alan, mekânsal, çevresel ve biyolojik kriterlerin etkileşimiyle değerlendirilerek, kıyı yapısının inşa edilmesi durumunda en son öncelikli bölgeler belirlenecektir. Bu yaklaşıma göre, kara tarafında mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzetimi sonucunda elde edilen değerlerin histogramı Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Değerlerin ortalaması 100'dür ve değişkenlik %12 düzeyindedir.



Şekil 3.7. Kara tarafı mekânsal kullanım puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı

Monte Carlo benzeşimleri sonucu elde edilen kara tarafı kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi diğer ana kriterlerle birlikte izelge 3.15.'de özetlenmektedir. Bu etkilere uyumlu olarak kara tarafı parametrelerinin puanları toplamı yüz olacak şekilde belirlenmiştir. Kara tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin ana kriterler de böylece belirlenerek izelge 3.5.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Kara tarafının deniz tarafı ile mekânsal etkileşiminin belirlenmesine ilişkin kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
Mekansal Kullanım (Karasal Etkileşim Alanı) (100 Puan)	Topografik Eşik	5	%0-5 Eğim	5
			%5-10 Eğim	4
			%10-15 Eğim	3
			%15-20 Eğim	2
			%20<. Eğim	1
	Kentsel Estetik Siluet	20	Kentsel Kullanım Var	20
			Kentsel Kullanım Yok	1
	Kentsel Koruma Alanları	17	Sit Alanı Yok	17
			3. Derece Arkeolojik Sit	12
			Kentsel Sit, 2. Derece Arkeolojik Sit, Tarihi Sit	3
			Deniz Arkeolojisi, 1. Derece Arkeolojik Sit	1
	Doğal Koruma Alanları	12	Sit Alanı Yok	12
			2. Ve 3. Derece Doğal Sit	8
			1. Derece Doğal Sit, Milli Park Kanunu Kapsamındaki Alanlar, Tarihi Alan, Özel Çevre Koruma Bölgeleri	2
	Tarım Alanları	5	Tarım Alanı Yok	5
			Marjinal Tarım Arazisi	3
			Dikili Tarım Arazisi	2
			Mutlak Tarım Arazisi, Özel Ürün Arazisi	1
	Erozyon	4	Çok Az	4
			Orta	3
			Şiddetli	2
			Çok Şiddetli	1
	Jeolojik Yapı	7	Diğer Formasyonlar	7
			Alüvyon Formasyonu	1
	Orman Alanı	12	Orman Alanı Yok	12
			Orman Alanı Var	1
	Erişilebilirlik	6	Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Çok	6
			Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Orta	4
			Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Az	1
	İletim Hatları	4	Denizden Geçen İletim Hattı Varsa	1
			Denizden Geçen İletim Hattı Yoksa	4
	Plaj Alanları	8	Plaj Yok	8
			Plaj Var	1

3.4. Kara-Deniz Ara Yüzü Stratejik ÇED Alanlarına İlişkin Kriterler

Çalışma alanının kıyı gerisinde Lagün, Tuzla, Dalyan ve Sulak Alanların bulunması ile 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı plan kararlarına uygun olarak belirlenen Özel Kıyı Koruma Alanları kıyı yapılarının inşası için son derece önemli bir kısıtlayıcıdır. Lagün, Tuzla, Dalyan ve Sulak Alanlar ile 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı plan kararları çerçevesinde belirlenen Özel Kıyı Koruma Alanının bulunmasının olumsuz bir parametre olarak değerlendirilmesi; Lagün, Tuzla, Dalyan ve Sulak Alanlar ile 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı plan kararları doğrultusunda belirlenen Özel Kıyı Koruma Alanının bulunmamasının ise olumlu bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Lagün, Tuzla, Dalyan ve Sulak Alan gibi kriterlerin bulunduğu stratejik ÇED alanlarına en düşük puan (1) verilmesi, kriterlerin bulunmadığı alanlara ise en yüksek puanın (50) verilmesi uzmanlar grubunca uygun görülmüştür.

Çizelge 3.6. Kara-deniz ara yüzü stratejik ÇED alanları kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları

KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK	PARAMETRELER	UYGUNLUK
Mekansal Kullanım (Kara-Deniz Arayüzü) (100 PUAN)	Stratejik ÇED Alanı	50	Stratejik ÇED Alanı Yok	50
			Stratejik ÇED Alanı Var	1
	Özel Kıyı Koruma Alanı	50	Özel Kıyı Koruma Alanı Yok	50
			Özel Kıyı Koruma Alanı Var	1

3.5. Çevresel Etki Kriterleri

Planlama yapılan bölgede biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilir kullanımın sağlanması ve çevresel risklerin değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Kıyı yapısı planlamalarının gerçekleştirileceği alanlarda ticari ve endüstriyel değişimler ve gelişmeler söz konusu olabilir. Bu değişiklikler, ekonominin canlanmasını sağlayarak iş imkanlarının artmasına katkıda bulunabilir. Ancak, artan şehirleşme sonucunda köylerin ortadan kalkması, araç trafiğinin artması, taşıma ve depolama faaliyetlerinden kaynaklanan toz ve gaz emisyonları, sızıntılar, atık su ve atıklar nedeniyle su kaynakları ve toprakların kirlenmesi gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Ayrıca, katı atıkların düzenli olarak uygun bir

alandan depolanması ve gerektiğinde dip taraması sırasında çıkan malzemelerin uygun şekilde istiflenmesi gerekmektedir.

Eğer gerekli önlemler alınmazsa, kıyı alanlarından kaynaklı olarak yeraltı suyu kalitesi olumsuz yönde etkilenebilir ve arazi kullanım alternatifleri sınırlanabilir. Özet olarak, kıyı bölgelerindeki yapılaşma veya faaliyetler, hem kara hem de deniz ortamında çevresel riskler oluşturabilecek faktörleri içermektedir. Bu nedenle, bu tür faaliyetlerin yer seçimi ve uygunluğunun belirlenmesi, alanın mevcut durumunun çevresel faktörler açısından analiz edilmesi ve buna uygun önlemlerin alınması, sürdürülebilir bir çevre için önemlidir. Bu değerlendirmeler sonucunda, mevcut çevresel kirlilik kaynaklarının niteliği ve yaygınlığı göz önünde bulundurularak çevresel etki kriterleri 7 farklı başlık altında tanımlanmıştır:

- Su ve Sediman Kirliliği
 - Hassas Alanlar
 - Az Hassas Alanlar
- Katı Atıklar
 - Düzenli Depolama Var
 - Düzenli Depolama Yok
- Endüstriyel Kaynaklı Kirlilik
 - Sanayi Tesisi Var
 - Sanayi Tesisi Yok
- Akarsulardan Kaynaklı Kirlilik
 - Var
 - Yok
- Ekolojik Durum Sınıfı
 - Ekolojik Durum Sınıfı Zayıf
 - Ekolojik Durum Sınıfı Orta
- Plaj Suyu Kalitesi
 - Maksimum Koliform Sayısı >1000
 - Maksimum Koliform Sayısı <1000

- Hava Kirliliği
- Düşük
- Orta
- Yüksek

olarak belirlenmiştir.

3.5.1. Su ve sediman kirliliği

Bölgede inşa edilebilecek her türlü kıyı yapısının deniz suyu ve sediman kalitesini doğrudan etkileyeceği açıktır. Bu nedenle, mevcut kirlilik durumu dikkate alınarak su ve sediman kirliliği alt kriterine en yüksek puan olan 25 puan verilmiştir. Bu puan, çevresel etkileşimi en fazla olan faktörü yansıtmaktadır.

3.5.2. Katı atıklar

Kontrollü bir katı atık yönetiminin oluşturulamaması durumunda, toprak kirliliği, sızıntı suyu, yeraltı ve yüzeysel su kirliliği gibi tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, katı atıkların çevresel etkisini değerlendirmek için alandaki mevcut katı atık yönetim sisteminin varlığına göre (var/yok) puanlama yapılmıştır. Bu puanlama, katı atıkların çevresel etkisini belirlemeye yönelik bir kriter olarak kullanılmıştır.

3.5.3. Endüstriyel kaynaklı kirlilik

Endüstriyel kaynaklı kirleticiler, katı, sıvı ve/veya gaz formunda bulunabilir. Bu kirleticilerin çevresel etkileri, türüne ve miktarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir, ancak kontrollü bir şekilde bertaraf edilmeleri önemlidir. Bu nedenle, endüstriyel kaynakların varlığı, çevresel etki açısından bir risk oluşturabilir. Bu sebeple, kıyı bölgesindeki sanayi tesislerinin durumu (var/yok), çevresel etki kriteri olarak değerlendirilmiştir.

3.5.4. Akarsulardan taşınan kirlilik

Kıyı alanlarında önemli bir kirletici kaynağı, yüzeysel sularla taşınan ve denize dökülen akarsular tarafından taşınan kirleticilerdir. Planlama alanının bulunduğu akarsu havzalarında

konumlanan ve kıyı hattı boyunca denize dökülen akarsuların taşıdığı mevcut kirletici yüklerine göre (var/yok) puanlama yapılmıştır. Bu puanlama, akarsuların getirdiği mevcut kirletici yüklerinin değerlendirilmesini sağlamaktadır.

3.5.5. Ekolojik durum sınıfı

Planlama bölgesi kıyı alanlarında, deniz ortamında yapılan bilimsel çalışmaların sonuçları dikkate alınarak mevcut ekolojik sınıflandırma durumuna göre (zayıf/orta) puanlama yapılmıştır. Toplamda 10 puan üzerinden yapılan değerlendirmede, bölgenin ekolojik sınıf durumu zayıf ise, kıyı projelerinin uygulanabilirliği azalmaktadır. Bu puanlama, bölgedeki ekolojik durumun değerlendirilmesine ve çevresel etkilerin dikkate alınmasına yardımcı olmaktadır.

3.5.6. Plaj suyu kalitesi

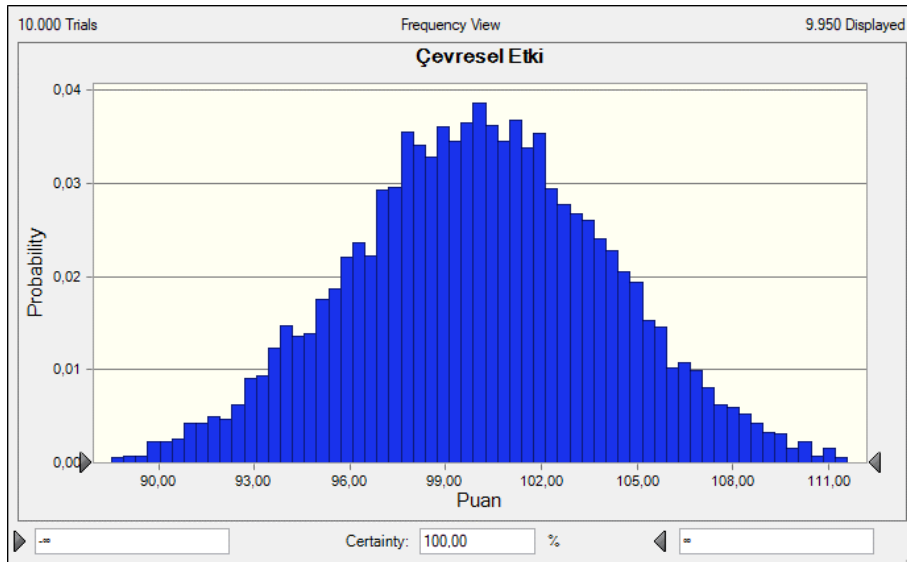
Bölgenin mevcut turistik özelliği göz önüne alındığında, plaj alanlarının sürdürülebilirliği büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, çevresel kriterler açısından, bu kıyı alanlarında deniz suyu kalitesinin sürekliliği sağlanmalıdır. Ülkemizdeki yönetmeliklere göre plaj suyu kalitesinin belirlenmesinde kullanılan koliform bakteri sayılarına dayalı olarak, toplamda 10 puan üzerinden puanlama yapılmaktadır. Koliform bakteri sayısı yönetmelik değerini aştığında (toplam koliform >1000 adet), kıyı alanı plaj olma özelliğini kaybetmektedir. Bu puanlama, plajların temizlik ve sağlık açısından değerlendirilmesine ve sürdürülebilirliklerinin sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

3.5.7. Hava kirliliği

Bölgedeki hava kirliliği durumu, mevcut hava kalitesi ölçüm değerlerine dayanarak belirlenen kirletici (SO₂, NO₂, PM) konsantrasyonları dikkate alınarak 3 farklı parametrede (orta, yüksek, düşük) puanlama yapılmıştır. Bu puanlama, hava kirliliği seviyesinin değerlendirilmesine ve çevresel etkilerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Kıyı yapılarının Yerleşebilirlik Analizinde Çevresel Etki değerlendirme çalışmaları etken bir parametre olarak tanımlanmıştır. Bu parametrenin toplam puan içerisinde Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı Şekil 3.8’de sunulmuştur. 10000 benzeşim

sonucunda değerlerinin ortalama değeri 100, değişkenliği %11 mertebesinde belirlenmiştir. Benzeşim çevresel etki parametresinin BKAP etki aralığını istatistiksel olarak çok sayıdaki bilgisayar uygulamalarının bir zarfı şeklinde koymaktadır. Çevresel Etki Değerlendirme ile ekolojik ve biyolojik çeşitlilik çalışmaları ÇED yönetmeliği çerçevesinde kıyı yatırımları için uygulanmalı ve sonuçları ÇKKV yöntemindeki puanlara göre değerlendirilmektedir. Tezde önerilen ÇKKV yöntemi ile kıyı yatırımlarının ekolojik/biyolojik çeşitlilik üzerindeki ve çevreye olan etkileri planlama aşamasında disiplinler arası uzmanlar tarafından ÇKKV sonuçlarına göre nitel şekilde değerlendirilmekte ve yatırım öncelikli bölgelerin belirlenmesi çevreye duyarlı şekilde gerçekleştirilmektedir. Böylece sürdürülebilir kalkınma model sonuçlarının ve bilimsel araştırmaların değerlendirildiği BKAP ÇKKV modeli ile sağlanması hedeflenmektedir.



Şekil 3.8. Yerleşebilirlik analizinde çevresel etki kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin olasılık histogramı

Çizelge 3.7’de çevresel etki kriterlerinin benzeşime dayalı ana kriterler ile alt kriterler ve puanlamaları sunulmaktadır.

Çizelge 3.7. Çevresel etki kriterlerinin benzeşime dayalı uygunluk puanları

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
Çevresel Etki (100 Puan)	Su ve Sediman Kirliliği	25	Az Hassas Alanlar	23
			Hassas Alanlar	1
	Katı Atıklar	15	Düzenli Depolama Yok	14
			Düzenli Depolama Var	1
	Endüstriyel Kaynaklı Kirlilik	15	Sanayi Tesisi Var	14
			Sanayi Tesisi Yok	1
	Akarsulardan Taşınan Kirlilik	20	Varsa	18
			Yoksa	1
	Ekolojik Durum Sınıfı	10	Ekolojik Durum Sınıfı Zayıfsa	9
			Ekolojik Durum Sınıfı Ortaysa	1
	Plaj Suyu Kalitesi	10	Maximum Koliform 1000 Üzeri	9
			Maximum Koliform 1000 Altı	1
	Hava Kirliliği	5	YÜKSEK (1.Grup)	5
			ORTA (2.Grup)	3
			Düşük	1

3.6. Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Etki Kriterleri

Planlama bölgesinde biyolojik çeşitliliğin korunması, sürdürülebilir kullanımın sağlanması ve çevresel risklerin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, oluşturulan ÇKKV yönteminde flora ve fauna özellikleri, Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (International Union for the Conservation of Nature - IUCN) ve Avrupa Konseyi BERN Sözleşmesi kategorileri dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin (CITES) Sözleşmesi de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu kriterler, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. BERN Sözleşmesi EK listeleri ve açıklamaları Çizelge 3.8.'de verilmiştir. IUCN Kategorileri ise Çizelge 3.9'da sunulmuştur.

Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşam Ortamlarını Koruması Sözleşmesi (BERN), yabani flora-fauna ve bu canlıların habitatlarını korumak, nesli tehlike altında olan ya da olabilecek türler için gerekli tedbir almalarını sağlayacak, ayrıca yabani flora-fauna eğitiminin çoğaltılmasını sağlayacak bir sözleşmedir.

Çizelge 3.8. BERN sözleşmesi ek listeleri ve açıklamaları

EK-I	Kesin olarak koruma altına alınan flora türleri
EK-II	Kesin koruma altına alınan fauna türleri (SPFS- Strictly Protected Fauna Species)
EK-III	Korunan fauna türleri (PFS- Protected Fauna Species)

Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin (CITES) Sözleşme ise yabani hayvan ve bitki türlerinin sözleşmeye katılım sağlayan ülkeler arasındaki ithalatını, ihracatını yani uluslararası ticaretini belli izin ve belgelere tabii tutan bir sözleşmedir.

IUCN'nin CITES Sözleşmesine bağlı olarak nesli tükenme tehlikesi altında olan, bütün bitki ve hayvanlar için küresel koruma durumunu sunan "IUCN Kırmızı Veri Kitabı" mevcuttur. IUCN Veri Kitabı, biyolojik çeşitliliğin durumu hakkındaki en önemli ve geçerli rehber olarak kabul görmektedir. Ülkemizde, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği'nin desteğiyle canlı türleri içinde ilk çiçekli bitkiler ile ilgili bir 'Kırmızı Veri Kitabı' yayınlanmıştır. Kitap 1989 yılında "Türkiye'nin Tehlike Altındaki Nadir ve Endemik Bitkileri" adı altında yayınlanmıştır (Karaçetin ve Welch,2011; Ekim ve ark. 1989).

IUCN 'nin 1994 yılında bütün türlere uygulanabilecek, tükenme riskini belirlemek amacıyla, standart bir yöntem geliştirme çalışmalarına başlamasından sonra Kırmızı Veri Kitabı kategorileri ve Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı revize edilerek 2000 yılında tekrar yayınlanmıştır.

Çizelge 3.9. Türkiye bitkileri kırmızı kitabı IUCN kategorileri

EX Extinct (Tükenmiş)	Şayet son ferдинin öldüğü konusunda hiçbir şüphe yoksa bu takson EX kategorisindedir.
EW Extinct In The Wild (DoğadaTükenmiş)	Takson bulunabileceği ortamlarda ve yılın farklı zamanlarında yapılan ayrıntılı araştırmalarda bulunamamış yani doğada kaybolmuş ve yalnız kültüre alınmış bir şekilde yaşamaya devam ediyorsa bu gruba konur.
CR Critically Endangered (Çok Tehlikede)	Bir takson çok yakın bir gelecekte yok olma riski altında ise bu gruba konur.
EN Endangered (Tehlikede)	Bir takson oldukça yüksek bir risk altında ve yakın gelecekte yok olma tehlikesi altında olup ancak henüz CR grubunda değilse EN grubuna konur.
VU Vulnerable (Zarar Görebilir)	CR ve EN gruplarına konamamakla birlikte; doğada orta vadeli gelecekte yüksek tehdit altında olan taksonlar bu gruba konur.
LR Lower Risk (Az Tehdit Altında)	Üstteki gruplardan herhangi birine konamayan, onlara göre popülasyonları daha iyi bitkiler bu kategoriye konur.
LR/(cd) Conservation Dependent (Koruma Önlemi Gerektiren)	Takson 5 yıl içinde yukarıdaki kategorilerden birine konulacak ve hem tür hem de habitat açısından özel bir koruma statüsü gerektirenler.
LR/ (nt) Near Threatened (Tehdit Altına Girebilir)	Bir evvelki gruba konamayan ancak VU kategorisine konmaya yakın adaylar.
LR/ (lc) Least Concern (En Az Endişe Verici)	Herhangi bir koruma gerektirmeyen ve tehdit altında olmayanlar.
DD Data Deficient (Veri Yetersiz)	Bir taksonun dağılım ve bolluğu hakkındaki bilgi yetersiz ise, takson bu gruba konur.
NE Not Evaluated (Değerlendirilemeyen)	Yukarıdaki herhangi bir kriter ile değerlendirilemeyenler.

Kıyı alanlarında gerçekleştirilen herhangi bir yapılaşma ve faaliyet, hem kara hem de deniz ortamında yaşayan türler için risk oluşturabilecek unsurları içermektedir. Bu nedenle, bu tür faaliyetlerin yer seçimi ve uygunluğu belirlenirken, alanın mevcut durumu çevresel faktörler açısından göz önünde bulundurulmalı ve uygulamalar buna göre şekillendirilmelidir. Bu yaklaşım, sürdürülebilir bir çevre için önemli bir öneme sahiptir. Bu değerlendirmeler sonucunda, deniz ve kara ekosistemleri için mevcut flora-fauna niteliklerine dayalı olarak 2

alt kriter ve 5 ölçüt belirlenmiştir. Bu kriterler, ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilirliği için önemli bir rol oynamaktadır.

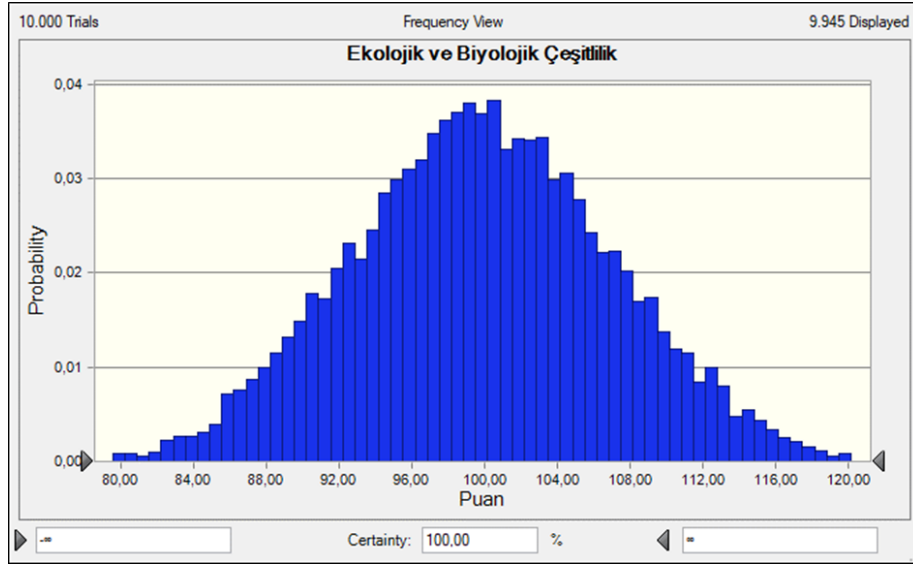
3.6.1. Biyoekolojik değerlendirme (karasal/sucul)

Bölgede gerçekleştirilecek herhangi bir kıyı yapısı, denizel ve karasal canlıları etkileyecektir. Belirlenen Flora ve Fauna elemanları için hassasiyet kriterlerine göre, alanda nesli tehlike altında olan veya endemik tür varlığı olan bölgeler ve nesli tehlike altında olmayan ve endemik tür varlığı olmayan bölgeler değerlendirilmektedir. Toplamda 100 puan üzerinden yapılan değerlendirmede, Flora ve Fauna elemanları için 60 puan belirlenmiştir. Bu puan değeri, kıyı şeridinin nesli tehlike altında olmayan ve endemik tür barındırmayan alanlara yaklaştıkça artmaktadır. Bu değerlendirme, kıyı yapısının biyolojik çeşitliliği ve canlıların korunması açısından önemini vurgulamaktadır.

3.6.2. Karasal/sucul ekosistem (flora, fauna)

Karasal ve sulu ekosistem elemanları için ikinci alt kriter, biyoçeşitliliğin yüksek veya orta seviyede olduğu duruma bağlı olarak 100 puan üzerinden 40 puan belirlemiştir. Ekolojik ve biyolojik çeşitlilikle ilgili ana kriterler ve alt kriterler ile puanlamaları aşağıdaki çizelgede bir araya getirilmiştir.

Kıyı yapılarının Yerleşebilirlik Analizinde çevreye verilecek zararın en aza indirgenmesi amacıyla yatırım bölgesindeki ekolojik ve biyolojik çeşitlilik araştırmaları etken bir parametre olarak tanımlanmıştır. Bu parametrenin toplam puan içerisinde Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı Şekil 3.9'da sunulmuştur. 10000 benzeşim sonucunda değerlerinin ortalama değeri 100, değişkenliği %21 mertebesinde belirlenmiştir. Benzeşim ekolojik ve biyolojik çeşitlilik parametresinin BKAP çalışmalarındaki etki aralığını istatistiksel olarak çok sayıdaki bilgisayar uygulamalarının bir zarfı şeklinde koymaktadır. Değişkenliğin yüksekliği, kıyı yatırımları öncesi ekolojik ve biyolojik çeşitlilik çalışmalarının sayısını artırılmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Benzeşime dayalı ekolojik ve biyolojik çeşitlilik kriterlerinin puanları Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

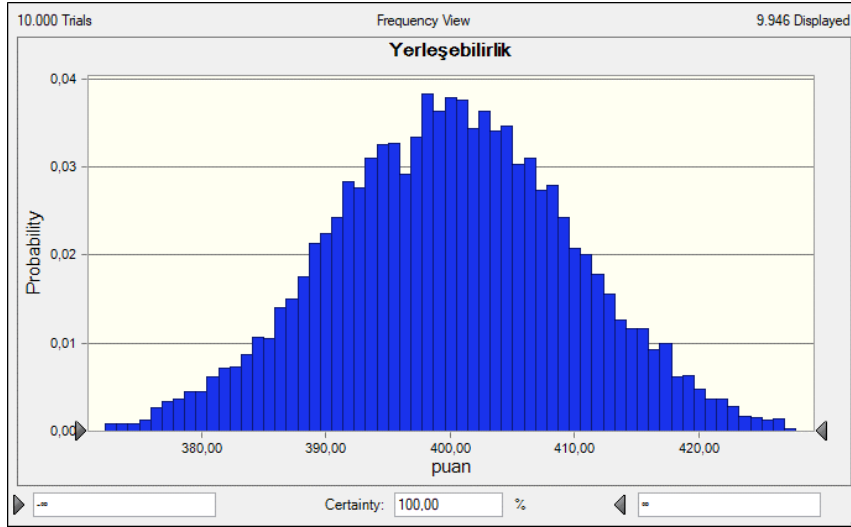


Şekil 3.9. Yerleşebilirlik analizinde ekolojik ve biyolojik çeşitlilik kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin olasılık histogramı

Çizelge 3.10. Ekolojik ve biyolojik çeşitlilik kriterleri

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
Ekolojik-Biyolojik Çeşitlilik (100 Puan)	Ekolojik Değerlendirme (Karasal, Sucul) (Endemik, Nesli Tehlike Altında Olan vb.)	60	Nesli Tehlike Altında Olan Ya da Endemik Tür Yoksa	60
			Nesli Tehlike Altında Olan Ya da Endemik Tür Varsa	1
	Sucul Ekosistem (Flora, Fauna) ve Karasal Ekosistem (Flora, Fauna)	40	Biyolojik Çeşitlilik Yoksa	40
			Biyolojik Çeşitlilik Orta	20
			Biyolojik Çeşitlilik Varsa	1

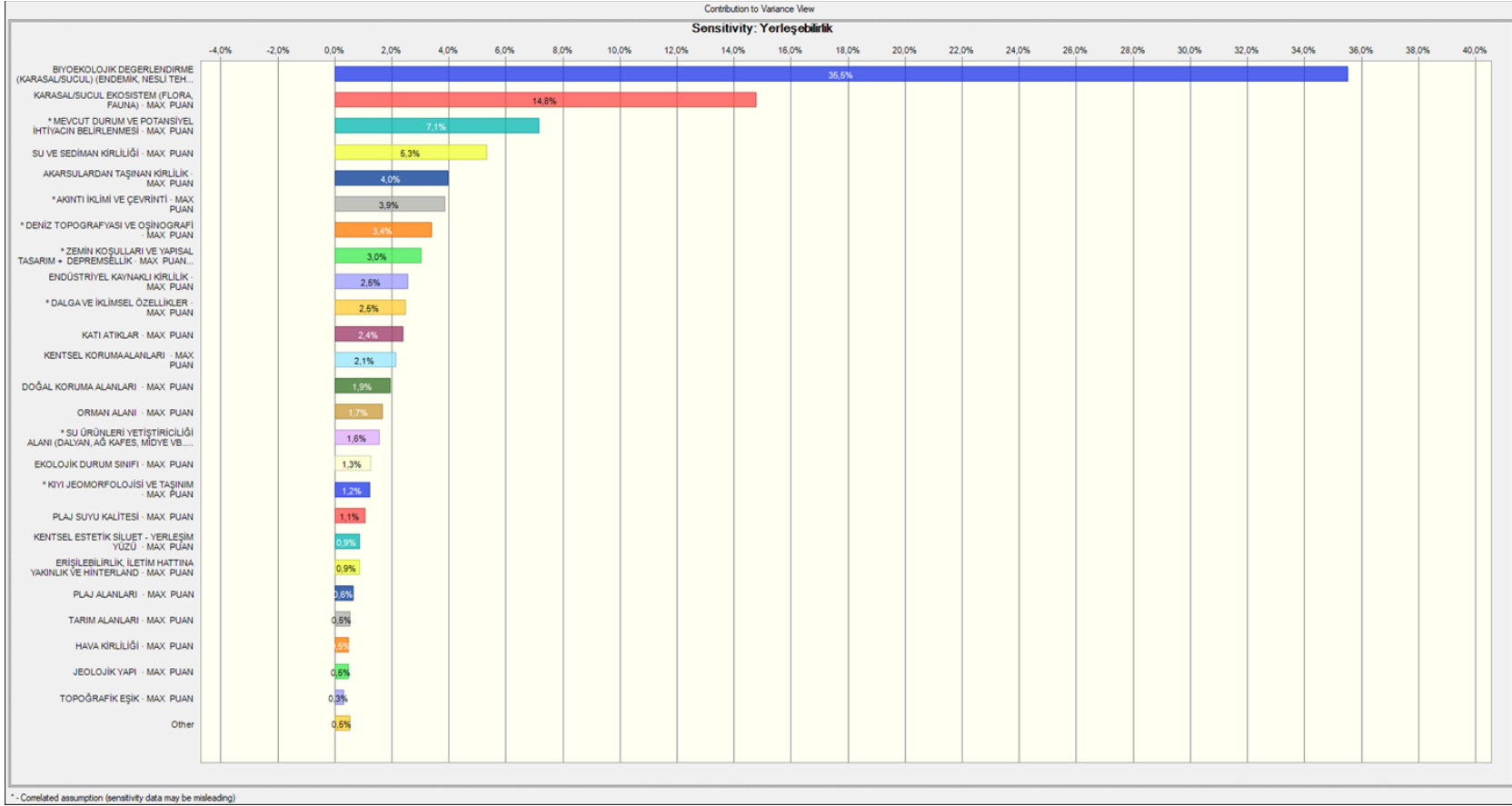
Toplam Yerleşebilirlik Puanlarının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı Şekil 3.10’da sunulmaktadır. Ağırlıklandırmanın yapıldığı raster haritalarının birleştirilmesiyle elde edilen sonuç en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki puanlar histogram yoğunluğuna göre sınıflandırılarak birikimlerinin hangi aralıklarda olduğu gözlemlenmiş ve buna göre 4 sınıf oluşturulmuştur (Şekil 3.14). Dört kategorinin toplam değerlerinin ortalaması 400, değişkenliği %25 mertebesindedir.



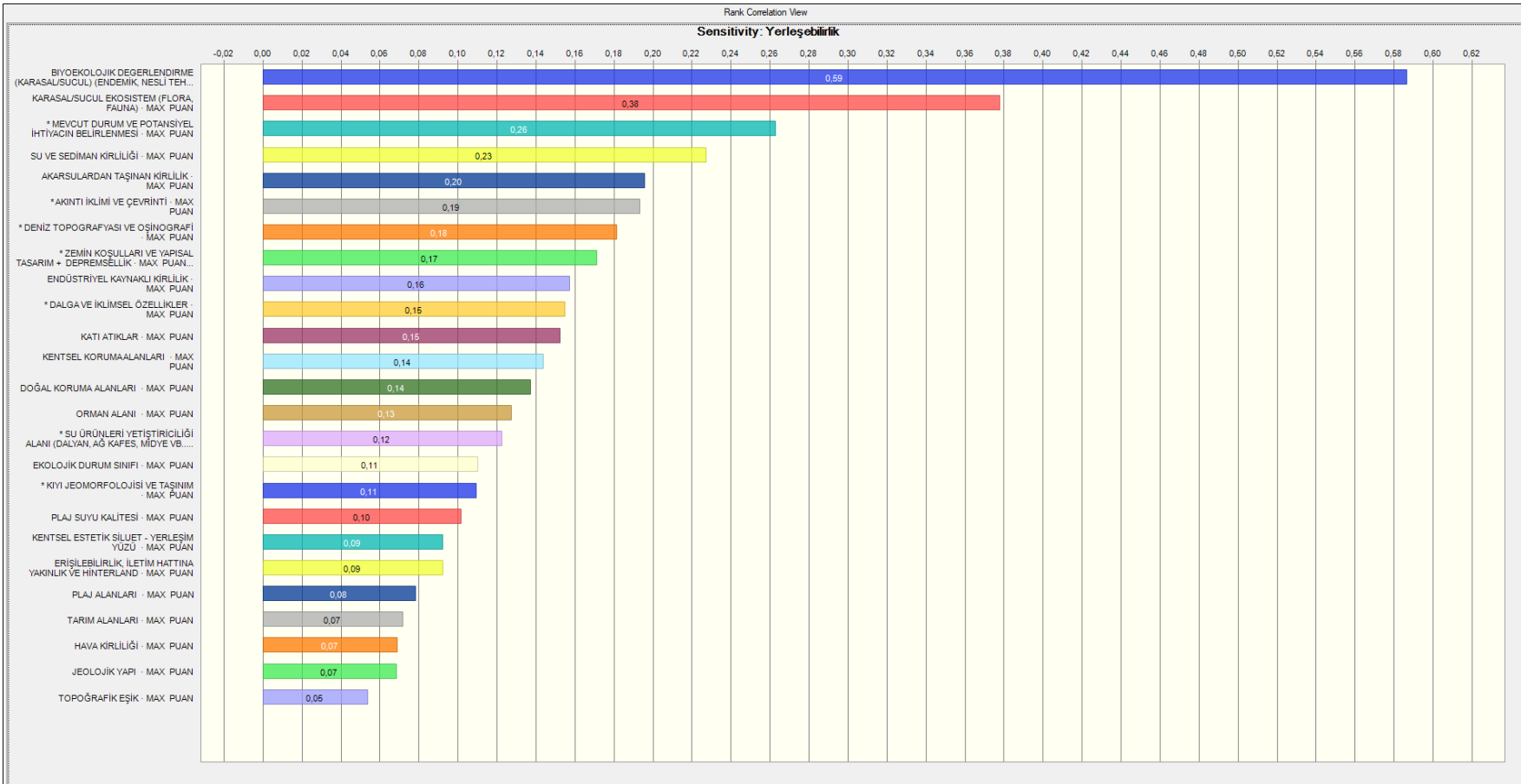
Şekil 3.10. Yerleşebilirlik puanının Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin histogramı

Tüm bu simülasyonlar ve analizler sonucunda ana kriterlerin toplam puan üzerindeki etkileri Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de, alt kriterlerin ana kritere etkileri ve önem dereceleri Şekil 3.13’de, alt kriterlerin birbirleriyle korelasyonları Çizelge 3.11’de sunulmuştur. Ana kriterle alt kriterlerin korelasyonları ve alt kriterlerin toplam puana (yerleşebilirliğe) etkileri, Monte Carlo Benzeşimi sonucunda yıllarca sürececek çalışmaların bilgisayar ortamında tekrar edilen 10000 proje için elde edilmiştir. Elde edilen korelasyonlar ve önem dereceleri dikkate alınarak ağırlık puanları oluşturulmuştur. Bu puanların toplu şekilde sıralandığı BKAP Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi Matrisi Çizelge 3.12’de sunulmuştur. Kriterlerin Yerleşebilirliğe parametrik etkisi Çizelge 3.11’de, korelasyon katsayıları saçılım grafikleri Şekil 3.11’de görülmektedir. Mekânsal Kullanıma ait alt kriterlerin ana kriteri içerisindeki ve toplam puana olan etkileri ile ilişkileri Şekil 3.12’de gösterilmektedir. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi sıralama (rank) korelasyon değerleri ile Şekil 3.13’te sunulmaktadır.

Şekil 3.12. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi (%)



Şekil 3.13. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi (rank korelasyon değeri)



Çizelge 3.11. Monte Carlo Benzeşiminden elde edilen BKAP kriterlerinin mekânsal kullanıma ve yerleşebilirliğe etkileri (korelasyon değerleri)

Kriterler	Mekânsal Kullanıma Etkisi	Yerleşebilirliğe Etkisi
AKARSULARDAN TAŞINAN KİRLİLİK	0,01	0,20
BIYOEKOLOJİK DEĞERLENDİRME (KARASAL/SUCUL) (ENDEMİK, NESLİ TEHLİKE ALTINDA OLAN VB.)	-0,1	0,59
DOĞAL KORUMA ALANLARI	0,39	0,14
EKOLOJİK DURUM SINIFI	-0,1	0,11
ENDÜSTRİYEL KAYNAKLI KİRLİLİK	0,01	0,16
ERİŞİLEBİLİRLİK, İLETİM HATTINA YAKINLIK VE HİTERLAND	0,23	0,09
EROZYON	0,10	0,05
HAVA KİRLİLİĞİ	0,01	0,07
İLETİM HATLARI	0,15	0,05
JEOLÖJİK YAPI	0,22	0,07
KARASAL/SUCUL EKOSİSTEM (FLORA, FAUNA)	-0,1	0,38
KATI ATIKLAR	0,01	0,15
KENTSEL ESTETİK SİLÜET - YERLEŞİM YÜZÜ	0,29	0,09
KENTSEL KORUMA ALANLARI	0,51	0,14
ORMAN ALANI	0,39	0,13
PLAJ ALANLARI	0,26	0,08
PLAJ SUYU KALİTESİ	0,02	0,10
SU VE SEDİMAN KİRLİLİĞİ	0,01	0,23
TARIM ALANLARI	0,22	0,07
TOPOĞRAFİK EŞİK	0,13	0,05
ORMAN ALANI	0,39	0,13
PLAJ ALANLARI	0,26	0,08
PLAJ SUYU KALİTESİ	0,02	0,10
TARIM ALANLARI	0,22	0,07
TOPOĞRAFİK EŞİK	0,13	0,05
SU VE SEDİMAN KİRLİLİĞİ	0,01	0,23

Çizelge 3.12. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi Matrisinin Benzeşime dayalı uygunluk puanları

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
Mekansal Kullanım (Karasal Etkileşim Alanı) (100 puan)	Topografik Eşik	5	%0-5 Eğim	5
			%5-10 Eğim	4
			%10-15 Eğim	3
			%15-20 Eğim	2
			%20<. Eğim	1
	Kentsel Estetik Siluet	20	Kentsel Kullanım Var	20
			Kentsel Kullanım Yok	1
	Kentsel Alanları Koruma	17	Sit Alanı Yok	17
			3. Derece Arkeolojik Sit	12
			Kentsel Sit, 2. Derece Arkeolojik Sit, Tarihi Sit	3
			Deniz Arkeolojisi, 1. Derece Arkeolojik Sit	1
	Doğal Alanları Koruma	12	Sit Alanı Yok	12
			2. Ve 3. Derece Doğal Sit	8
			1. Derece Doğal Sit, Milli Park Kanunu Kapsamındaki Alanlar, Tarihi Alan, Özel Çevre Koruma Bölgeleri	2
	Tarım Alanları	5	Tarım Alanı Yok	5
			Marjinal Tarım Arazisi	3
			Dikili Tarım Arazisi	2
			Mutlak Tarım Arazisi, Özel Ürün Arazisi	1
	Erozyon	4	Çok Az	4
			Orta	3
			Şiddetli	2
			Çok Şiddetli	1
	Jeolojik Yapı	7	Diğer Formasyonlar	7
			Alüvyon Formasyonu	1
	Orman Alanı	12	Orman Alanı Yok	12
			Orman Alanı Var	1
	Erişilebilirlik	6	Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Çok	6
			Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Orta	4
			Havayolu, Karayolu, Demiryolu Yakınlık Az	1
	İletim Hatları	4	Denizden Geçen İletim Hattı Varsa	1
			Denizden Geçen İletim Hattı Yoksa	4
	Plaj Alanları	8	Plaj Yok	8
			Plaj Var	1

Çizelge 3.12. (devam) Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi Matrisinin Benzeşime dayalı uygunluk puanları

Mekansal Kullanım (Kara-Deniz Arayüzü) (100 puan)	Stratejik ÇED Alanı	50	Stratejik ÇED Alanı Yok	50
			Stratejik ÇED Alanı Var	1
	Özel Kıyı Koruma Alanı	50	Özel Kıyı Koruma Alanı Yok	50
			Özel Kıyı Koruma Alanı Var	1
Mekânsal Kullanım (Denizel Etkileşim Alanı) (100 puan)	Mevcut Durum ve Potansiyel İhtiyacın Belirlenmesi	25	İhtiyaç Varsa	25
			İhtiyaç Yoksa	1
	Dalga ve İklimsel Özellikler	15	Olumlu	15
			Olumsuz	1
	Akıntı İklimi ve Çevrinti	10	Olumlu	10
			Olumsuz	1
	Kıyı Jeomorfolojisi ve Taşınım	10	Uygun	10
			Uygun Değil	1
	Deniz Topografyası ve Oşinografi	15	Uygun	15
			Uygun Değil	1
	Zemin Koşulları ve Depremsellik	15	Uygun	15
			Uygun Değil	1
Çevresel Etki (100 Puan)	Su ve Sediman Kirliliği	25	Az Hassas Alanlar	25
			Hassas Alanlar	1
	Katı Atıklar	15	Düzenli Depolama Yok	15
			Düzenli Depolama Var	1
	Endüstriyel Kaynaklı Kirlilik	15	Sanayi Tesisi Var	15
			Sanayi Tesisi Yok	1
	Akarsulardan Taşınan Kirlilik	20	Varsa	20
			Yoksa	1
	Ekolojik Durum Sınıfı	10	Ekolojik Durum Sınıfı Zayıfsa	10
			Ekolojik Durum Sınıfı Ortaysa	1
	Plaj Suyu Kalitesi	10	Maximum Koliform 1000 Üzeri	10
			Maximum Koliform 1000 Altı	1
	Hava Kirliliği	5	YÜKSEK (1.Grup)	5
			ORTA (2.Grup)	3
			Düşük	1
Ekolojik-Biyolojik Çeşitlilik (100 Puan)	Ekolojik Değerlendirme (Karasal, Sucul) (Endemik, Nesli Tehlike Altında Olan vb.)	60	Nesli Tehlike Altında Olan Ya da Endemik Tür Yoksa	60
			Nesli Tehlike Altında Olan Ya da Endemik Tür Varsa	1
	Sucul Ekosistem (Flora, Fauna) ve Karasal Ekosistem (Flora, Fauna)	40	Biyolojik Çeşitlilik Yoksa	40
			Biyolojik Çeşitlilik Orta	20
			Biyolojik Çeşitlilik Varsa	1

3.7. ÇKKV Temelli Senaryo Analizleri

ÇKKV yöntemi kullanılarak beş ana kriterin sonucu ve bu sonuçların çakıştırılmasıyla nihai veri oluşturulmuştur. Bu nihai veri, Bütünleşik Kıyı Alanı Planı'nın temelini oluşturacak ve sınırlı mekânsal alanlara ya da yapılaşmaya uygun olan öncelikli alternatif senaryolara dayalı bilimsel bir yöntem önermektedir. İkili sınıflama yöntemi kullanılarak, Mutlak Koruma Ölçütlerine Dayalı Alternatif 1 ve Sürdürülebilir Ölçütlerine Dayalı Alternatif 2 belirlenmiştir.

ÇKKV yöntemi sonuçları kullanılarak oluşturulan senaryo tabanlı iki farklı alternatif, yani iki farklı BKAP senaryosu üretilmiştir. "Mutlak Koruma Ölçütlerine Dayalı Alternatif" adı verilen birinci alternatifin stratejileri aşağıda verilmiştir.

3.7.1. Mutlak Koruma Ölçütlerine Dayalı Birinci Alternatifin Amaç, Kapsam ve Hedefleri

Gelecekte kıyı alanlarının koruma ölçütleri gözetilerek planlanması birinci alternatif planın önceliğidir. Bu çerçevede;

- Kıyı alanında planlama ve uygulama yetkisine sahip olan kurumlar arasında koordinasyonda ilerleme sağlayacak modelleri hazırlamak,
- Kamu kullanımına açık alanları korumak,
- Kıyı ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini muhafaza etmek,
- Kıyı kesiminde bulunan doğal ve kültürel kaynak değerlerini güvence altına almak,
- Kıyı bölgesinde bulunan kirlетici etmenler ile bozulmaya uğrayan alanlarda önleyicilik ve rehabilitasyon ilkelerini geliştirmek,
- Kıyı kesiminin fiziksel yapısına ilişkin bir envanter çıkarmak,

birinci alternatifin temel stratejileridir.

3.7.2. Sürdürülebilir ölçütlerine dayalı ikinci alternatifin temel stratejileri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi sonuçları kullanılarak iki adet alternatif, dolayısıyla iki farklı senaryo üretilmiştir. Bu bölümde “Sürdürülebilir Ölçütlerine Dayalı Alternatif” adı verilen ikinci alternatifin stratejileri verilmiştir.

Bu çerçevede;

- Kıyı kaynaklarının korunması ve kullanılması arasında sürdürülebilir gelişme ilkesine uygun bir denge sağlanması,
- Kıyı yatırımlarıyla alakalı planlama, projelendirme ve uygulamalarının etkin bir biçimde yönlendirilmesi,
- Sektörel faaliyetler, planlar ve programlar göz önünde bulundurularak sektörel önceliklerin belirlenmesi ve sektörler arası uyumun sağlanması için bütünsel politika ve karar alma süreçlerinin geliştirilmesi,
- Mevcut ve planlanan kullanımlar ile bunların karşılıklı etkilerin gözetilmesi,
- İlgili bütün paydaşlar arasında kıyı alanları yönetimi bağlamında iş birliği ve senkronizasyon sağlanması hedeflenmektedir.

İkinci alternatifin temel stratejileridir.

Çizelge 3.13'deki katsayılar ticari hayatın devamlılığı ön planda tutularak “Sürdürülebilir Ölçütlerine Dayalı Alternatif” yani aşağıda açıklanan ikinci alternatife göre belirlenmiş katsayılardır.

Çizelge 3.13. İkinci Alternatifin Ana kriter katsayıları

		Katsayı
1	Mekansal Kullanım (Karasal Etkileşim Alanı)	3
2	Mekansal Kullanım (Kara-Deniz Etkileşim Alanı)	2
3	Mekansal Kullanım (Denizel Etkileşim Alanı)	2,5
4	Çevresel Etki	1,5
5	Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik	0,75

3.8. Geliştirilen Benzeşim Temelli ÇKKV Yönteminin Uygulamaları

Bakanlık tarafından onaylanmış proje olan Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planları için 5 ana kriterin çakıştırılması ile elde edilen toplam ÇKKV matris puanlamasına göre kıyı alanlarının öncelik sınıflandırması Şekil 3.3'te renklendirilmiş haritada sunulmuştur. Harita renklendirmesi 1. Öncelikli Bölgeler: 528-682 puan aralığında (beyaz renk), 2. Öncelikli Bölgeler: 430-528 puan aralığında (sarı renk) ve 3. Öncelikli

Bölgeler: 332-430 puan aralığına (kırmızı renk) göre yapılmıştır. Önerilen yöntemin uygulanması Ek 1’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tezde ikinci aşamada, ÇKKV matrisi ‘Denizel Etkileşim Alanı’ kriteri içerisindeki ‘Dalga ve İklimsel Özellikler’ başta olmak üzere tüm kriterleri etkileyen ve kıyı yapıları plan ve projelerinde en temel ve etkili parametre olan belirgin dalga yüksekliği (Hs) tahmini Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi ile gerçekleştirilmiştir.

Yöntemin oluşturulması sırasındaki işlem adımları aşağıda anlatılmıştır:

1.Adım: Yukarıdaki başlıklarda belirlenen kriterleri mekânsal olarak yansıtabilmek ve raster veriye dönüştürebilmek için alansal olarak puanlamalar veri tabanına öznitelik bilgisi olarak aktarılmalıdır.

2.Adım: Tüm alt kriterler için puanlama tamamlandıktan sonra polygon olan veriler raster veriye ArcGIS programı üzerinden “Toolboxes-Conversion Tools-To Raster- Feature To Raster” komutu kullanılarak dönüştürülmelidir.

3.Adım: Bu adımda raster verideki her bir hücre için belirlenen parametre puanları toplanmaktadır. Alt kriterler arasındaki parametreler kendi arasında toplanmaktadır. Bu işlem ArcGIS programında Toolbox-Spatial Analyst Tools-Map Algebra-Raster Calculator komutu ile yapılmaktadır. “Expression” bölümüne tüm katmanlar eklenerek toplanmaktadır. Ana kriterlerden “Mekansal Kullanım (Karasal Etkileşim Alanı) Belirlenmesine İlişkin Kriterler”, “Mekansal Kullanım (Kara-Deniz Arayüzü) Belirlenmesine İlişkin Kriterler”, “Mekansal Kullanım (Denizel Etkileşim Alanı) Belirlenmesine İlişkin Kriterler”, “Çevresel Etki Kriterleri”, “Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriterleri’nin kullanıldığı toplamda 5 adet raster veri elde edilmektedir. Elde edilecek olan 5 adet raster veri ÇKKV yönteminin sonucunda kullanılmak üzere altlık oluşturulmaktadır.

4. Adım: Bu adımda, 5 ana kritere ilişkin toplam puanlamaların yapılarak raster verilerinde sınıflandırma yapılmış ve öncelik düzeyleri belirlenmiştir. Her bir ana kriter için 100 puan verilmiştir. Aynı şekilde, her bir ana kriter altında yer alan alt kriterlere kendi içinde ağırlıklarına göre bir puanlama yapılmıştır. En yüksek puanı alan kriter, mekânsal, çevresel ve biyolojik kriterlerin etkileşimiyle değerlendirilerek kıyı yapısı için öncelik sıralamasında

ilk sırada yer aldığını ifade etmektedir. En düşük puanı alan kriter ise mekânsal, çevresel ve biyolojik kriterlerin etkileşimiyle değerlendirilerek kıyı yapısı için daha alt sıralarda yer aldığını ifade etmektedir.

Sınıflandırma konusunda ArcGIS programında farklı yöntemler bulunmakla birlikte, bu çalışmada doğal kırılma değerleri (Break Values) esas alınmış ve aritmetik veya sabit bir değer artışı yapılmamıştır. Doğal kırılma değerleri, doğal kırılma ve yığılma aralıklarını belirlemek için kullanılmıştır.

5. *Adım:* Bu aşamada, sınıflandırılan 5 adet ana kriter raster veri üzerinde belirlenen katsayılarla hesaplama yapılacak ve ÇKKV yönteminin nihai verisi elde edilecektir. Ana kriterlerin puan ağırlıklarını denkleme için standartlaştırma amacıyla bir katsayı ile çarpılması gerekmektedir. Bu işlem ArcGIS programında "Toolbox-Spatial Analyst Tools-Map Algebra-Raster Calculator" komutuyla gerçekleştirilmektedir. "Expression" bölümünde tüm ana kriterlerin puanları, kendi katsayılarıyla çarpılıp, sonuçlar toplanmaktadır.

Expression kısmındaki hesaplama şu şekildedir: ("karatarafi" * 3) + ("kara_denizarayuzu" * 2) + ("deniztarafi" * 2,5) + ("cevreseletki" * 1,5) + ("ekobiyocesit" * 0,75). Buradaki temel amaç, her bir ana kriteri kendi belirlenen katsayısıyla çarparak diğer ana kriterlerle toplama işlemini gerçekleştirmektir. Bu işlemin sonucunda elde edilen veri, nihai veri olarak kabul edilir ve her bir hücrede tüm ana ve alt kriterlerin puanlarının toplandığı bir raster veri olarak elde edilir.

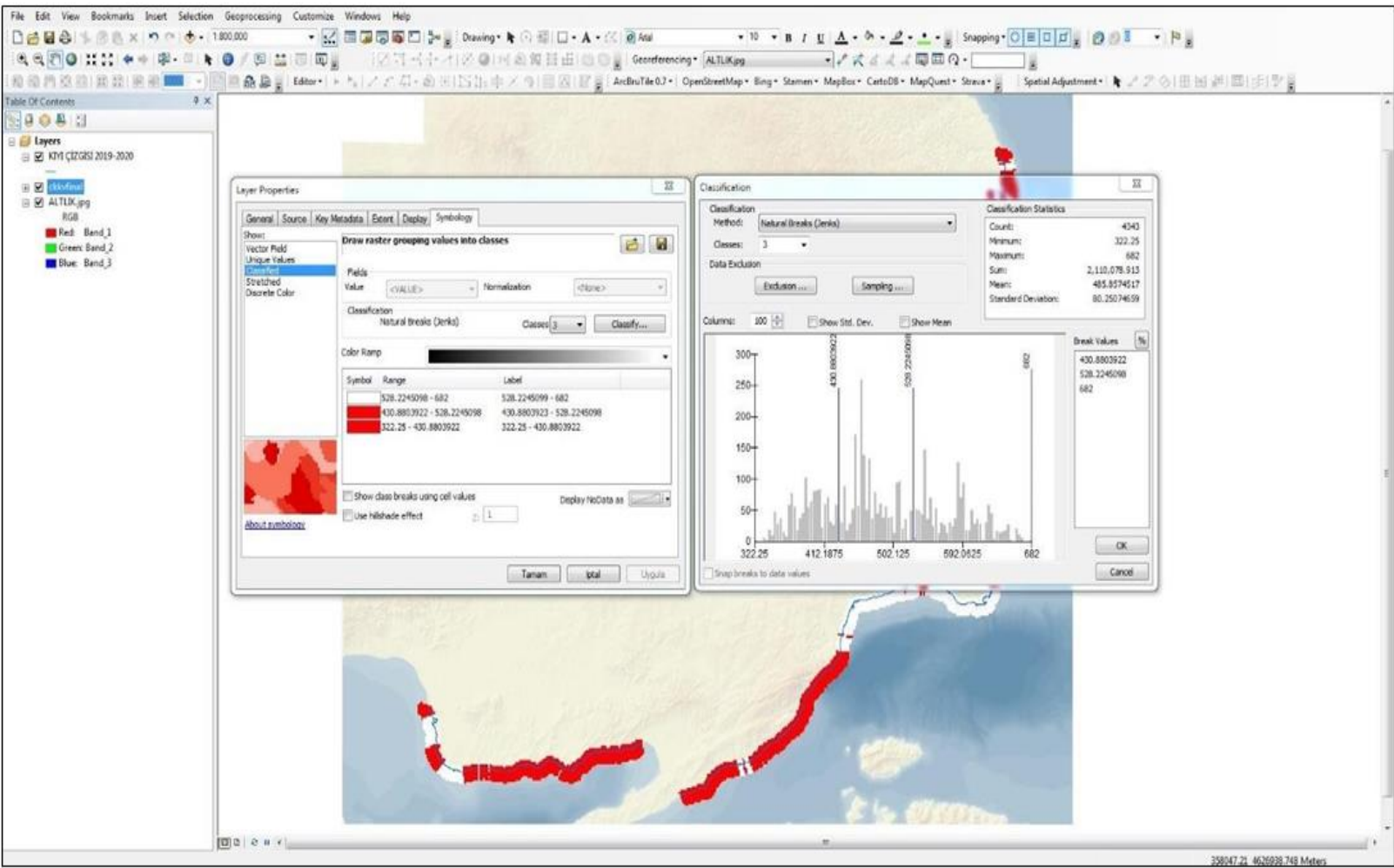
Nihai veri, "Natural Breaks" sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılır. Bu işlem için ArcGIS programında "Properties (Özellikler)-Symbology>Show: Classified-Classify-Natural Breaks" adımları izlenir ve "Classes" seçeneğine "2" değeri verilir. Bu şekilde, raster veri üzerinde doğal kırılma ve yığılma aralıklarını belirleyen bir sınıflandırma yapılır. Bunun sonucunda oluşan değer aralıkları bizi yönlendirecek olan öncelik düzeylerinin aralıklarını belirlemektedir.

Geliştirilen yöntemin ilk uygulamaları T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2021), Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü ve UTTA Planlama, Projelendirme, Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. tarafından Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı

Alanları Planında başarıyla gerçekleştirilmiştir (UTTA, 2020). Tezde geliştirilen ÇKKV Matris yönteminin başarıyla uygulandığı Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planları bakanlıkça onaylanmıştır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Geliştirilen yöntemin tez kapsamındaki temel uygulaması için ise dalga ölçümü verisi bulunan dalga ölçer şamandırasının konumlandığı Antalya Körfezi seçilmiştir. Böylece tez kapsamındaki tüm model uygulamaları ile ÇKKV yöntemi örnek çalışma olarak Bölüm 5’te birleştirilmiştir.

Şekil 3.14. ÇKKV Yöntemi ile elde edilen Edirne-Tekirdağ-Kırklareli illeri Liman Yatırımı Öncelikli Bölgeleri (UTTA, 2020)



4. YÖNTEM: UYARLAMALI AĞ TABANLI BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ İLE DALGA TAHMİNİ

4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları, insan beyninin sinir sistemi ve çalışma prensibi örnek alınarak geliştirilmiş yapay zeka teknolojisidir. Yapay nöronların katmanlar halinde birbirine bağlanması sonucu oluşan veri tabanlı bu yapılar, insan beyninin bilgiyi öğrenme, analiz etme, yeni bilgi üretebilme, farklı şartlarda hızlı karar verebilme gibi becerilerini gerçekleştirerek, yazılımsal modeller aracılığı ile karmaşık problemlerin çözülmesinde kullanılmasını hedeflemiştir (Yöntem,2016).

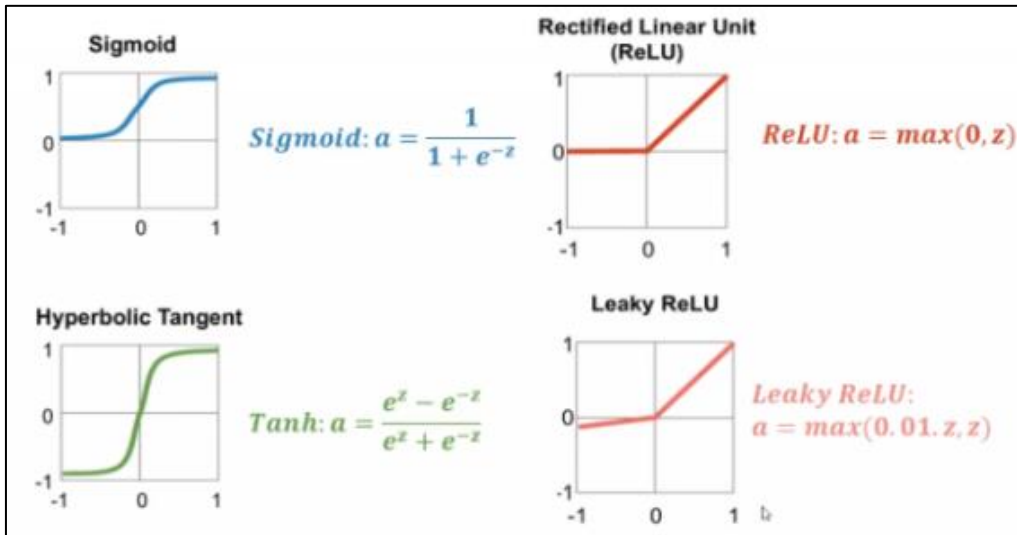
Yapay sinir ağları, insan becerilerini taklit edebilen matematiksel modeller geliştirme çalışmaları sonucu oluşturulmuştur. Yapay sinir ağları hakkındaki ilk çalışma 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts'e ait olup sinir hücrelerinin matematiksel modeli üzerine çalışmışlardır. McCulloch ve Pitts, insan beyninin hesaplama ve analiz yeteneğinden esinlenerek elektrik devreleriyle basit bir sinir ağı modellemişlerdir. Bu model ile her türlü mantık fonksiyonunun oluşturulabileceğini ve hücrelerin farklı şekillerde birlikte çalışarak mantık fonksiyonlarının hesaplanabileceğini gözlemlemişlerdir (Esendal Bozkurt,2017).1949 yılında nöropsikolog Donald Hebb makalesinde beynin öğrenme yeteneğini “Hebbian öğrenme” adlı bir temel teori ile açıklamıştır (Hebb 1949). Sinir ağının bağlantı adedi ile öğrenebilme ve uyum sağlayabilmenin arasındaki ilişki Hebb kuralı sayesinde saptanmıştır. (M.F.Keskenler ve E.F.Keskenler,2017).

1957 yılında Frank Rosenblatt, McCulloch ve Pitts'in model yaklaşımından faydalanarak tecrübeye dayanan, öğrenebilen eleman ağlarını oluşturmuştur. F.Rosenblatt “Perceptron (Algılayıcı)” adlı modelini McCulloch ve Pitts'in nöron modelini ve Hebb'in öğrenme kuralını temel alarak, tek katmanlı eğitilebilen ve tek bir çıkışa sahip olan yapay sinir ağını meydana getirmiştir. F.Rosenblatt ilerleyen tarihlerde anlama ve kavrama üzerinde durmuş “kavrama düğümü” olarak bilinen günümüzde de kullanılan en eski yapay sinir ağını geliştirmiştir. (M.F.Keskenler ve E.F.Keskenler,2017) Sonraki yıllarda ilgi alanı olarak inişli çıkışlı zamanları olan yapay sinir ağları 1980'lerden itibaren tekrardan hızlı bir şekilde ilgi odağı olup geliştirilerek günlük hayatımızda kullanılan, pratik bir şekilde insanlara hesaplamalarda, tahminlerde, veri analizlerinde faydalı bir araç haline dönüşmüştür.

Yapay sinir ağıları sistemi basitçe verileri öğrenme, hafızaya alma ve bu veriler arasında bağlantı kurarak yeni veriler elde etme yeteneklerine sahiptir. Tahmin, modelleme, sınıflandırma ve kümeleme gibi farklı işlevleri yapabilen yapay sinir ağıları; doğrusal olmayan problemleri modelleyebilme, paralel çalışarak bilgiyi işleyebilme ve duruma göre uyum sağlayabilme açısından büyük avantajlara sahiptir (Yöntem,2016).

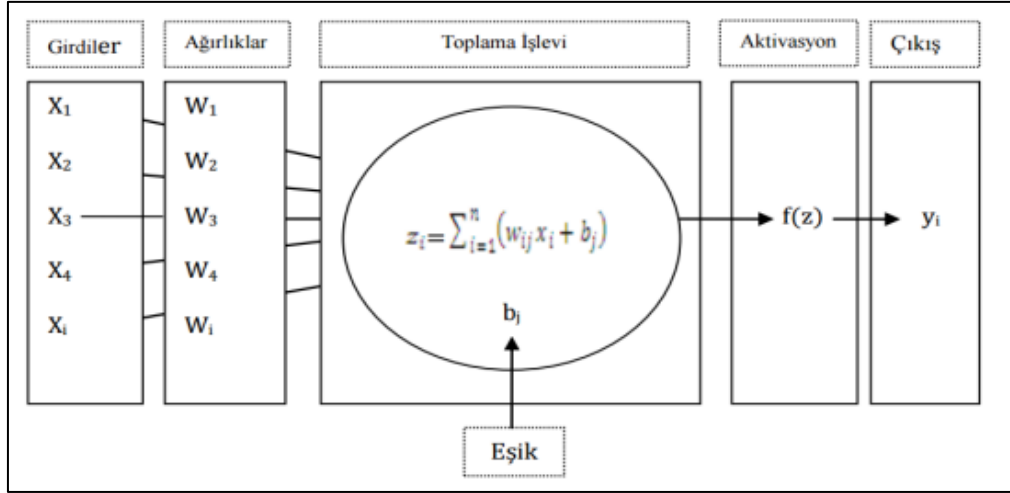
Bir yapay sinir hücresini oluşturan bölümler aşağıdaki gibidir;

1. Girdiler: Gelen her bir verinin işleme konulmadan doğrudan ara katmana iletildiği, verilerin ağa girişinin olduğu kısımdır.
2. Ağırlıklar: Her bir girdinin çıktı üzerindeki etkisini belirlemek adına geldikleri bağlantıların ağırlığıyla çarpıldığı aşamadır.
3. Toplama Fonksiyonu (Birleştirme Fonksiyonu): Ağırlıklarla çarpılarak gelen girdilere eşik değeri eklenerek hücrenin net girdisini belirleyen fonksiyondur.
4. Aktivasyon fonksiyonu: Toplama fonksiyonu çıktılarının gelerek işlendiği bu kısımda değerlerin zamana göre değişimini belirlemek için kullanılan ve bir çıkış değeri (tipik olarak doğrusal olmayan) üreten ve bu çıkış değerini bir sonraki katmana geçiren fonksiyondur. (örneğin, sigmoid veya ReLU).

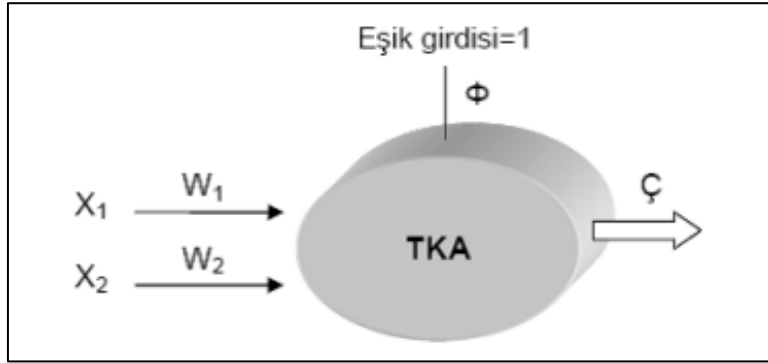


Şekil 4.1. Aktivasyon fonksiyonu grafikleri

5. Çıktılar: Girdi değerlerinin aktivasyon fonksiyonu ile işlenmesi sonucu oluşan çıktılar hücrenin çıktı değeri olmaktadır. Her hücrenin birden fazla girdisi olmasına rağmen bir tek çıktısı olmaktadır. Bu çıktı istenilen sayıda hücreye bağlanabilir.



Şekil 4.2. Yapay sinir hücresi (Esendal Bozkurt,2017)

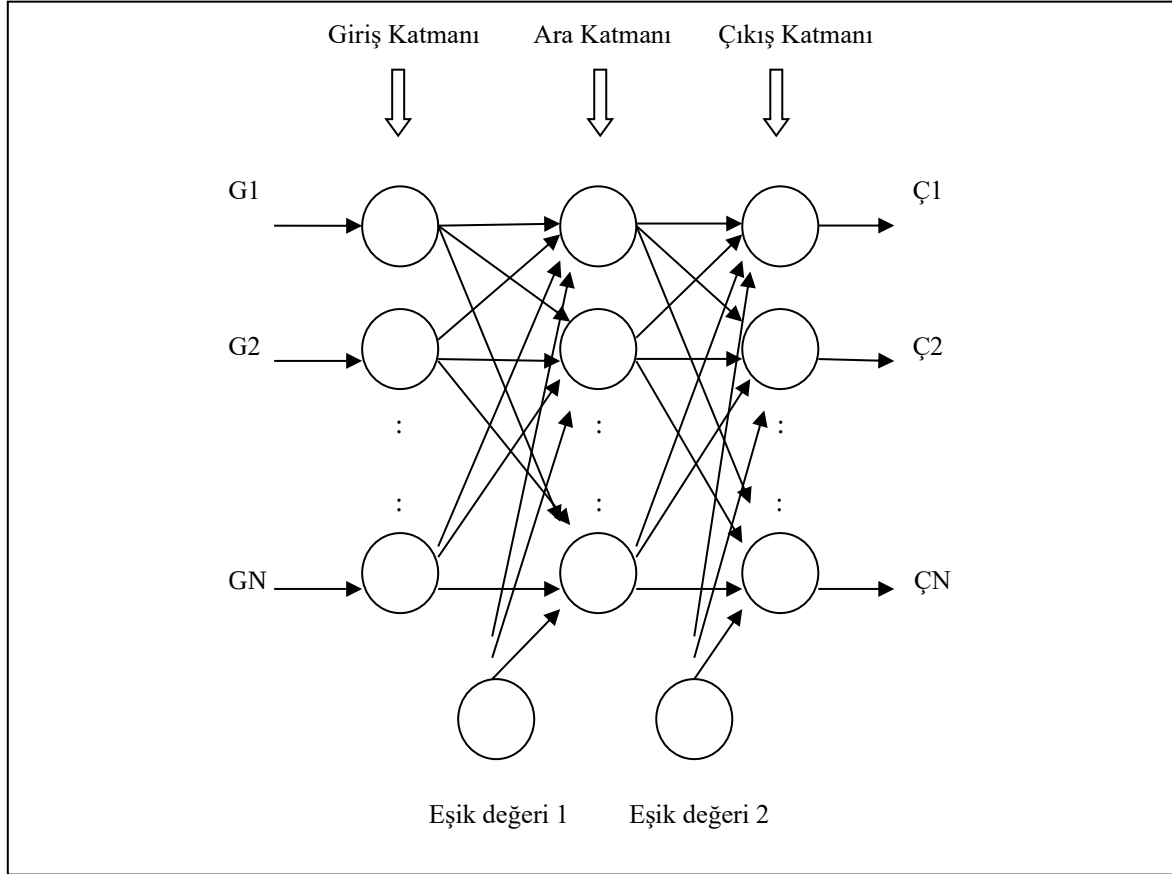


Şekil 4.3. Tek katmanlı algılayıcı yapısı (Esendal Bozkurt,2017)

Yapay sinir ağları tek katmanlı ve çok katmanlı olmak üzere ayrılır. Tek katmanlı yapay sinir ağları lineer sistemlerin çözümünde, çok katmanlı yapay sinir ağları non-lineer sistemlerin çözümünde kullanılır. Tek katmanlı yapay sinir ağları yalnızca girdi ve çıktı katmanından oluşup, basit algılayıcı modeli (perceptron) ve adaline-madaline modeli olarak ayrılır. Bu iki modelin aralarındaki tek fark öğrenme kuralıdır. Perceptron modelinde, ağırlıklar girdilerin öğrenme katsayısı denilen bir sabit ile çarpılarak ağırlıklara eklenmesi veya çıkartılması ile değiştirilir. Adaline-madaline modelinde, ağırlıklar beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farkın yani hatanın bir öğrenme katsayısı ve girdi ile çarpılarak eski ağırlıklara eklenmesiyle değiştirilir (Öztemel,2003:59-74).

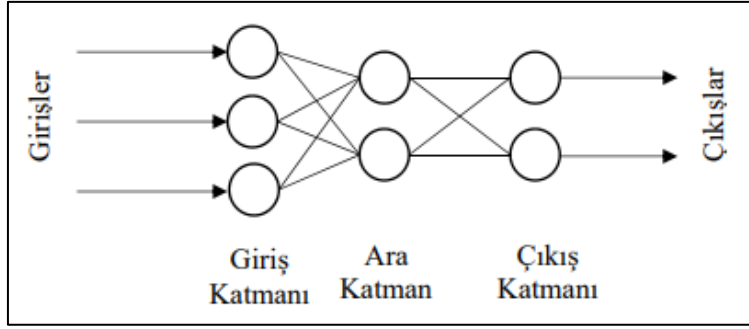
Çok katmanlı algılayıcılar, ağ yapısı ileri doğru bağlantılı olmasına karşın hatayı ağı geriye doğru yaymasından dolayı geriye yayım modeli olarak da bilinmektedir. Veri girişinin olduğu girdi katmanı, bir veya daha fazla gizli (ara) katman ve çıktı katmanından oluşan ağ

yapısına sahiptir. ÇKA öğrenme kuralı olarak en küçük kareler yöntemini temel alan Delta Öğrenme Kuralının geliştirilmiş halini kullanır. Bu öğrenme kuralı ileri ve geri yayılım safhalarından oluşur. İleri yayılım safhasında ağın çıktısı ile hata değeri; geri yayılım safhasında hesaplanmış olan hata değerini en aza indirmek için katmanlar arası güncellenen ağırlıklar hesaplanır (Öztemel,2003; Arı ve Berberler,2017).



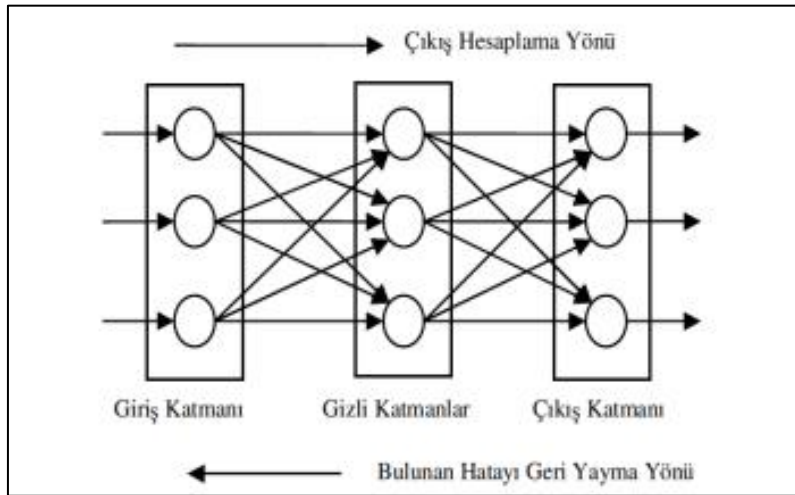
Şekil 4.4. Çok Katmanlı algılayıcı yapısı

İleri yayılım algoritmasında girdiler tek yönlü olarak bir sonraki katmana iletilerek çıktı katmanına ulaşır. Her bir çıktı sonraki katmana girdi olarak uygulanır. Çıktı katmanındaki değerler elde edilince bu işlem son bulur.



Şekil 4.5. İleri beslemeli YSA yapısı (Yöntem,2016)

Geri yayılım algoritmasında girdi değerlerinden elde edilen çıktı değerleri gerçek değerler ile kıyaslanıp hata dediğimiz aradaki fark, ağırlık değerlerine göre geriye doğru dağıtılır. Hata değerine göre değişim miktarı bulunur ve ağırlık değerleri değiştirilerek hatanın azalması sağlanır. Hata kabul edilebilir bir değere gelene kadar iterasyon yapılır.



Şekil 4.6. Geri beslemeli YSA yapısı (Öztürk ve Şahin,2018)

4.2. Bulanık Model

4.2.1. Bulanık mantık ve bulanık kümeler

Deterministik ve stokastik matematiğin bir problemi çözmesi için kesin ve mükemmel veriler gerekmektedir fakat gerçek yaşantımızdaki sorunların çoğunluğu belirsizlikler ile doludur. Bu yüzden çözüm üretmekte yetersiz kalan deterministik ve stokastik matematik dışında yeni bir matematiğe ihtiyaç duyulmuştur. (Chen ve Young,2001). Bu ihtiyaç sonucu bulanık mantık kavramı ortaya çıkmıştır.

Lotfi A. Zadeh, 1965 yılında ‘Bulanık Kümeler’ makalesinde ilk kez bulanık mantık kavramından bahsetmiştir. Bulanık mantığın temelini oluşturan bulanık küme, elemanlarını $(0,1)$ arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonları olarak ifade eder. Burada “0” değeri bir elemanın kümeye ait olmadığını, “1” değeri ise kümeye tam olarak ait olduğunu belirtirken, 0 ile 1 arasındaki üyelik derecesi ise kısmi üyelik kavramını yani kümede olma durumunu, olasılığını, belirtir. Bu sayede klasik mantıktan ayrılarak kesin olmama yani belirsizlik durumunu ifade edebilir. (Karakaşoğlu,2008; Akı ve Karasulu,2014).

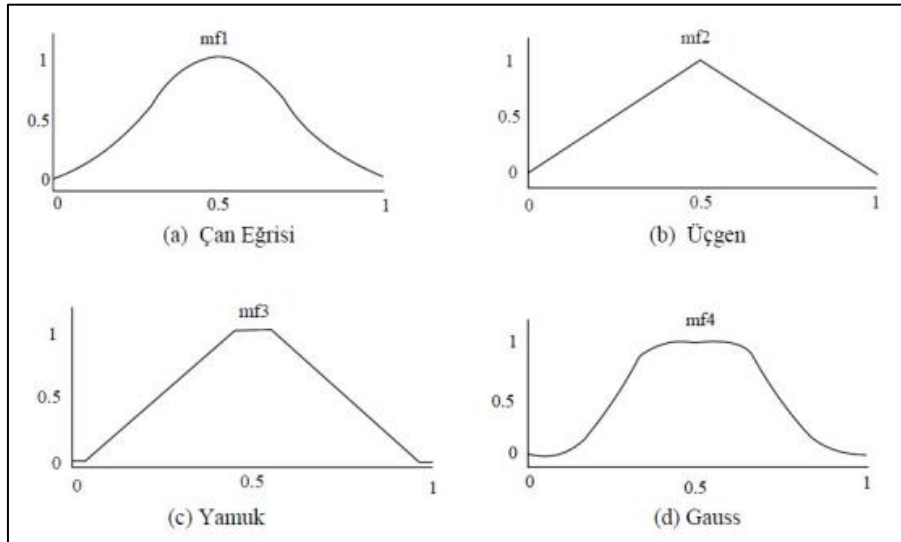
Bulanık model, günlük yaşantımızdaki sayısal ifadelerin yanı sıra sözel ifadeleri de çözüme giderken kullanabilmesi avantajıyla kesin ayrımın ortadan kalkmasını sağlar. “Bulanık küme teorisi az, sık, orta, düşük, çok, birçok gibi dilbilimsel yapıları kullanarak dereceli veri modellemesini gerçekleştirmektedir” (Karakaşoğlu,2008). Böylece insan düşünce ve davranışlarını, deneyimlerini ve önsezilerini yansıtarak gerçeğe daha yakın modelleme olanağı tanır. Bunu yaparken If-Then yani Eğer-O halde kural kalıbını kullanarak sözel ifadeleri üyelik fonksiyonlarıyla bulanık kümelere dönüştürerek matematiksel olarak şekillendirir (Yöntem,2016; Jang,1993).

4.2.2. Üyelik fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu, bulanık sistemde kuralları sisteme dahil etmek için kullanılan, her girdinin sisteme etkisini, ağırlığını, belirleyen ve bir çıktı oluşmasını sağlayan fonksiyondur. Bulanık küme tarafından tanımlanan ve 0 ile 1 arasında değer alabilen ilgili karakteristik fonksiyona üyelik fonksiyonu denilmektedir (Zadeh ve Kacprzyk, 1992: 214; Karakaşoğlu,2008).

Üyelik fonksiyonu, söz konusu evren elemanlarının bulanık bir kümeye ait olma durumunu gösterir. Bu fonksiyon, 0 ile 1 arasında üyelik değeri atayarak elemanların kümeye aitlik derecesini temsil eder yani bulanık kümenin temsil ettiği kavramı, özellikleri, ne derece yansıttığını ‘kesinlikle ait (1)’ ile ‘kesinlikle ait değil (0)’ aralığında kademeli şekilde belirler.

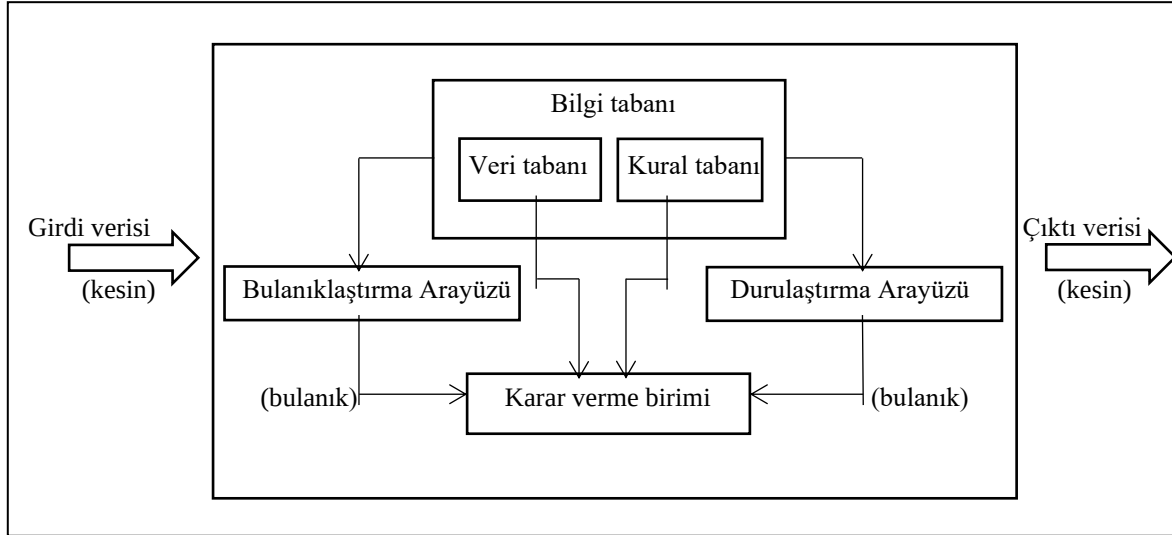
Bulanık modeller meydana getirilirken çeşitli üyelik fonksiyonları tercih edilebilir. En çok tercih edilen üyelik fonksiyon tipleri: çan eğrisi(bell-shaped), üçgen (triangular), yamuk (trapezoidal), gauss (normal dağılım) ve sigmoidal fonksiyonlardır. (Şirin,2021)



Şekil 4.7. Çeşitli üyelik fonksiyonu biçimleri (Yöntem,2016)

4.2.3. Bulanık çıkarım sistemi

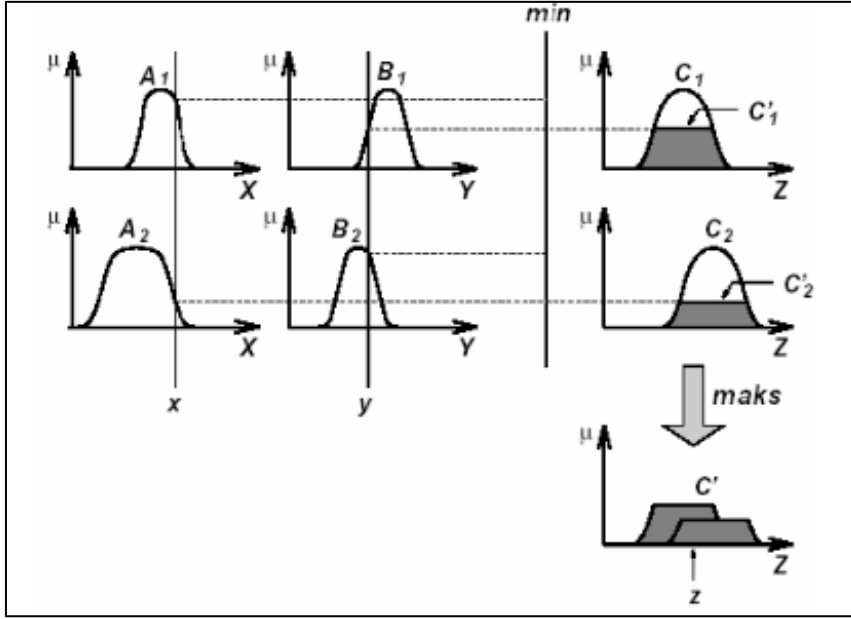
Bulanık modeller üç temel aşama üzerine kurulu sistemlerdir. Bunlar, bulanıklaştırma arayüzü (fuzzification interface), karar verme birimi (decision-making unit) ve durulaştırma arayüzüdür (defuzzification interface). İşleyiş birimlerinden bilgi tabanı (knowledge base) denilen kısım kural (rule base) ve veri (database) tabanından meydana gelmektedir. Kural tabanı if-then kurallarının, veri tabanı ise kurallarda kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının tanımlandığı kısımdır. Bulanıklaştırma arayüzünde, veriler üyelik fonksiyonları ile üyelik derecelerini kazanarak dilsel eşleşmeleri yapılır. Karar verme biriminde, gelen veriler kurallara göre işlenerek bulanık çıkarım işlemleri gerçekleştirilir. Her kuralın çıkarımı burada toplanır. Durulaştırma arayüzü, bulanık çıkarım sonuçlarını kesin çıktıya çeviren kısımdır. (Jang,1993; Akı ve Karasulu,2014).



Şekil 4.8. Bulanık çıkarım sistemi (Jang,1993)

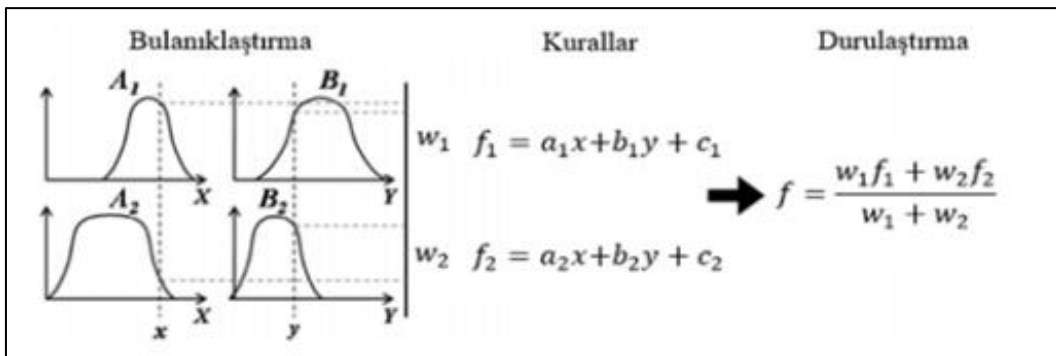
Bulanık çıkarım sistemlerinden başlıca kullanılanları Mamdani ve Sugeno tipi bulanık çıkarım metodudur. Mamdani bulanık çıkarım metodu, ilk kez Prof. Ebrahim Mamdani tarafından buhar makinesi ve kazan birleşiminin kontrolünü sağlamak amaçlı geliştirilmiştir. Bu çıkarım sisteminde giriş ve çıkış değişkenleri kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile belirtilir. Kuralları sözel tabanlıdır bu nedenle insan davranış, düşünce ve duyularına uygulanabilirliği yüksektir. Kurallara göre tetiklenen girdi değerlerinin, üyelik dereceleri hesaplanır. Hesaplanan üyelik dereceleri, kuralların içerisindeki ve/veya mantıksal olgularına göre maksimum ya da minimum operatörüne gönderilir. Kural içerisindeki değerler birbirine ‘ve’ mantıksal işlemcisi ile bağlıysa hesaplanan üyelik dereceleri minimum operatörüne, ‘veya’ mantıksal işlemcisi ile bağlıysa maksimum operatörüne gönderilir.

Bu operatörler, onlara gelen birden fazla değer arasından en küçüğünü ya da en büyüğünü geri döndürürler. Bu işlemler sonucunda her bir kural için alınan bulanık değerler durulaştırma yapılarak kesin çıktı değeri elde edilir.



Şekil 4.9. Mamdani bulanık çıkarım sistemi (Yılmaz ve Arslan,2005)

Sugeno bulanık çıkarım metodu, Takagi, Sugeno ve Kang tarafından girdi ve çıktı verilerinden sistematik bir şekilde bulanık kurallar üretmek için geliştirilmiştir. Girdi değerlerini bulanıklaştırma ve bulanık mantık operatörlerinin uygulandığı aşama Mamdani bulanık çıkarımı ile aynıdır. Mamdani ile Sugeno çıkarım yöntemi arasındaki en önemli fark bulanıklaştırma biriminden gelen üyelik derecelerini ilişkilendirdikleri çıkış üyelik fonksiyonlarıdır. Mamdani çıkarım metodu minimum/maksimum ilişki operatörünü kullanırken Sugeno bulanık çıkarım metodu polinom çıkış üyelik fonksiyonunu kullanarak Mamdani çıkış metodundan lineer olması yönüyle ayrılır. Başka bir deyişle, Mamdani çıkarım metodunda çıkış değerleri de giriş değerleri gibi bir bulanık küme olarak, Sugeno bulanık metodunda ise çıkış değerleri bir fonksiyon olarak tanımlanır. (Yöntem,2016; Ünsal ve Alışkan,2016).



Şekil 4.10. Sugeno bulanık çıkarım sistemi (Yıldırım ve diğerleri,2021)

Burada;

A : giriş değişkeni x için bulanık küme,

B : giriş değişkeni y için bulanık küme,

x, y : giriş değerleri,

f : bulanık kural,

a,b,c : en küçük kareler yöntemiyle belirlenen sabit değerler,

w : üyelik derecesi (kural ağırlığı) olarak ifade edilmektedir.

4.2.4. Durulaştırma yöntemleri

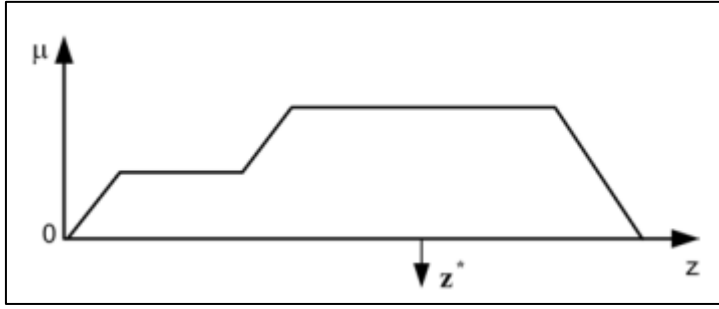
Bulanıklaştırma aşamasıyla birlikte bilinen aralıktaki girdi değerleri üyelik fonksiyonları ile bulanık değerlere (0 ile 1 arasında) dönüştürüldüğünden kurallar ve çıkarım sistemi bu bulanık değerler üzerinden ilerler ve elde edilen çıktılar bulanık değerdir. Bulanık çıkış değerlerini kesin çıktıya dönüştürmek için durulaştırma işlemi yapılması gerekir. Çıkış bulanık kümelerini durulaştırma işlemi için farklı yöntemler kullanılmaktadır.

- Ağırlık merkezi (centroid of area) yöntemi

Durulaştırma yöntemleri arasında en yaygın kullanılan yöntemdir. Aktif kurallardan gelen üyelik değerlerinin kestiği alanlar toplanır. Toplam alanın ağırlık merkezinin yatay ekseninde kestiği değer alınır.

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu_c(z) dz}{\int \mu_c(z) dz} \quad (4.1)$$

$\mu_c(z)$, aktif üyelik fonksiyonlarının birleşimi

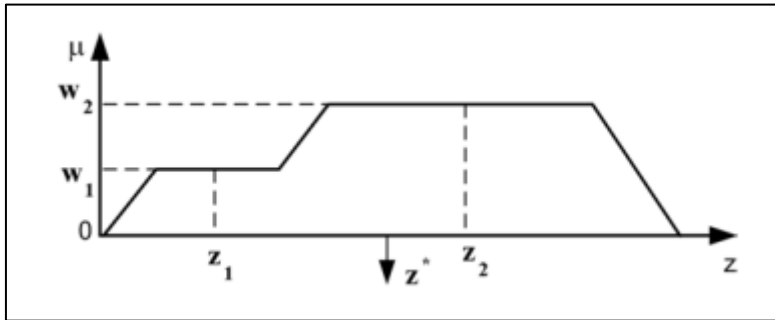


Şekil 4.11. Ağırlık merkezi yöntemi (Karasakal,2012)

- Ağırlıklı ortalama (weighted average) yöntemi

Simetrik üyelik fonksiyonu olan çıkış değerlerinde kullanılan bu metot her bir kuralın en yüksek üyelik değerini çıkış kümesini kestiği alanla çarpar ve toplamalarını, her kuraldan elde edilen üyelik değerleri toplamına bölerek kesin sonuca ulaşır.

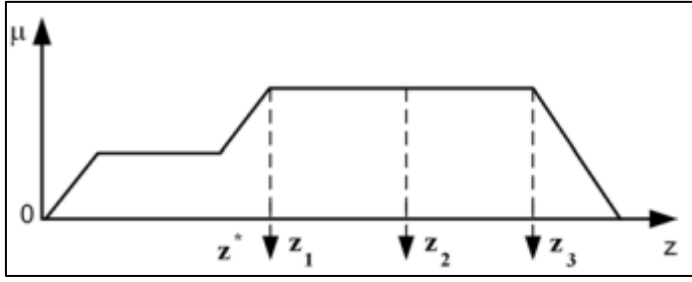
$$z^* = \frac{\sum z \cdot \mu c(z) dz}{\sum \mu c(z) dz} \quad (4.2)$$



Şekil 4.12. Ağırlıklı ortalama yöntemi (Karasakal,2012)

- Maksimum durulaştırma yöntemi

Bu yöntemle göre en yüksek üyelik değerleri aralığı belirlenir ve üç şekilde kesin sonuç değerine ulaşılabilir. Maksimumun en küçüğü (smallest of maximum) yönteminde en yüksek ilk değer(z_1) kesin sonuç olarak alınır, maksimumun en büyüğü (Largest of maximum) yönteminde en son en yüksek değer(z_3) kesin sonuç ve maksimum ortalama (mean of maximum) yönteminde ise en küçük ve en büyük değerlerin ortalaması(z_2) kesin sonuç olarak alınır.



Şekil 4.13. Maksimum durulaştırma yöntemi (Karasakal,2012)

4.3. Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

1993 senesinde Jang tarafından önerilen ANFIS, paralel hesaplayabilme ve öğrenme yeteneği özelliğini yapay sinir ağlarından ve çıkarım mekanizması prensiplerini bulanık mantıktan alarak oluşturulan sentez bir yapay zeka tekniğidir. Sugeno bulanık çıkarım sistemi ve melez öğrenme algoritması temeli üzerine kurulmuştur. En küçük kareler yöntemi ve geri yayımlı öğrenme algoritmasını birlikte kullanan melez bir algoritmadır. (Gemici ve diğerleri,2013).

Yapay sinir ağları öğrenme aşamasında aktif rol oynayarak bulanık mantığın parametrelerini belirler. Eğitim aşamasında etkili olan yapay sinir ağı bu işlemi tamamladıktan sonra sistem sonraki aşamalarda bulanık mantık mekanizması ile devam ederek karar verme işlemini gerçekleştirir.

Anfis modeli, 5 temel katmandan oluşan ileri beslemeli ve düğümlerden oluşan bir yapıdadır. Her düğüm ayrı bir fonksiyonu tanımlar. Düğümler arasındaki bağıntılar, aralarındaki değeri tam belli olmayan bir ağırlığı gösterir. Düğümlerin her biri veya bir kısmı adaptif yapıda olabilir. Adaptif yapılu düğümler, çıkışlarının değişebilen parametrelerle belirlenmesi yoluyla oluşturulur (Temelli,2018).

ANFIS çalışmasında, çıkış değişkeni (z) sabit katsayı ya da giriş değişkenlerine (x ve y) bağlı bir fonksiyon olarak tanımlandığında, iki girdiye sahip Sugeno bulanık çıkarım sistemine ait iki tane Eğer (if)- O halde (then) kuralı (1) ve (2)'de gösterilmiştir.

Eğer $x=A1$ ve $y=B1$ ise, $z=p1x+q1y+r1$ (1)

Eğer $x=A2$ ve $y=B2$ ise, $z=p2x+q2y+r2$ (2)

(1) ve (2) numaralı denklemlerde; A ve B bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarıdır. p_1, q_1, r_1, p_2, q_2 ve r_2 ise çıkarım sisteminin çıkış parametreleridir (Terzi ve diğerleri, 2018:23-25).

ANFIS yapısı beş katmandan oluşmaktadır, yapıda bulunan katmanlar ve görevleri açıklanacak olursa:

1. Katman: Düğüm sayısı giriş değişkenlerinin sayısına eşittir. Düğüm fonksiyonları girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarıdır ve girdi değişkenlerinin bulanık kümeye aitlik durumunu belirten üyelik derecesini üretir.

$$\begin{aligned} R_{1,i} &= \mu_{A_i}(x), \quad i = 1, 2 \\ R_{1,i} &= \mu_{B_{i-2}}(y), \quad i = 3, 4 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Burada, x ve y düğümün girdi değerlerini, μ_{A_i} ve $\mu_{B_{i-2}}$ düğümle ilgili üyelik fonksiyonlarını, A_i ve B_{i-2} bulanık kümeyi (dilsel terimler) ifade etmektedir.

Düğümelerde Gauss, çan, yamuk, üçgen şekilli fonksiyonlar gibi farklı üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. En sık tercih edilen tip Gauss üyelik fonksiyonudur. Örneğin, üyelik fonksiyonunun çan eğrisi tipi olduğu düşünülürse hesaplaması aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$\frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (4.4)$$

Formüldeki a_i, b_i, c_i ifadeleri, Eğer (if) – O halde (then) bulanık kural yapısının önerme kısmına bağlı üyelik fonksiyonlarının eğriliklerini ve şekillerini belirleyen parametre setidir.

2. Katman: Bu kısımdaki düğümler sabit karakterlidir. Bu katmanda kuralların üyelik (gerçekleşme) derecelerinin, ‘ve’ mantıksal işlemi kullanılarak çarpımları hesaplanır. Düğümün çıktıları, kuralların tetikleme gücünü göstermektedir.

$$\begin{aligned} R_{2,k} &= w_k = \mu_{A_i}(x) \times \mu_{B_j}(y) \\ k &= 1, \dots, 4; \quad i = 1, 2; \quad j = 1, 2 \end{aligned} \quad (4.5)$$

3. Katman: Bu katman kural ağırlıklarının normalize edilmesi amaçlıdır. Bir i . düğüm, i . kuralın tetikleme gücünün, diğer bütün kuralların tetikleme gücünün toplamına bölünmesi ile yapılır.

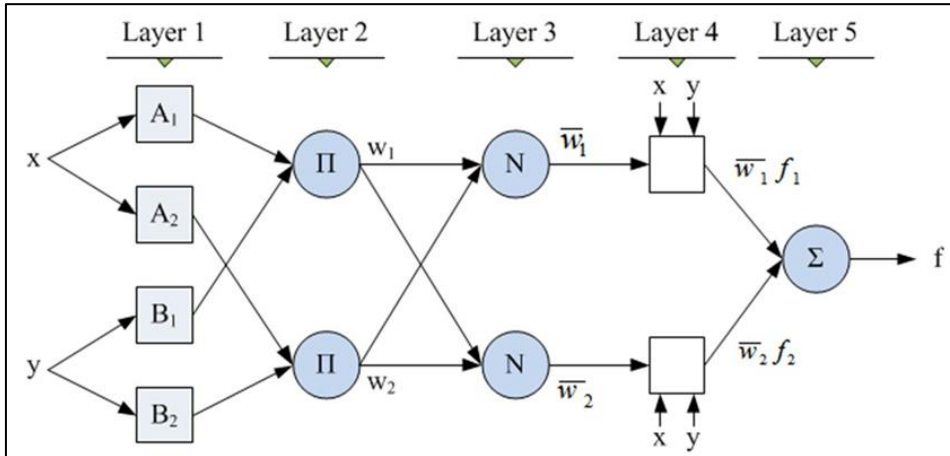
$$R_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{k=1}^n w_k}, \quad i=1, \dots, n \quad (4.6)$$

4. Katman: Bütün düğümlerin adaptif karakterli olduğu bilinmektedir, bu düğümlerin fonksiyonu Sugeno bulanık çıkarım sisteminde bulunan, genellikle de 1.mertebenden olan, bir fonksiyondur. Her i . kuralın toplam çıktı içerisindeki etkisinin hesaplandığı aşamadır.

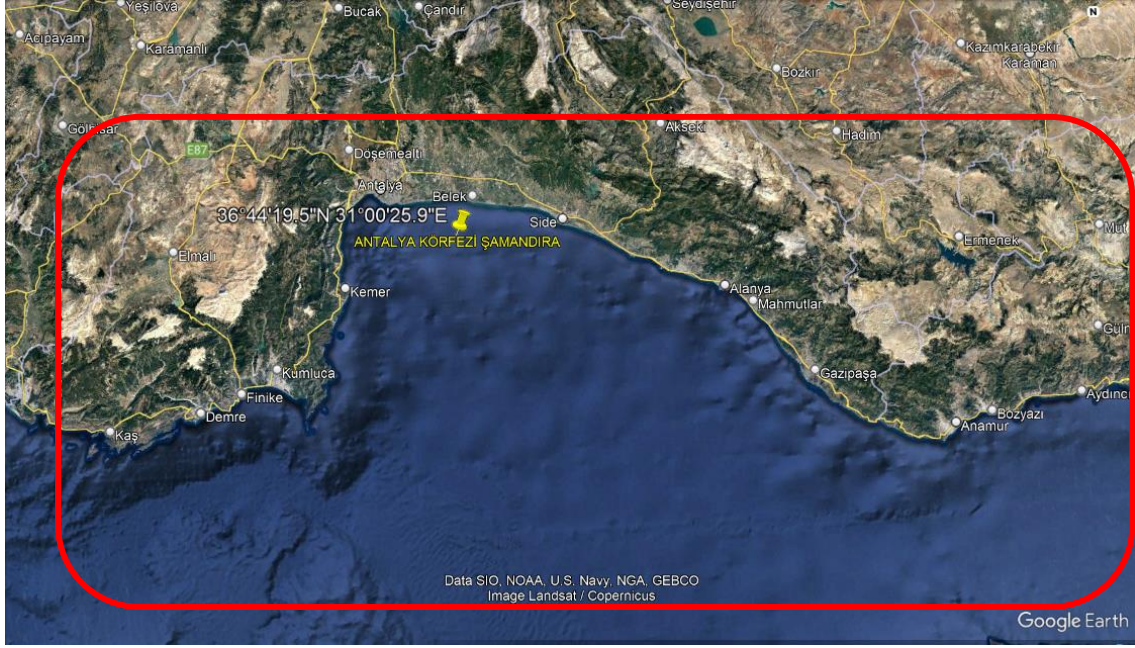
$$R_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), \quad i=1, \dots, n \quad (4.7)$$

5. Katman: ANFIS genel çıktısının elde edildiği aşama olan bu katmanın çıktısı tek düğümden oluşmuştur, kurallar bu katmanda durulaştırılır ve katman çıktısı kesin sonucu verir.

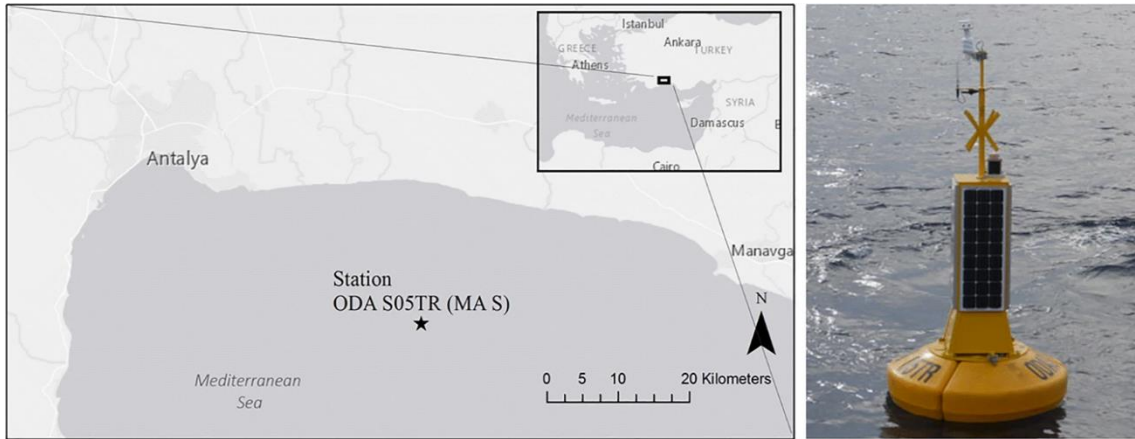
$$R_{5,i} = \sum_{i=1}^n \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$



Şekil 4.14. Birinci dereceden iki girişli ve iki kuralı bulunan ANFIS yapı modeli (Suzuki,2013)



Şekil 5.2. Antalya körfezi şamandıra konumu ve çalışma bölgesi



Şekil 5.3. Şamandıranın lokasyonu (Tür, 2020)

Veri seti için 2015 Mart-2017 Ocak zaman aralığına ait 24 saatlik günlük veriler Antalya Körfezi şamandıra istasyonu ölçümlerinden temin edilmiştir. Temin edilen şamandıra verilerinin aralarında 1-2 saatlik veri boşlukları bulunmaktaydı. Bu eksik veriler geliştirilen ANFIS modeller aracılığıyla tamamlanmıştır. Modele bağlı olarak eksik olan data kayıpları giderilmiş ve veri seti iyileştirilmiştir.

Model geliştirilmesinde MATLAB R2013a programının neuro fuzzy design uygulaması kullanılmıştır. MATLAB, birçok bilim alanında sayısal hesaplama yapmak, algoritmalar geliştirmek, veri analizi yapmak ve modeller geliştirmek için kullanılan yazılım programıdır.

2015-2016 yıllarına ait 12 aylık toplamda 8779 adet belirgin dalga yüksekliği verisinin 6618'i modelin eğitim aşaması için, 2161'i ise modelin test aşaması için kullanılmıştır.

Model gelişimde kullanılan belirgin dalga yüksekliği verilerinin istatistiksel sonuçları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Çalışma sahasında ölçülen en büyük dalga yüksekliği (maks) 4,09 m, en küçük dalga yüksekliği (min) 0,04 m, dalga yükseklikleri ortalaması (mean) 0,44 m ve standart sapması (standart deviation) 0,40 m'dir.

Çizelge 5.1. Ölçülen dalga yüksekliği verilerinin istatistiksel parametreleri

maksimum	minimum	ortalama	medyan	mod	çarpıklık	standart sapma	basıklık
4,09	0,04	0,44	0,31	0,17	3,05	0,40	13,60

Şamandıra istasyonundan alınan veriler düzenlenerek zaman gecikmeli veri seti hazırlanmıştır. Bu düzenlemenin nasıl yapıldığı aşağıda Şekil 5.4'te gösterilmiştir.

yil	ay	gun	saat	Hs (m)
2016	1	1	0	1.01
2016	1	1	1	1.07
2016	1	1	2	1.06
2016	1	1	3	1.09
2016	1	1	4	1.1
2016	1	1	5	1.16
2016	1	1	6	1.02
2016	1	1	7	1.17
2016	1	1	8	1.03
2016	1	1	9	1.02
2016	1	1	10	0.9
2016	1	1	11	0.9
2016	1	1	12	0.73
2016	1	1	13	0.72
2016	1	1	14	0.83
2016	1	1	15	0.88
2016	1	1	16	0.84
2016	1	1	17	0.88
2016	1	1	18	0.87
2016	1	1	19	0.8

yil	ay	gun	saat	t-5	t-4	t-3	t-2	t-1	t
2016	1	1	0	1.01	1.07	1.06	1.09	1.1	1.16
2016	1	1	1	1.07	1.06	1.09	1.1	1.16	1.02
2016	1	1	2	1.06	1.09	1.1	1.16	1.02	1.17
2016	1	1	3	1.09	1.1	1.16	1.02	1.17	1.03
2016	1	1	4	1.1	1.16	1.02	1.17	1.03	1.02
2016	1	1	5	1.16	1.02	1.17	1.03	1.02	0.9
2016	1	1	6	1.02	1.17	1.03	1.02	0.9	0.9
2016	1	1	7	1.17	1.03	1.02	0.9	0.9	0.73
2016	1	1	8	1.03	1.02	0.9	0.9	0.73	0.72
2016	1	1	9	1.02	0.9	0.9	0.73	0.72	0.83
2016	1	1	10	0.9	0.9	0.73	0.72	0.83	0.88
2016	1	1	11	0.9	0.73	0.72	0.83	0.88	0.84
2016	1	1	12	0.73	0.72	0.83	0.88	0.84	0.88
2016	1	1	13	0.72	0.83	0.88	0.84	0.88	0.87
2016	1	1	14	0.83	0.88	0.84	0.88	0.87	0.8
2016	1	1	15	0.88	0.84	0.88	0.87	0.8	0.75
2016	1	1	16	0.84	0.88	0.87	0.8	0.75	0.71
2016	1	1	17	0.88	0.87	0.8	0.75	0.71	0.75
2016	1	1	18	0.87	0.8	0.75	0.71	0.75	0.81

Şekil 5.4. Hs veri düzenlemesi

Bu işlem gerçekleştirildikten sonra toplamda 8779 veri satırı eğitim ve test olarak ayrıştırıldı. Hata payının azaltılması için t-5, t-4, t-3, t-2, t-1 sütun değerlerine göre ayrı ayrı maksimum ve minimum sıralama yapılarak rastgele sayıda veri eğitim bölümüne aktarıldı. Geri kalan veriler içerisinde ise yığılmaların olmasını engellemek için 3'e 1 oranında eğitim ve test olarak ayrıştırıldı.

Sıra	t-5	t-4	t-3	t-2	t-1	t
1	1.01	1.07	1.06	1.09	1.1	1.16
2	1.07	1.06	1.09	1.1	1.16	1.02
3	1.06	1.09	1.1	1.16	1.02	1.17
4	1.09	1.1	1.16	1.02	1.17	1.03
5	1.1	1.16	1.02	1.17	1.03	1.02
6	1.16	1.02	1.17	1.03	1.02	0.9
7	1.02	1.17	1.03	1.02	0.9	0.9
8	1.17	1.03	1.02	0.9	0.9	0.73
9	1.03	1.02	0.9	0.9	0.73	0.72
11	0.9	0.9	0.73	0.72	0.83	0.88
14	0.72	0.83	0.88	0.84	0.88	0.87
15	0.83	0.88	0.84	0.88	0.87	0.8
16	0.88	0.84	0.88	0.87	0.8	0.75
17	0.84	0.88	0.87	0.8	0.75	0.71
.		.		.		.
.		.		.		.
.		.		.		.
4657	0.24	0.2	0.24	0.2	0.19	0.23
4658	0.2	0.24	0.2	0.19	0.23	0.24
4660	0.2	0.19	0.23	0.24	0.25	0.27
4662	0.23	0.24	0.25	0.27	0.23	0.18
4663	0.24	0.25	0.27	0.23	0.18	0.14
4666	0.23	0.18	0.14	0.13	0.14	0.16
4667	0.18	0.14	0.13	0.14	0.16	0.32
4668	0.14	0.13	0.14	0.16	0.32	0.33
4669	0.13	0.14	0.16	0.32	0.33	0.33
4671	0.16	0.32	0.33	0.33	0.32	0.3
4672	0.32	0.33	0.33	0.32	0.3	0.27
.		.		.		.
.		.		.		.
.		.		.		.
8757	1.09	1.15	1.27	1.19	1.22	1.25
8758	1.15	1.27	1.19	1.22	1.25	1.31
8759	1.27	1.19	1.22	1.25	1.31	1.26
8760	1.19	1.22	1.25	1.31	1.26	1.18
8761	1.22	1.25	1.31	1.26	1.18	1.28
8764	1.26	1.18	1.28	1.28	1.31	1.23
8766	1.28	1.28	1.31	1.23	1.26	1.02
8767	1.28	1.31	1.23	1.26	1.02	0.97
8768	1.31	1.23	1.26	1.02	0.97	0.97
8769	1.23	1.26	1.02	0.97	0.97	0.99
8770	1.26	1.02	0.97	0.97	0.99	1.14
8771	1.02	0.97	0.97	0.99	1.14	1.19
8773	0.97	0.99	1.14	1.19	0.93	0.95
8774	0.99	1.14	1.19	0.93	0.95	0.96
8775	1.14	1.19	0.93	0.95	0.96	0.93
8776	1.19	0.93	0.95	0.96	0.93	0.92
8777	0.93	0.95	0.96	0.93	0.92	0.96

Şekil 5.5. ANFIS eğitim veri seti

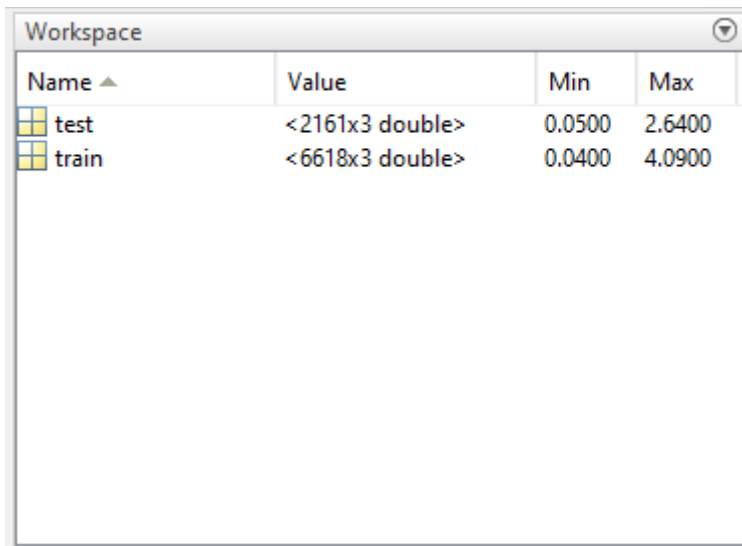
Sıra	t-5	t-4	t-3	t-2	t-1	t
10	1.02	0.9	0.9	0.73	0.72	0.83
12	0.9	0.73	0.72	0.83	0.88	0.84
13	0.73	0.72	0.83	0.88	0.84	0.88
19	0.87	0.8	0.75	0.71	0.75	0.81
22	0.71	0.75	0.81	0.83	0.88	0.85
24	0.81	0.83	0.88	0.85	0.8	0.91
28	0.8	0.91	0.79	0.77	0.79	0.69
42	0.24	0.24	0.35	0.34	0.39	0.4
43	0.24	0.35	0.34	0.39	0.4	0.41
56	0.25	0.25	0.27	0.25	0.23	0.25
60	0.23	0.25	0.32	0.41	0.5	0.63
61	0.25	0.32	0.41	0.5	0.63	0.57
65	0.63	0.57	0.65	0.71	0.77	0.8
72	0.82	0.81	0.79	0.86	0.77	1.42
73	0.81	0.79	0.86	0.77	1.42	1.67
.		.		.		.
.		.		.		.
.		.		.		.
4392	0.28	0.29	0.25	0.24	0.22	0.23
4395	0.24	0.22	0.23	0.21	0.2	0.19
4403	0.26	0.29	0.31	0.3	0.33	0.32
4409	0.34	0.36	0.37	0.36	0.35	0.38
4411	0.37	0.36	0.35	0.38	0.33	0.33
4417	0.37	0.34	0.31	0.34	0.36	0.33
4420	0.34	0.36	0.33	0.3	0.3	0.35
4422	0.33	0.3	0.3	0.35	0.36	0.32
4430	0.35	0.36	0.36	0.37	0.33	0.29
4435	0.29	0.24	0.23	0.22	0.22	0.23
4436	0.24	0.23	0.22	0.22	0.23	0.26
4438	0.22	0.22	0.23	0.26	0.26	0.25
.		.		.		.
.		.		.		.
.		.		.		.
8737	0.51	0.5	0.55	0.62	0.62	0.61
8738	0.5	0.55	0.62	0.62	0.61	0.53
8743	0.53	0.63	0.6	0.66	0.82	0.78
8745	0.6	0.66	0.82	0.78	0.86	0.86
8747	0.82	0.78	0.86	0.86	0.77	0.96
8755	1.14	1.13	1.09	1.15	1.27	1.19
8762	1.25	1.31	1.26	1.18	1.28	1.28
8763	1.31	1.26	1.18	1.28	1.28	1.31
8765	1.18	1.28	1.28	1.31	1.23	1.26
8772	0.97	0.97	0.99	1.14	1.19	0.93
8778	0.95	0.96	0.93	0.92	0.96	1
8779	0.96	0.93	0.92	0.96	1	0.94

Şekil 5.6. ANFIS test veri seti

Eğitim ve test veri setlerinde bulunan t-5, t-4, t-3, t-2, t-1 zamanlı veri sütunları Hs girdi parametresi, t sütunundaki değerler ise Hs çıktı parametresinin karşılaştırılacağı Hs ölçüm değerleridir.

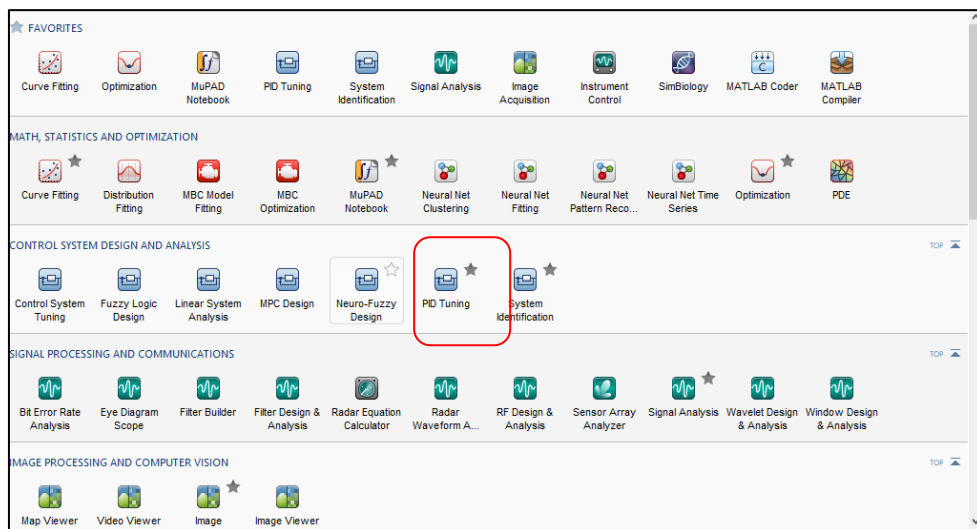
5.2. MATLAB Model Uygulamaları

Excel’ de oluşturulan veri altlığından faydalanılarak Matlab programına modellerin veri setleri aktarılmıştır. Eğitime ve test olarak Matlab ortamına taşınan veriler Neuro-Fuzzy Design uygulaması kullanılarak modeller geliştirilmiş ve tahmin sonuçları elde edilmiştir.

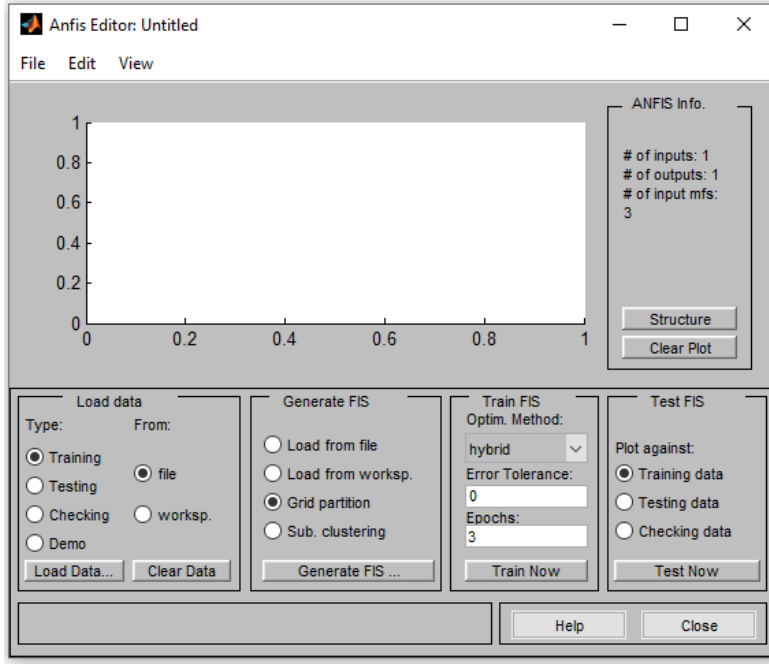


Name	Value	Min	Max
test	<2161x3 double>	0.0500	2.6400
train	<6618x3 double>	0.0400	4.0900

Şekil 5.7. Matlab ortamındaki veri seti

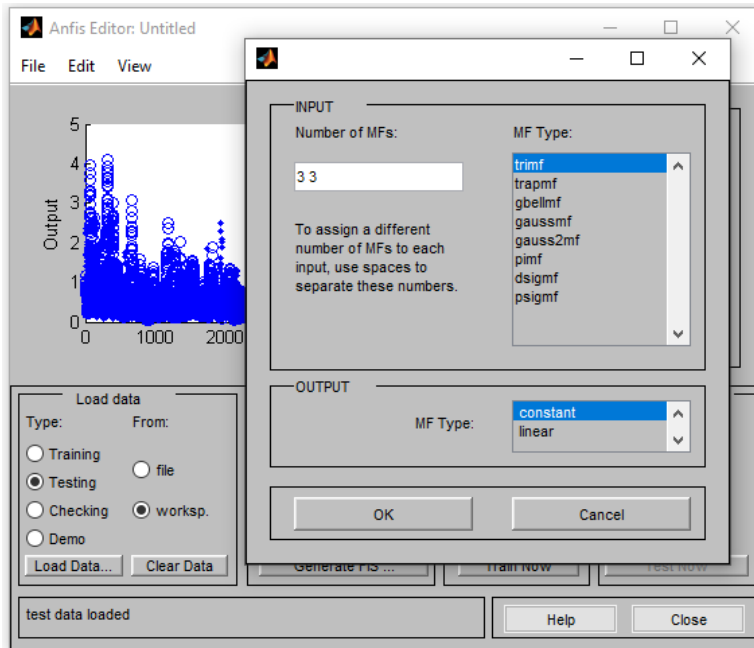


Şekil 5.8. Matlab uygulamaları (neuro-fuzzy design)



Şekil 5.9. ANFIS neuro-fuzzy design editör (model özelliklerinin girildiği pencere)

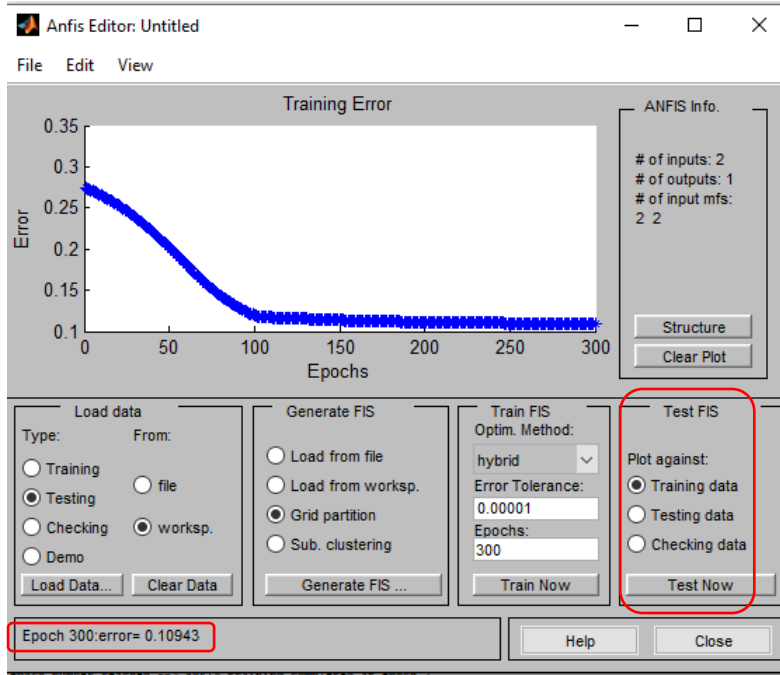
Şekil 5.9.'teki ANFIS editör penceresinde load data, generate FIS, eğitim FIS ve test FIS bölümleri bulunmaktadır. İlk aşamada eğitim ve test verileri load data butonuyla yüklenmiştir. İkinci aşama olarak grid partition seçilerek generate FIS butonu ile oluşturulan bulanık modelin üyelik fonksiyonu özellikleri belirlenmiştir.



Şekil 5.10. Bulanık model üyelik fonksiyonu özelliklerini belirleme

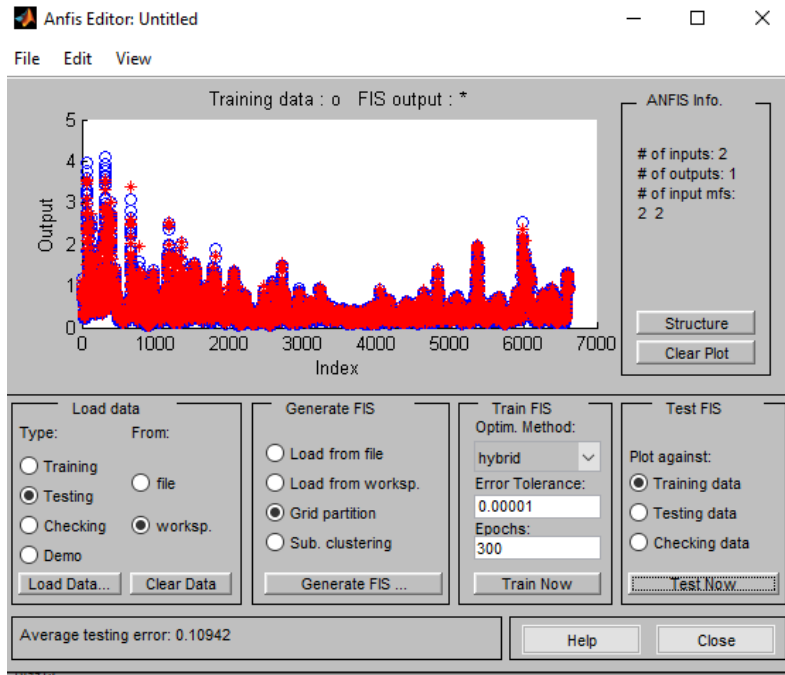
Üçüncü aşamada “eğit FIS” bölümünde optimizasyon metodu seçilmiştir. Geri besleme (Back propagation) ve hibrid olarak iki seçenek mevcuttur. Hibrid yöntemi geri besleme ile en küçük kareler yönteminin bir arada kullanıldığı yöntemidir. Hata sınırı (tolerance) ve iterasyon (epochs) değerleri girilmiştir.

Eğitim veri setine ait hata değeri, hızlı ya da yavaş bir şekilde azalırken belirli bir noktada kontrol hatasının artmaya başladığı gözlemlenebilir (Ok, 2010). Bu nokta “aşırı uyum (overfitting) noktası” olarak adlandırılır. Eğitim sürecine, eğitim hata değeri sabitlenene kadar veya aşırı uyum oluşana kadar devam edilmiştir. RMSE olarak adlandırılan bu değer ANFIS editör penceresinin sol alt köşesinde görülmektedir.

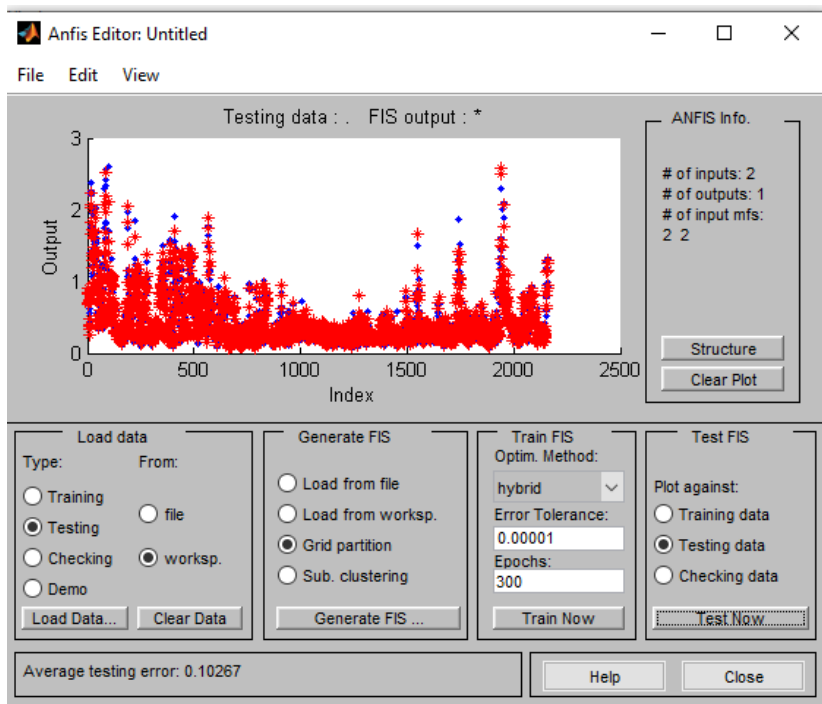


Şekil 5.11. ANFIS modelinin eğitim aşaması ve hata gözlem grafiği

Eğitim aşaması tamamlandıktan sonra son aşamaya, test aşamasına, geçilmiştir. Model ağı daha önce karşılaşmadığı test veri seti ile test edilir. Bu aşamada eğitim verisi ile modelin tahmin değerleri kıyaslanır. Girdi verisine karşılık gelen gözlem ve tahmin değerlerinin dağılımları, editörün grafik kısmında gösterilir (Temelli,2018).



Şekil 5.12. ANFIS eğitim data tahmin dağılım grafiği



Şekil 5.13. ANFIS test data tahmin dağılım grafiği

Variables - out1

	1	2	3	4	5	6	7	8	!
6606	1.2396								
6607	1.2740								
6608	1.1998								
6609	1.2283								
6610	0.9680								
6611	0.9071								
6612	0.9448								
6613	0.9764								
6614	1.2028								
6615	0.8800								
6616	0.8949								
6617	0.9494								
6618	0.9117								
6619									
6620									

Variables - out2

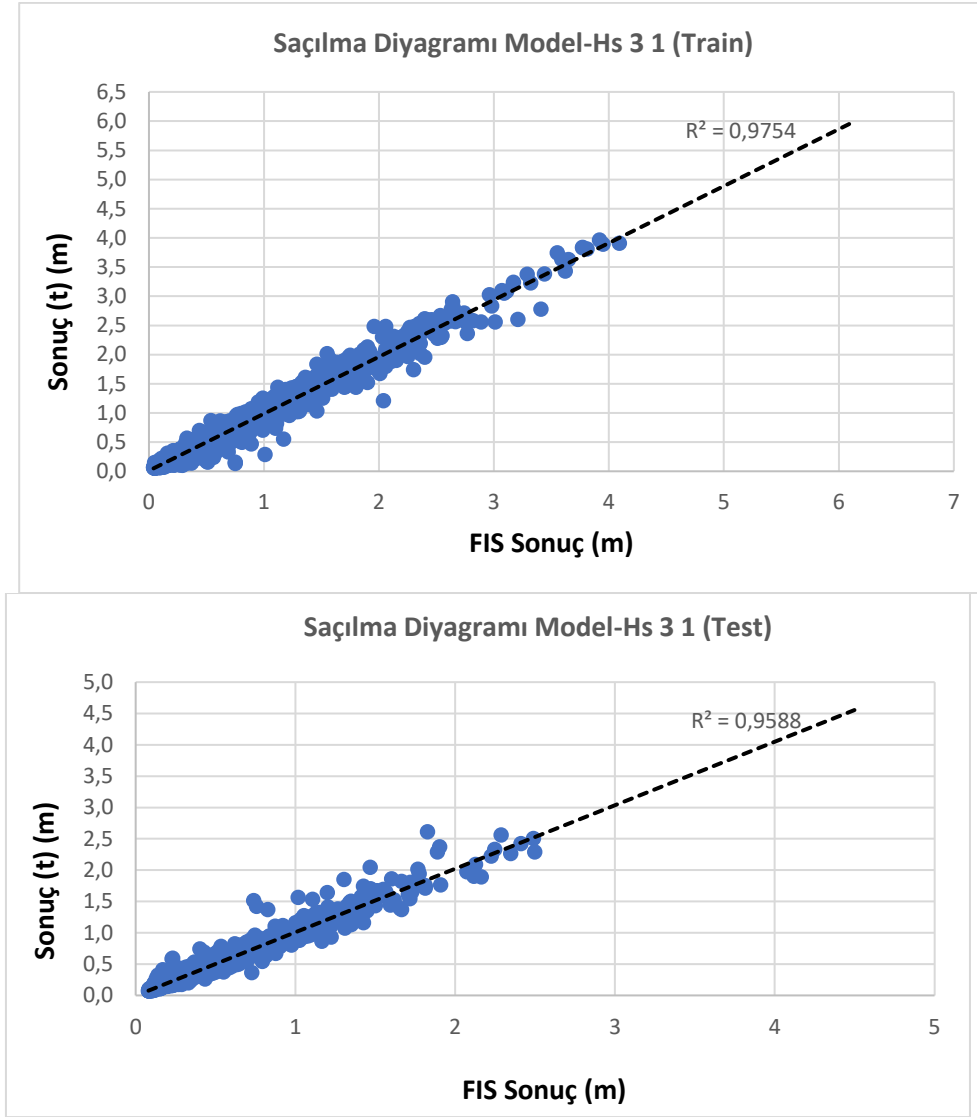
	1	2	3	4	5	6	7	8	!
2149	0.3674								
2150	0.6179								
2151	0.6179								
2152	0.6629								
2153	0.7986								
2154	0.8645								
2155	1.1321								
2156	1.1364								
2157	1.2611								
2158	1.2923								
2159	1.1487								
2160	0.8985								
2161	0.9494								
2162									
2163									

Command Window

Şekil 5.14. ANFIS tahmin sonuçları (eğitim ve test)

5.3. ANFIS Model Performans Sonuçları

Eğitim ve test veri setleri için t-5, t-4, t-3, t-2, t-1 zamanlı veri sütunlarından birleştirilerek oluşturulmuş ANFIS modellerine, t zamanı tahmin ettirilmiştir. Hem eğitim hem de test için ayrı ayrı tahmin sonuçları elde edilmiştir. Bu değerleri Excel formatında Matlab platformundan aldıktan sonra istatistiksel performans parametreleri aracılığı ile gerçek verilerle kıyaslama işlemleri yapılmıştır. Bu model işlemleri bir Excel dosyasında toplanmış ve burada saçılma diyagramları oluşturulmuştur.



Şekil 5.15. Excel model parametreleri ve saçılma diyagramları

Model kıyaslamaları yapılırken kullanılan istatistiksel perfomans parametreleri aşağıda açıklanmış ve bu parametrelere ait formüller gösterilmiştir.

RMSE: Her bir gözlem değeri ile model tahmin değeri arasında birbirine uymayan değerlerin ortalama oranıdır. Hataların karesinin ortalaması alındıktan sonra karekökü alınarak bulunur. Tahmin değerlerinin gerçek değerlerden ne kadar farklı olduğunu mutlak bir sayı ile verdiğinden model sonuçlarını birbiriyle karşılaştırmada ve en iyi modeli seçmede kullanılmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (5.1)$$

MAE: Hataları pozitif hale getirmek ve birbirini yok etmemeleri için hataların mutlak değerini alarak her bir hata değerini pozitif yapan yöntemdir. Bu yöntem mutlak değeri alınan hataların toplanması ve ardından bu toplamın ortalamasının alınmasıyla gerçekleştirilir. Bu sayede pozitif hale getirilen hataların birbirlerini yok etmesi engellenir. (Yöntem,2016).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |xi - yi| \quad (5.2)$$

R: Korelasyon, model tahmin sonuçları ile gözlemlenen veriler arasındaki doğrusal ilişkinin büyüklüğünü ve yönünü sayısallaştıran istatistiksel tekniktir.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x}) - (yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (yi - \bar{y})^2}} \quad (5.3)$$

R^2 : Regresyon veya belirtme katsayısı olarak ifade edilen bu değer 1'e yaklaştıkça modelin gerçek değerlere daha fazla uygunluk gösterdiği anlamını taşır. Gerçek verilerin, model tarafından ne kadarının açıklanabildiğini ifade eder. R korelasyon değerinin karesi alınarak hesaplanmaktadır.

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x}) - (yi - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (xi - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (yi - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (5.4)$$

Yukarıdaki formüllerde;

xi: gözlemlenen veri değeri,

yi: model tahmin değeri,

n: toplam veri sayısı,

$\bar{x}$: x değerlerinin ortalaması,

$\bar{y}$: y değerlerinin ortalaması olarak ifade edilmektedir.

Model tipleri ve performans değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. ANFIS model tipleri

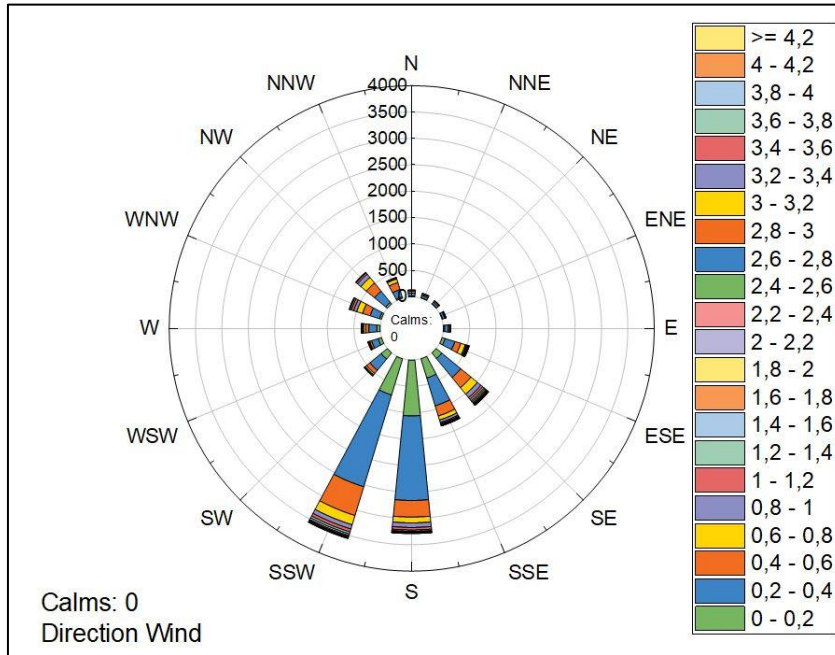
ANFIS Model Adı	Model Yapısı	İterasyon Sayısı	Optimizasyon Metodu	Üyelik Fonksiyonu	# of MF
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gaussmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	trapmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	trimmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	200	hybrid-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	200	hybrid-constant	gaussmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	300	hybrid-constant	trapmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	200	hybrid-constant	trimmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	200	hybrid-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gaussmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	300	hybrid-constant	trapmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	trimmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gmbellmf	2 2
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gaussmf	2 2
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	300	hybrid-constant	trapmf	2 2
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	100	hybrid-constant	trimmf	2 2
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	200	hybrid-constant	gauss2mf	2 2
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	600	backp.-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	500	backp.-constant	gaussmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	400	backp.-constant	trapmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	600	backp.-constant	trimmf	3 3
$H_5 5 3$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3)$	200	backp.-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-linear	gmbellmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-linear	gaussmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	250	backp.-linear	gmbellmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	250	backp.-linear	gaussmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	backp.-linear	gauss2mf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	250	backp.-linear	gmbellmf	3 3
$H_5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	250	backp.-linear	gaussmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	250	hybrid-linear	gmbellmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	150	hybrid-linear	gaussmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	150	hybrid-linear	trapmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	150	hybrid-linear	trimmf	3 3
$H_5 4 2$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_2)$	250	hybrid-linear	gauss2mf	3 3
$H_5 5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gaussmf	3 3
$H_5 5 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_5), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	120	hybrid-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 4 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	120	hybrid-constant	gmbellmf	3 3
$H_5 4 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gaussmf	3 3
$H_5 4 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	200	hybrid-constant	gauss2mf	3 3
$H_5 4 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	300	hybrid-constant	gmbellmf	4 4 4
$H_5 4 3 1$	$H_5 (x) = H_5 (x_4), H_5 (x_3), H_5 (x_1)$	300	hybrid-constant	gmbellmf	3 3 3

Çizelge 5.3. ANFIS model tiplerine ait istatistiksel performans sonuçları

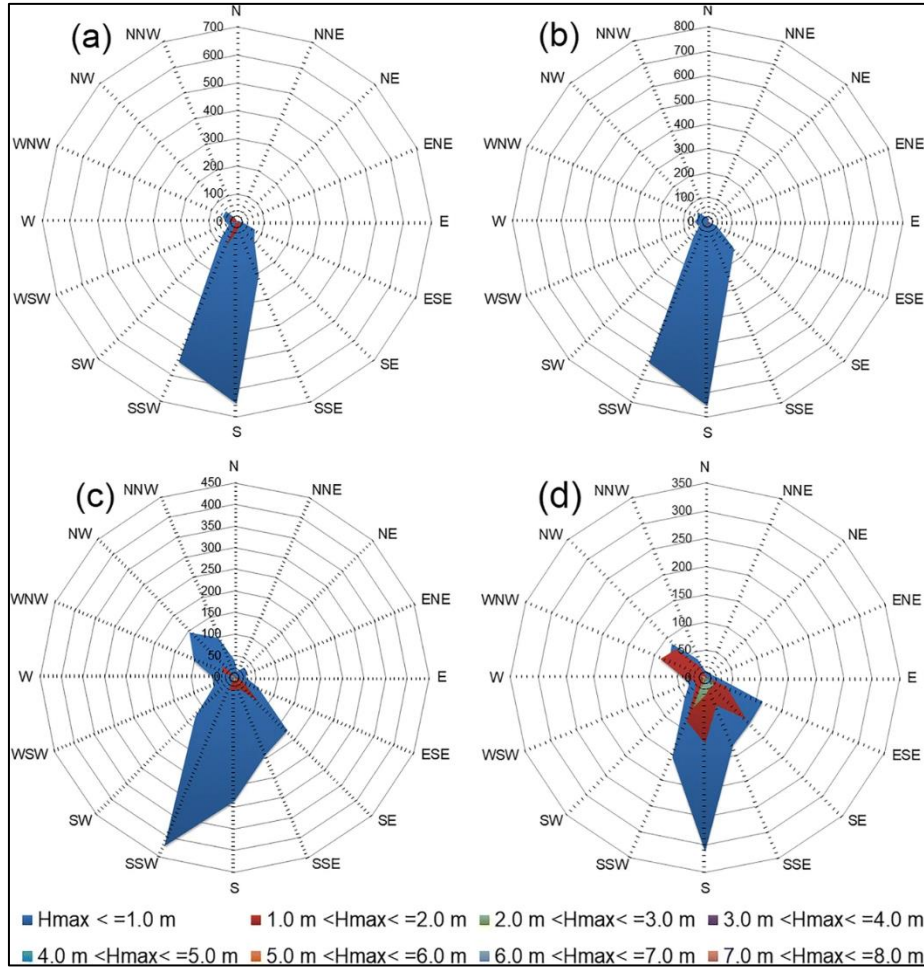
ANFIS Model Adı	RMSE	TRAIN			TEST			
		MAE	R	R2	RMSE	MAE	R	R2
H ₂ 4 2	0,1071	0,0646	0,9667	0,9346	0,1015	0,0622	0,9568	0,9154
H ₂ 4 2	0,1072	0,0647	0,9667	0,9346	0,1017	0,0624	0,9566	0,9150
H ₂ 4 2	0,1080	0,0654	0,9662	0,9336	0,1027	0,0636	0,9557	0,9133
H ₂ 4 2	0,1078	0,0646	0,9664	0,9339	0,1018	0,0623	0,9565	0,9149
H ₂ 4 2	0,1070	0,0646	0,9668	0,9347	0,1016	0,0623	0,9567	0,9152
H ₂ 5 3	0,1396	0,0836	0,9429	0,8890	0,1301	0,0830	0,9281	0,8613
H ₂ 5 3	0,1397	0,0839	0,9428	0,8888	0,1302	0,0832	0,9278	0,8609
H ₂ 5 3	0,1390	0,0835	0,9434	0,8900	0,1308	0,0833	0,9273	0,8599
H ₂ 5 3	0,1400	0,0837	0,9425	0,8884	0,1337	0,0840	0,9237	0,8532
H ₂ 5 3	0,1390	0,0835	0,9434	0,8900	0,1303	0,0832	0,9278	0,8609
H ₂ 3 1	0,0680	0,0405	0,9867	0,9736	0,0713	0,0403	0,9790	0,9584
H ₂ 3 1	0,0686	0,0406	0,9865	0,9732	0,0703	0,0401	0,9796	0,9596
H ₂ 3 1	0,0678	0,0404	0,9868	0,9738	0,0714	0,0404	0,9789	0,9583
H ₂ 3 1	0,0685	0,0405	0,9866	0,9733	0,0721	0,0404	0,9785	0,9575
H ₂ 3 1	0,0683	0,0406	0,9866	0,9734	0,0712	0,0403	0,9790	0,9585
H ₂ 4 2	0,1077	0,0648	0,9664	0,9339	0,1015	0,0623	0,9568	0,9154
H ₂ 4 2	0,1078	0,0647	0,9663	0,9338	0,1017	0,0623	0,9566	0,9150
H ₂ 4 2	0,1094	0,0661	0,9653	0,9318	0,1027	0,0641	0,9557	0,9134
H ₂ 4 2	0,1081	0,0646	0,9661	0,9334	0,1020	0,0624	0,9563	0,9146
H ₂ 4 2	0,1077	0,0649	0,9664	0,9340	0,1015	0,0624	0,9568	0,9154
H ₂ 5 3	0,1495	0,0917	0,9343	0,8730	0,1344	0,0881	0,9234	0,8526
H ₂ 5 3	0,1513	0,0934	0,9327	0,8700	0,1358	0,0895	0,9218	0,8497
H ₂ 5 3	0,1572	0,0886	0,9276	0,8605	0,1317	0,0834	0,9263	0,8581
H ₂ 5 3	0,0752	0,0438	0,9839	0,9681	0,0714	0,0422	0,9790	0,9584
H ₂ 5 3	0,1030	0,0487	0,9697	0,9404	0,0757	0,0449	0,9765	0,9535
H ₂ 3 1	0,0657	0,0399	0,9876	0,9754	0,0710	0,0403	0,9792	0,9588
H ₂ 3 1	0,0660	0,0400	0,9875	0,9752	0,0710	0,0404	0,9792	0,9588
H ₂ 3 1	0,0700	0,0429	0,9860	0,9722	0,0713	0,0422	0,9790	0,9585
H ₂ 3 1	0,0696	0,0426	0,9862	0,9725	0,0711	0,0421	0,9791	0,9587
H ₂ 3 1	0,0700	0,0429	0,9860	0,9722	0,0711	0,0421	0,9792	0,9588
H ₂ 3 1	0,0700	0,0429	0,9860	0,9722	0,0713	0,0422	0,9790	0,9585
H ₂ 3 1	0,0696	0,0426	0,9862	0,9725	0,0710	0,0421	0,9791	0,9587
H ₂ 4 2	0,1054	0,0638	0,9679	0,9368	0,1019	0,0624	0,9565	0,9148
H ₂ 4 2	0,1055	0,0638	0,9678	0,9366	0,1008	0,0622	0,9573	0,9165
H ₂ 4 2	0,1057	0,0639	0,9677	0,9364	0,1011	0,0624	0,9571	0,9161
H ₂ 4 2	0,1071	0,0645	0,9668	0,9347	0,1016	0,0623	0,9567	0,9152
H ₂ 4 2	0,1056	0,0638	0,9677	0,9365	0,1011	0,0624	0,9571	0,9161
H ₂ 5 3 1	0,0663	0,0402	0,9874	0,9750	0,0724	0,0403	0,9783	0,9571
H ₂ 5 3 1	0,0670	0,0402	0,9872	0,9745	0,0682	0,0399	0,9808	0,9619
H ₂ 5 3 1	0,0667	0,0405	0,9873	0,9747	0,0760	0,0406	0,9762	0,9529
H ₂ 4 3 1	0,0670	0,0404	0,9872	0,9745	0,0717	0,0403	0,9787	0,9579
H ₂ 4 3 1	0,0674	0,0402	0,9870	0,9741	0,0700	0,0400	0,9797	0,9599
H ₂ 4 3 1	0,0664	0,0401	0,9874	0,9749	0,0709	0,0401	0,9792	0,9589
H ₂ 4 3 1	0,0641	0,0393	0,9882	0,9766	0,0724	0,0407	0,9783	0,9571
H ₂ 4 3 1	0,0662	0,0401	0,9874	0,9750	0,0714	0,0403	0,9789	0,9582

5.4. Şamandıra Verileri ile HYDROTAM-3D Tahminlerinin Karşılaştırılması

Antalya deniz yöresinin ÇKKV Matrisi uygulama bölgelerinin önündeki dalga yüksekliğini belirleyebilmek için Prof. Dr. Lale Balas tarafından geliştirilen Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli (HYDROTAM-3D) kapsamında bulunan Dalga İklimi ve Dalga İlerlemesi Alt Modülleri kullanılmıştır (HYDROTAM-3D, 2021). ANFIS modellemesi için geliştirilen modellerin 6 saatlik tahminleri ile, şamandıra tarafından ölçülen geçmiş yıllara ait eksik veriler tamamlanmıştır. ANFIS modellerinde şamandıra verileri ile en uyumlu sonuçları veren üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Hibrid optimizasyon yöntemi kullanılan modellerin şamandıra verilerini daha doğru tahmin ettiği belirlenmiştir. Şamandıra ölçüm verileri ile yapılan ANFIS tahminlerinin geçerliliğini teyit etmek amaçlı çalışma bölgesi Antalya Körfezinde Hydrotam-3D, CBS tabanlı modelindeki Dalga İklimi alt modeli kullanılarak, şamandıra verileri ile karşılaştırmak için derin deniz dalga gülleri elde edilmiştir. Şamandıra ölçüm verilerinin dalga gülü, Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan elde edilen dalga gülü, ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) operasyonel arşivinden 36,80°N-30,70°E elde edilen dalga gülü karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki şekillerde çizdirilen dalga gülleri verilmiştir.



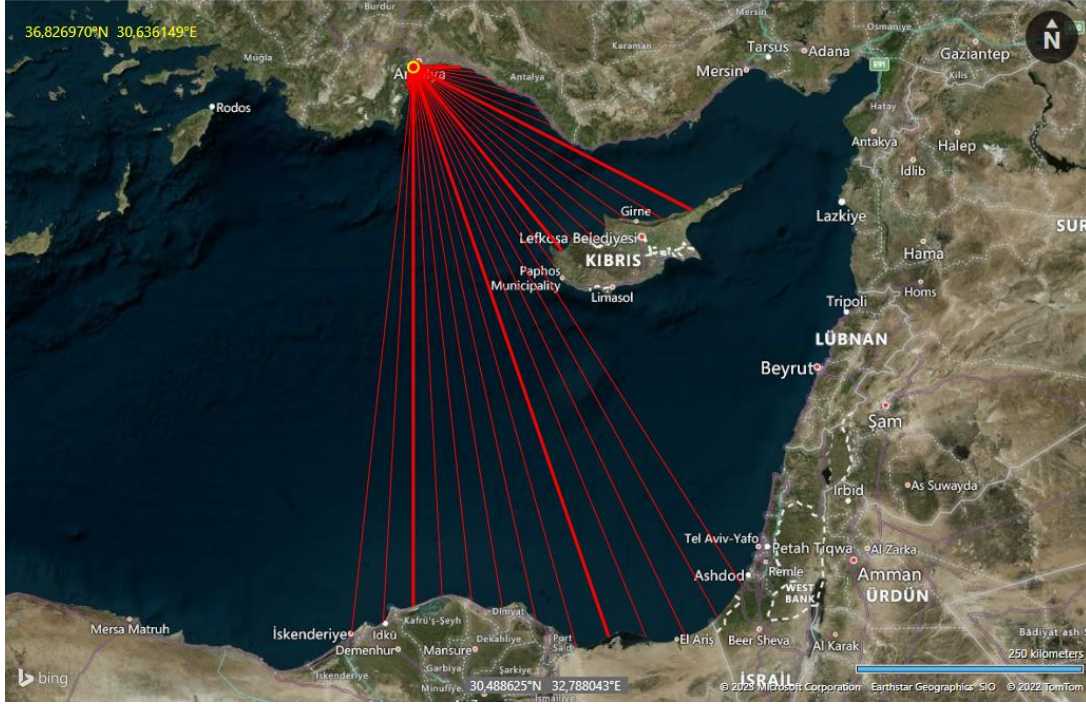
Şekil 5.16. Şamandıra verilerinin dalga gülü



Şekil 5.17. Şamandıra verilerinin üçer aylık dalga gülleri (a) Nisan, Mayıs, Haziran (b) Temmuz, Ağustos, Eylül (c) Ekim, Kasım, Aralık (d) Ocak, Şubat, Mart (Tür, 2020)

5.4.1. Hydrotam-3D modelinin uygulanması

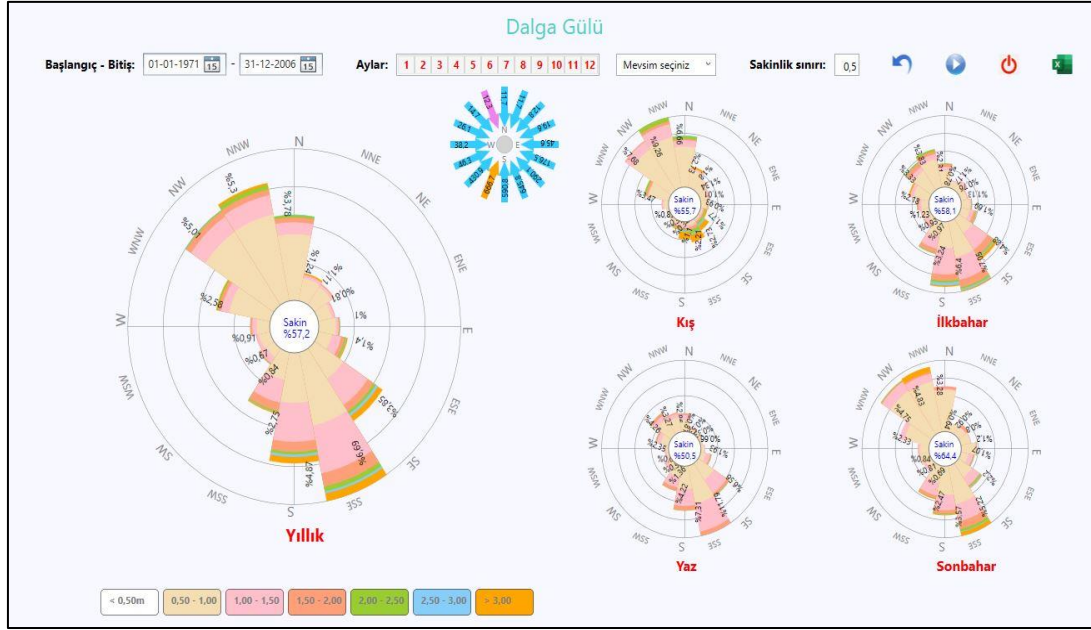
30 yıl boyunca $36,8^{\circ}\text{N}$ - $30,7^{\circ}\text{E}$ koordinatındaki her $0,1$ derecelik yatay ızgara aralığında ECMWF'nin (Avrupa Orta Menzilli Hava Tahmini Merkezi) saatlik rüzgar verileri ve feç uzunlukları dalga yüksekliklerini, dalga sürelerini ve dalga yönlerini modellemek için kullanılmıştır. Çalışma sahasındaki etkili feç mesafeleri (rüzgarın tek bir yönde üstünde su üstünde estiği mesafe) Şekil 5.18'de gösterilmekte ve Çizelge 5.4'te sunulmaktadır. Konyaaltı plajındaki etkili feç mesafeleri yönelim ve uzunluğa göre farklılık göstermektedir.



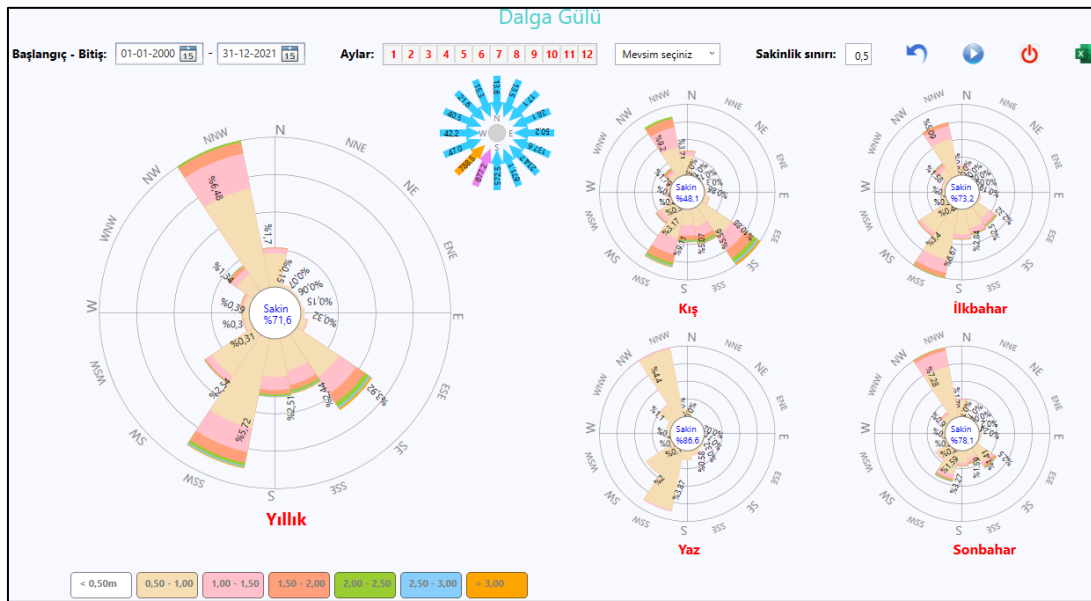
Şekil 5.18. Konyaaltı Sahili'nin Etkili Feç Mesafeleri

Çizelge 5.4. Etkili Feç Mesafeleri(m)

Yön	Açı (°)	Feç(m)
Doğu (E)	90	53532,61
DoğuGüneyDoğu (ESE)	112,5	229819,9
GüneyDoğu (SE)	135	377951,3
GüneyGüneyDoğu (SSE)	157,5	655797,6
Güney (S)	180	517741,1
(GüneyGüneyBatı)SSW	202,5	19921,74
GüneyBatı(SW)	225	9664,65
BatıGüneyBatı (WSW)	247,5	5532,68
Batı (W)	270	2927,67



Şekil 5.19. Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonundan elde edilen dalga gülü



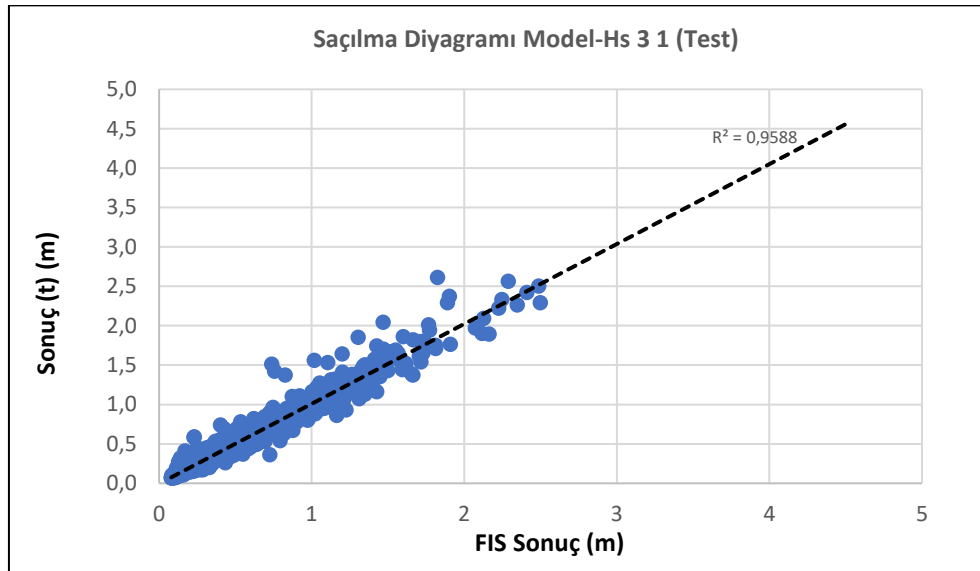
Şekil 5.20. ECMWF operasyonel arşivden 36,8°N-30,7°E koordinatı için elde edilen dalga gülü

Şamandıra verilerinin dalga gülünde dominant yönlerin Güney-Güneybatı (SSW) ve Güney (S) olduğu, Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonu dalga gülüne göre dominant yönlerin Güney-Güneydoğu (SSE) ve Kuzey-Kuzeybatı (NNW) olduğu, ECMWF operasyonel arşivden 36.8°N-30.7°E koordinatı için elde edilen dalga gülüne göre ise dominant yönlerin Güney-Güneybatı (SSW) ve Kuzey-Kuzeybatı (NNW) olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç

olarak çizdirilen dalga gülleri yön dağılımları karşılaştırıldığında birbirleriyle uyumlu oldukları gözlemlenmiştir.

5.4.2. ANFIS tahmin sonuçlarının değerlendirilmesi

ANFIS tahmin sonuçlarının saçılma diyagramları incelendiğinde şamandıra ölçüm verileriyle uyum sağladığı sonucuna varılmıştır. ANFIS kullanılarak elde edilen dalga yüksekliği tahminleri ile gerçek veriler arasındaki istatistiksel karşılaştırma sonuçları, genel olarak model sonuçlarının belirleme katsayılarının(R^2) %85'i aştığını ortaya koymuştur. Şekil 5.7'de en iyi sonuçlardan birini veren Model-Hs 3-1'e ait saçılma diyagramı verilmiştir.



Şekil 5.21. Modellere ait saçılma diyagramı örneği

Verilere ait çalışmalar sonucunda şamandıra ölçüm verilerinin dalga gülü ile meteoroloji istasyonundan ve ECMWF'den elde edilen dalga güllerinin birbirleriyle benzerlik gösterdiği gözlemlenmişti, Antalya Şamandıra verileri kullanılarak yapılan ANFIS tahmin sonuçlarının da şamandıra verileriyle aynı yönlü dalgalar olması sebebiyle, tahmin sonuçlarının dalga gülü şamandıra verisinden elde ettiğimiz dalga gülüyle benzerlik gösterecektir, buradan sonuçla tahmin değerlerine ait saçılım diyagramı uyumluluğu ve dalga gülleri benzerlikleri değerlendirildiğinde ANFIS tahminlerinin model sonuçları ile de tutarlı sonuç verdiği görülmüştür.

5.5. ÇKKV Yöntemi ile Antalya Örneği

Bütünleşik kıyı alanı planlaması için geliştirilen ÇKKV matrisi, tezin ikinci bölümünde çalışma alanı olan Antalya Körfezi'nde küçük ölçekli bir şekilde uygulanarak ÇKKV matrisi 'Denizel Etkileşim Alanı' ana kriteri için değerlendirmede bulunulmuştur. Aşağıdaki Çizelge 5.5 'te değerlendirilecek kritere ait alt kriter ve puanlama detayı gösterilmektedir.

Günümüzde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı isteği üzerine ÇKKV matrisi güncellenmiş tüm Türkiye kıyılarında uygulanabilen tek bir matris ve puanlama sistemi geliştirilmiştir. Fakat henüz resmi olarak onaylanmamasından dolayı Antalya Körfezi örneğinde puanlama sistemi olarak T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından onaylanmış Edirne-Tekirdağ-Kırklareli projesinde yer alan ÇKKV matrisinden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.5. Önerilen ÇKKV denizel etkileşim alanı kriterleri

ANA KRİTER	ALT KRİTERLER	AĞIRLIK PUANI	PARAMETRELER	UYGUNLUK PUANI
MEKÂNSAL KULLANIM (DENİZEL ETKİLEŞİM ALANI) (100 PUAN)	MEVCUT DURUM VE POTANSİYEL İHTİYACIN BELİRLENMESİ	25	İHTİYAÇ VARSA	25
			İHTİYAÇ YOKSA	1
	DALGA VE İKLİMSEL ÖZELLİKLER	15	OLUMLU	15
			OLUMSUZ	1
	AKINTI İKLİMİ VE ÇEVİRİTİ	10	OLUMLU	10
			OLUMSUZ	1
	KIYI JEOMORFOLOJİSİ VE TAŞINIM	10	UYGUN	10
			UYGUN DEĞİL	1
	DENİZ TOPOGRAFYASI VE OŞİNOGRAFI	15	UYGUN	15
			UYGUN DEĞİL	1
	ZEMİN KOŞULLARI VE YAPISAL TASARIM + DEPREMSELLİK	15	UYGUN	15
			UYGUN DEĞİL	1
	SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANI (DALYAN, AĞ KAFES, MİDYE VB..)	10	YOK	10
			VAR	1

Çalışma Antalya Körfezi'nde iki noktada gerçekleştirilmiştir. Birinci incelenen alan Konyaaltı sahili, ikinci incelenen alan ise Antalya falezleridir. Her iki çalışma alanı da kendi içerisinde kıyı boyunca 5 parçaya ayrılarak değerlendirilmiştir. Her bir parça puanlandırılmış ve kıyı alanı uygunluklarına bakılmıştır. Önerilen matris değerlendirme çizelgesinde (Çizelge 5.6) kıyı yapısı için uygun olandan olmayana bölge özellikleri kademeli bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Konyaaltı sahili ve Antalya falezleri çalışma bölgeleri

Çizelge 5.6. Önerilen Matris Değerlendirme Tablosu

Dalga yüksekliği (Uzun dönem 10 saat/yıl)	Deniz topoğrafyası (Eğim)	Akıntı (knot)	Sediman taşınımı (m ³ /yıl)	Kıyı yapısı yoğunluğu ve liman kapasitesi
Düşük < 2 m	Yumuşak eğim: Uygun deniz tabanı eğimi < 1:5	Düşük < 0,5	Düşük: Net taşınım < 10 000	Düşük < 3 münferit kıyı yapısı
Orta Düşük 2-3 m	Orta düşük 1:5 ile 1:3 arasında	Orta Düşük 0,5 - 1	Orta Düşük Net taşınım < 50 000	Orta düşük = 1 Liman Kapasite < 500 000 ton/yıl
Orta yüksek: 3-4 m	Orta Yüksek 1:3 ile 1:2 arasında	Orta yüksek: 1-1,5	Orta Yüksek Net taşınım < 100 000	Orta yüksek = 1 Liman Kapasite < 1 000 000 ton/yıl
Yüksek > 4 m	Uygun değil Eğim > 1:2	Yüksek > 1,5	Yüksek Net taşınım > 10 000	Yüksek > 1 Liman > 1 000 000 ton/yıl Olumsuz

Çizelge 5.6’da alt kriterlerde kıyı planlamaları için olumlu durumlara yüksek, olumsuz durumlara düşük puan verilmiştir. Alt kriter puanları toplanarak alanlar için ana kriter puanı elde edilmiştir. Kriter puanı en yüksek olan alanların bu kriter bazında kıyı yapısı için öncelikli ve uygun olduğu, en düşük puanı alanın ise olumsuz durum belirttiği ve kıyı yapısı için uygun olmadığı ifade edilmektedir.

I. Dalga ve iklimsel özellikler

HYDROTAM-3D (Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım Modeli) kullanılarak Konyaaltı bölgesinde, Antalya Havalimanı Meteoroloji İstasyonu saatlik verilere dayanılarak, Rüzgar ve Dalga iklimi elde edilmiştir. Konyaaltı sahili log-normal uzun dönem dalga istatistiği elde edilmiştir. Çalışma sahası deniz ortamında, lokasyon olarak en fazla, saat yönünde, Güney Güneydoğu (SSE)- Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönleri aralığından gelecek dalgalar etkin dalgalardır. Belirgin dalga yükseklikleri aşılma süreleri ve olasılık dağılımları Çizelge 5.7’de verilmektedir.

Çizelge 5.7. Konyaaltı Denizel Alanı Belirgin Dalga Yükseklikleri Aşılma Süreleri ve Olasılık Dağılımları

Yön	Dağılım Denklemi	1 saat/yıl	5 saat/yıl	10 saat/yıl
		H _s (m)	H _s (m)	H _s (m)
NE	H _s = -0,160*ln(p(H))-0,378	1,08	0,82	0,71
ENE	H _s = -0,183*ln(p(H))-0,422	1,24	0,94	0,82
E	H _s = -0,170*ln(p(H))-0,419	1,12	0,85	0,73
ESE	H _s = -0,570*ln(p(H))-1,920	3,25	2,33	1,94
SE	H _s = -0,699*ln(p(H))-1,951	4,40	3,27	2,79
SSE	H _s = -0,766*ln(p(H))-2,204	4,70	3,51	3,00
S	H _s = -0,744*ln(p(H))-2,140	4,61	3,42	2,90
SSW	H _s = -0,307*ln(p(H))-0,644	2,14	1,65	1,44
S	H _s = -0,144*ln(p(H))-0,184	1,13	0,89	0,79

Çizelge 5.7’de verilen Belirgin Dalga Yükseklikleri aşılma süreleri ve olasılık dağılımları incelendiğinde, 10 saat/yıl aşılma olasılığına sahip dalga yüksekliklerinin Konyaaltı denizel alanı etkin yönleri için 3,0 m (SSE yönü) ve daha düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle dalga iklimi Konyaaltı sahili için olumlu değerlendirilmiştir.

Antalya falezleri BKAP modelinin farklı kıyı bölgeleri için çalışabildiğini göstermek için seçilmiştir. Bu nedenle kumsal yapısının tersine, falez bölgesinde yansıyan dalga koşulları nedeni ile dalga ikliminin ve akıntının olumsuz koşullar yaratacağı varsayılmıştır. BKAP modelinin bu farklı koşulları yansıtabildiğini göstermek için falez koşulları olumsuz değerlendirilmiş ve kıyı projeleri yatırımına uygun olmayacağı öngörülmüştür (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8. Dalga ve iklimsel özellikler özellikleri

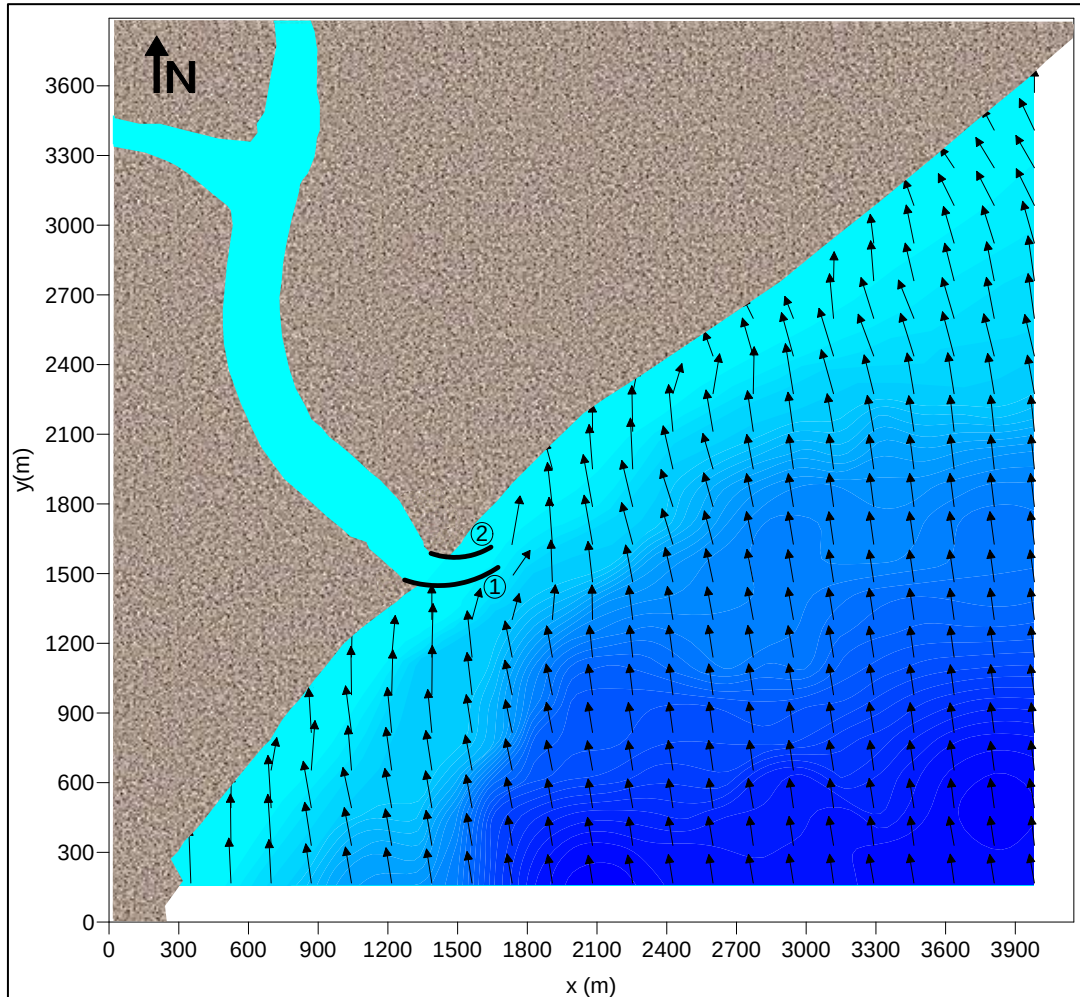
BÖLGE	MEVKİ	DALGA VE İKLİMSEL ÖZELLİKLER	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Orta Düşük 2-3 m Olumlu	15
2. Bölge	Antalya Falezleri	Olumsuz	1

II. Akıntı iklimi ve çevrinti

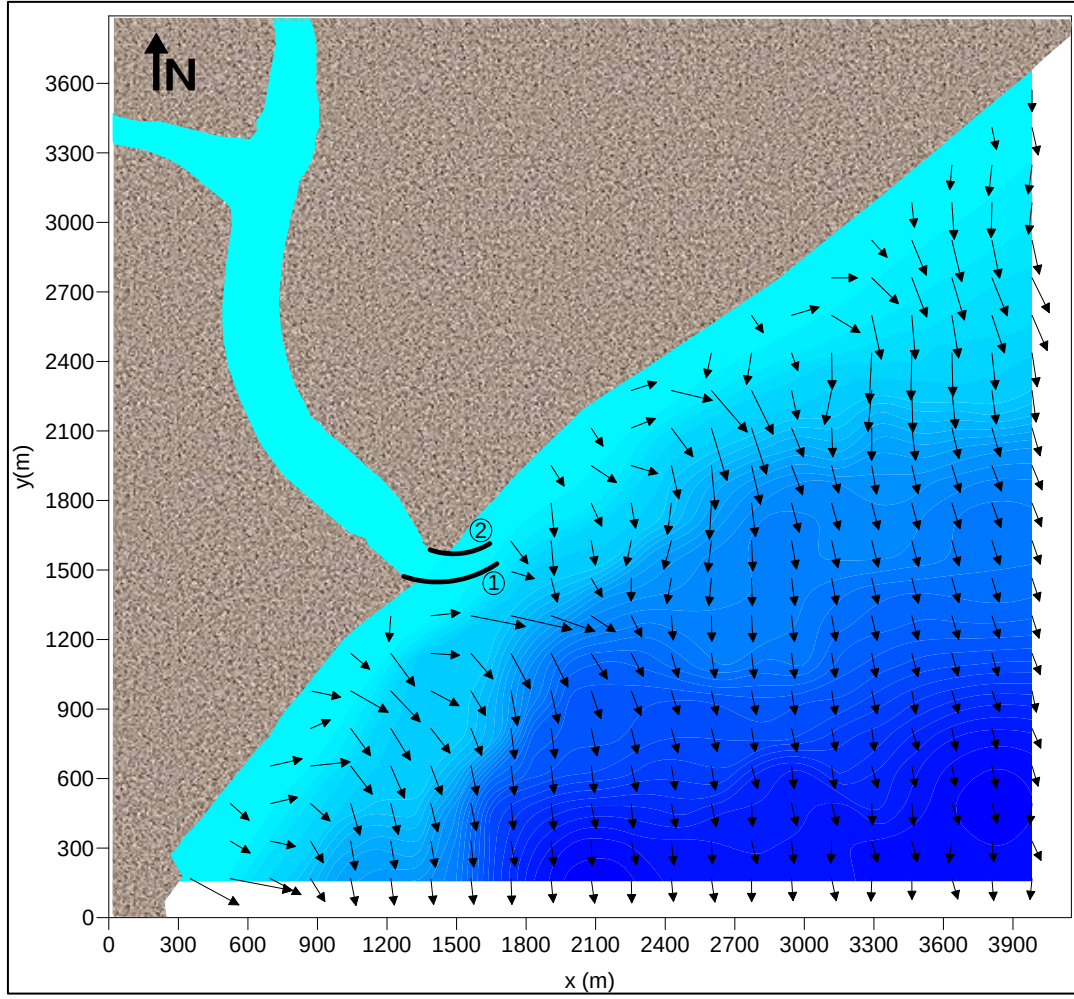
Bu çalışmada; rüzgar, gelgit değişimi ve dalga kırılması nedeniyle meydana gelen zamana bağlı kıyısal akıntıların yersel dağılımları ve su seviyesi değişimleri, HYDROTAM-3D kullanılarak modellenmiştir. Kıyısal su alanında çoğunlukla düzensiz ve türbülanslı çevrıntiler meydana gelmektedir. Konyaaltı gibi su derinliğine oranla geniş bir yüzey su alanına sahip olan kıyı sularında, hareketin yatay ve düşey yöndeki türbülans yoğunluğu büyük ölçüde değişkenlik gösterir. Düşey ve yatay mesafelerdeki bu değişiklikler izotropik olmayan bir durum oluşturmaktadır. Bu nedenle, modelde tercih edilen yatay ve düşey eddy viskoziteleri değerleri, benzeştirmelerde büyük öneme sahiptir. Bu değerler, yatay ve düşey türbülansın etkilerini doğru bir şekilde yakalamak için farklıdır. Düşeyde isotropik k-ε modeli kullanılarak hesaplanan eddy viskozite değerleri, yatayda çözüm ağı uzunluğu altında bir türbülans modeli ile birlikte kullanılarak yatay eddy viskozite değerleri hesaplanmıştır. Bu yaklaşım, deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun alan ve derinlik boyunca sabit olduğu varsayımını içermektedir.

Konyaaltı denizel ortamında, açık denizle en kuvvetli su alışverişini sağlayan yön aralığı saat yönünde Güney Güneydoğu (SSE)- Kuzey Kuzeybatı (NNW) aralığıdır. Bu yön aralığından esen rüzgarlar en kuvvetli kıyısal çevrinti düzenini meydana getirirler.

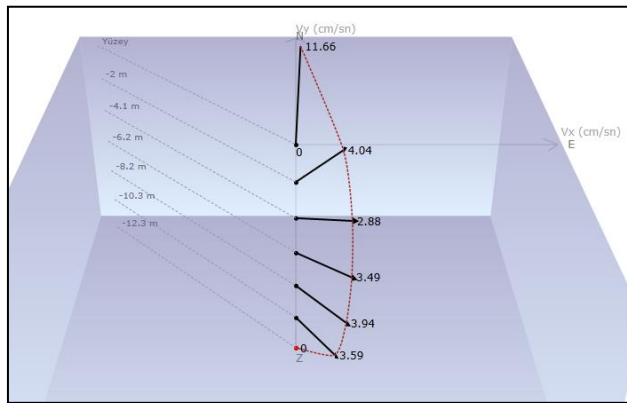
Sayısal çalışmalarda, Konyaaltı denizel alanı yüzey suları, muhtemel en yüksek akıntı hızlarını ve çevrinti düzenlerini anlama hedefiyle, rüzgar güllerinden alınan, esme sıklığı en fazla olan yönler için, yüksek rüzgar hızının sabit kesme kuvveti etkisi ile hareketlendirilmiştir. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s, ve Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s hızla esen rüzgarlar tesirinde zaman içinde akıntı düzeninin değişmediği yatışkın durumda su yüzeyi ve su tabanında elde edilen akıntı düzenleri ve Boğaçay Nehir ağzında su derinliğinin yaklaşık $d=12\text{m}$ olduğu noktada derinlik boyunca akıntılar Şekil 5.23-28’de sunulmuştur. Konyaaltı sahili akıntı ve sediman modellemeleri “Antalya- Boğaçay Denizel Alanı Dalga İklimi ve Sediman Taşınımı Modellemesi” (Balas ve N. Genç, 2013) raporundan alınmıştır.



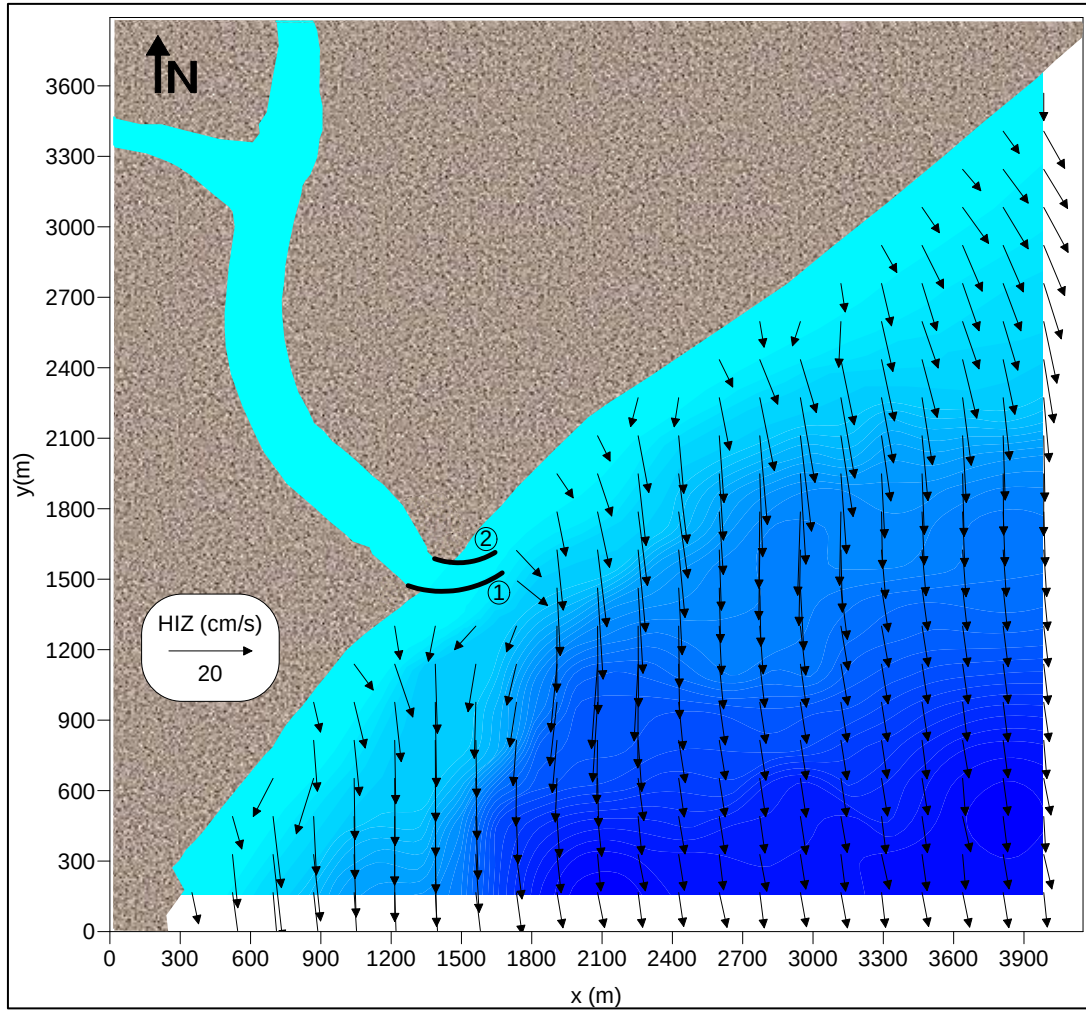
Şekil 5.23. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde akıntı düzeni (Balas ve N.Genç, 2013)



Şekil 5.24. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda taban tabakasında akıntı düzeni (Balas ve N.Genç, 2013)

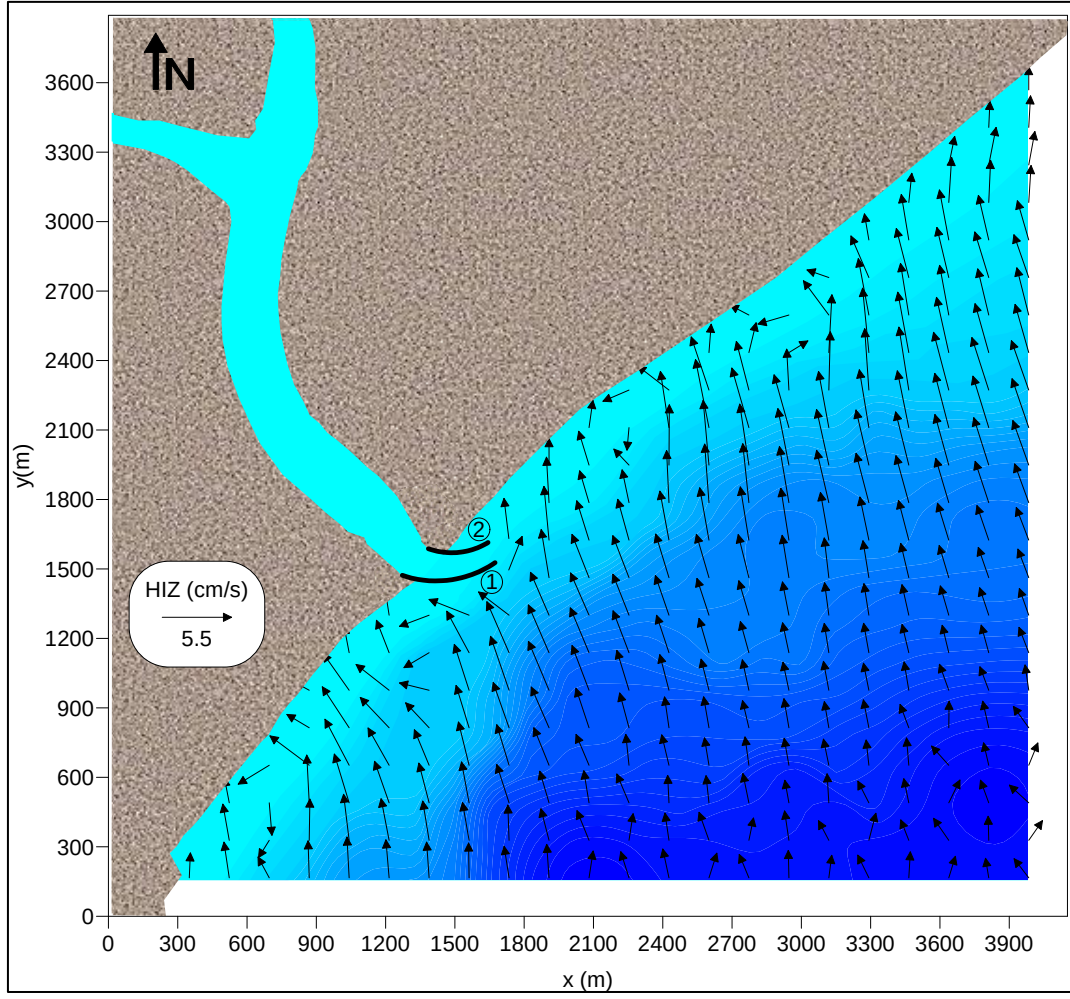


Şekil 5.25. Güney Güneydoğu (SSE) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda su derinliğinin $d=-12$ m olduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili (giriş noktası) (Balas ve N.Genç, 2013)

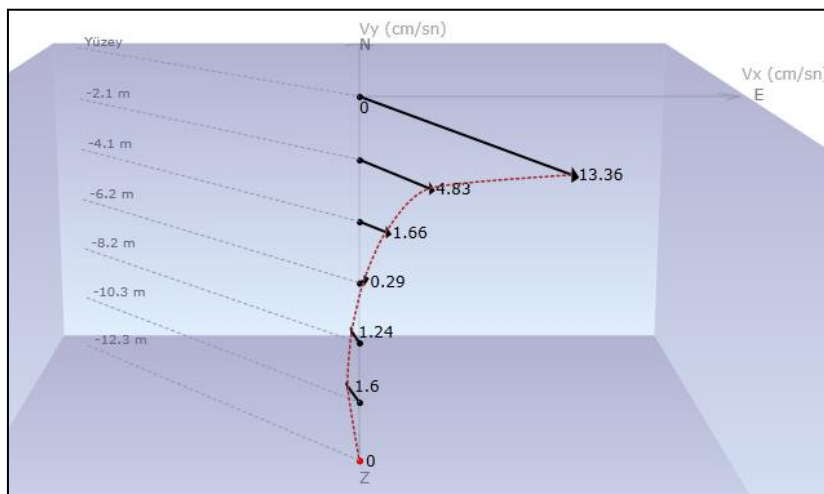


Şekil 5.26. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde akıntı düzeni (Balas ve N.Genç, 2013)

Şekil 5.28'e göre Konyaaltı sahil bölgesinde akıntı hızı en yüksek 13,4 cm/s'dir. Bu durumda akıntı 0,5 kottan düşük olduğu için akıntı düşük ve kıyı yapısına uygundur. Antalya falezleri BKAP modelinin farklı kıyı bölgeleri için çalışabildiğini göstermek için seçilmiştir. Bu nedenle kumsal yapısının yumuşak eğimli özelliğinin tersine, falez bölgesinde yansıyan dalga koşulları nedeni ile türbülanslı ikincil çevrintilerin oluşacağı ve olumsuz koşullar yaratacağı varsayılmıştır. BKAP modelinin bu farklı koşulları yansıtabildiğini göstermek için falez koşulları akıntı iklimi açısından olumsuz değerlendirilmiş ve kıyı projeleri yatırımına uygun olmayacağı öngörülmüştür (Çizelge 5.9).



Şekil 5.27. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda taban tabakasında akıntı düzeni (Balas ve Genç, 2013)



Şekil 5.28. Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönünden 10 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda su derinliğinin $d=-12$ m olduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili (giriş noktası) (Balas ve Genç, 2013)

Konyaaltı falez bölgesi için de model çalışması sonucunda Çizelge 5.6'ya göre değerlendirme yapılması gereklidir. Ancak falez bölgesinin jeomorfolojik özellikleri elde edilerek bu bölge için gereken modelleme çalışması tez kapsamında gerçekleştirilmemiş, kıyı mühendisliği literatürüne uygun olarak dalga, akıntı ve sediman özellikleri kıyı bölgesinin farklılıklarını ortaya koymak amacıyla öngörülmüştür (Çizelge 5.9). Çizelge 5.6'da akıntının knot birimi ile tanımlanması oşinografi veri mevcudiyetinde kolaylık sağlaması amaçlıdır.

Çizelge 5.9. Akıntı ve çevrinti özelliklerine göre matris puanlaması

BÖLGE	MEVKİ	AKINTI İKLİMİ VE ÇEVİRİTİ	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Düşük <0,5 knot Olumlu	10
2. Bölge	Antalya Falezleri	Olumsuz	1

III. Kıyı jeomorfolojisi ve taşınım

Çalışma denizel alanı konum olarak en çok Güney Güneydoğu (SSE)- Kuzey Kuzeybatı (NNW) yönleri aralığına açıktır. Konyaaltı denizel alanının kıyı doğrultusu ise yaklaşık olarak NE-SW yönündedir (Şekil 5.29). Kıyı çizgisi doğrultusu normalinin doğusunda kalan yönler (SE, ESE, E, ENE) kuzeydoğudan güneybatıya sediman taşınımına, kıyı çizgisi doğrultusu normalinin batısında kalan yönler (SSE, S, SSW, SW) ise güneybatıdan kuzeydoğuya sediman taşınımına sebebiyet vermektedir.

HYDROTAM-3D modeli kullanılarak, uzun dönem yönsel aşılma olasılıklarına bağlı olarak yönsel rüzgar dalgalarının etkisiyle kıyı boyunda sediman taşınım miktarları hesaplanmıştır. Yıllık net kıyı boyu sediman taşınım miktarı (Q_{net}), kıyıda hangi yönde ve ne miktarda madde birikimi veya erozyonun gerçekleştiği hakkında bilgi sağlar. Bir yılda taşınan toplam sediman miktarı, Q_{gross} , ise navigasyon kanallarının sığlaşma etkilerinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılır. Net sediman taşınım miktarı iki taşınım arasındaki fark, toplam (gross) sediman taşınım miktarı ise iki taşınımın toplamıdır. Hesaplanan net ve toplam sediman miktarı, Çizelge 5.10'da verilmektedir.

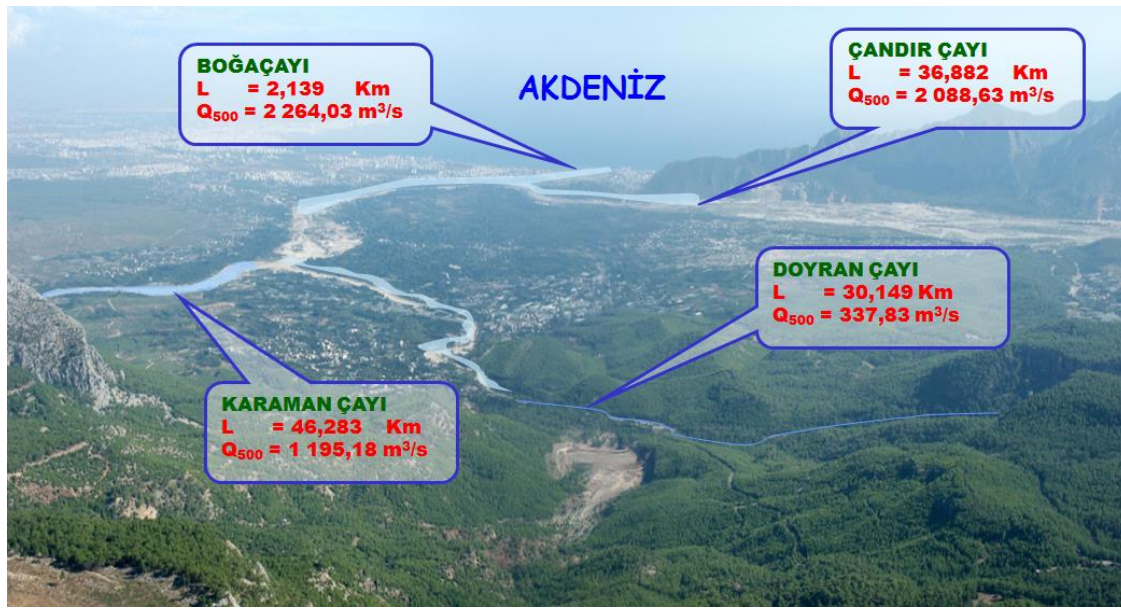


Şekil 5.29. Konyaaltı sahili kıyı doğrultusu ve sediman taşınım yönleri (Balas ve Genç, 2013)

Çizelge 5.10. Konyaaltı sahilinin yıllık kıyı boyu net sediman taşınım miktarı Q ($m^3/yıl$)

YÖN	Güneybatıdan Kuzeydoğuya	Kuzeydoğudan Güneybatıya
N	0	0
NNE	0	0
NE	0	0
ENE	0	7913,59
E	0	8935,27
ESE	0	68142,94
SE	0	7564,62
SSE	220956,02	0
S	281753,16	0
SSW	40098,45	0
SW	193,67	0
WSW	0	0
W	0	0
WNW	0	0
NW	0	0
NNW	0	0
---Toplam---	543001,3	92556,43
---Net---	450444,88	
---Gross---	635557,73	

İncelenen Konyaaltı Sahil bölgesinin soldan 2.parçasında sediman taşınmasını etkileyen 200 metre genişliğe ve 750 metre uzunluğa sahip Boğaçay Nehri bulunmaktadır. Boğaçay Akdeniz Bölgesinde yer almakta ve dört ana koldan oluşmaktadır. Kuzey havzayı Karaman Çayı, Güney havzayı Çandır Çayı ve yan kolu Çay Deresi, iki havza arasında kalan kısmı da Doyran Deresi oluşturmaktadır (Resim 5.1.). Kuzey yönünde Kırkgözler kaynağından dikine gelen İbiş Dere havzası küçük havzadır. Havza Antalya 1/25 000 ölçekli N24-c3, c4; N25-d4; O24-b1, b2, b3, c1, c2; O25-a1, a2, a4 paftaları içinde yer almakta olup toplam havza alanı 927,30 km²'dir.



Resim 5.1. Boğaçayı ve bağlanan yan kollar

Geçmiş yıllarda yaşanan birçok taşkın bu derelerin çevresindeki yerleşimlere büyük zararlar vermiştir. D.S.İ. 13. Bölge Müdürlüğüne bu bölgede 1989 yılında Çandır Çayı Yemişlipınar AGİ (AGİ-Akım Gözlem İstasyonu), 1993 yılında Doyran AGİ ve 2002 yılında Karaman Çayı Kapız AGİ kurulmuştur. Boğaçay Deresinde gözlenen en büyük taşkın debisi 25 Aralık 2003 tarihinde $Q=1900 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür (Fotoğraf 5.2).



Resim 5.2. 25 Aralık 2003 tarihli ve $Q=1900 \text{ m}^3/\text{s}$ debili Boğaçay taşkını

Boğaçay havzası, sahil bölümünü etkileyen miktarda sediman biriktirmektedir. Devlet Su Genel Müdürlüğü'ne göre 2009-2016 yılları arasında 6 yılda biriken sediman miktarı 450 000 m^3 'tür. Bu verilere göre Boğaçay ana kolunda her yıl ortalama 64 280 m^3 sediman yükü taşınmaktadır. Model çalışmasından (Çizelge 5.10) net taşınım yönünün Güneybatıdan Kuzeydoğuya $Q_{\text{net}}=450\,445 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu görülmektedir. Bu sediman yükünün falez bölgesi dahil tüm körfez kıyılarını etkilediği öngörülmektedir. Antalya falezleri dik yamaçlı kayalık alanlar olduğundan kumsal alan barındırmamaktadır, bu nedenle kıyı jeomorfolojisi ve taşınımın falez bölgesi için olumsuz koşullar yaratmayacağı varsayılmıştır.

Çizelge 5.11. Kıyı jeomorfolojisi ve taşınım özellikleri matris değerlendirmesi

BÖLGE	MEVKİ	KIYI JEOMORFOLOJİSİ VE TAŞINIM	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	$450\,445 \text{ m}^3/\text{yıl}$ Yüksek Net taşınım $> 10\,000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ Olumsuz	1
2. Bölge	Antalya Falezleri	Olumlu	10

IV. Deniz topografyası ve oşinografi

Konyaaltı sahili bölgesi kumsal alan olduğundan zemin özelliği kum, çakıl ve kilden meydana gelmektedir, deniz topografyası kademeli şekilde eğimlenerek gider, HYDROTAM 3D Modelinde bulunan Antalya Körfezi batimetri haritasında kumsal önü deniz topoğrafyasının 1:5 ile 1:3 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Antalya falezleri ise kayalık dik yamaçlardır ve HYDROTAM 3D Modelinde bulunan Antalya Körfezi batimetri haritasında falez önü deniz topoğrafyasının 1:3 ile 1:2 aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. Deniz topografyası ve oşinografi özellikleri

BÖLGE	MEVKİ	DENİZ TOPOGRAFYASI VE OŞİNOGRAFI	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Orta düşük 1:5 ile 1:3 arasında Olumlu	15
2. Bölge	Antalya Falezleri	Orta Yüksek 1:3 ile 1:2 arasında Olumsuz	1

Falez bölgesinde zemin kayalık ve sert, zemin topografyası dikleşen yapıdadır. Antalya falezleri dik yamaçlı olduğundan falezlere çarpan dalgalar yansıma yapar ve büyür bu nedenle akıntı ve taşınım artar. Dik yamaçlara sahip, dalganın çok olduğu, akıntı ve taşınımın fazla olduğu bu bölge kıyı yapıları için olumsuz bir bölge profili çizmektedir.

V. Mevcut durum ve potansiyel ihtiyacın belirlenmesi

Bölgedeki Ortadoğu Antalya Limanı, Kruvaziyer, konteyner, dökme yük ve marina hizmetleri olan çok fonksiyonlu bir limandır (Çizelge 5.13). 166.800 m²'lik bir alana inşa edilen liman, İzmir-Mersin arasındaki 624 deniz mili uzunluğundaki kıyı şeridi boyunca en büyük organize ve mendireklerle korunan bir liman olma özelliğine sahiptir.

Çizelge 5.13. Ortadoğu Antalya Limanı Kapasite Özellikleri

Koordinatlar:	36°50'N- 30°36' 5"E
Elleçlenen Yük:	Konteyner, Kuru-Sıvı-Genel Yük, Proje Kargo, Kruvaziyer
Elleçleme Kapasitesi:	Konteyner (TEU/Yıl) 350 000 Kuru Yük (Ton/Yıl) 4 000 000 Yolcu 600 000
Toplam Liman Sahası:	201 125 m ²
Depolama Sahası:	80 000 m ²
Geçici Gümrüklü Kapalı Depo:	1 260 m ²
Otomobil-Kamyon Park Alanı:	5 000 m ²
CFS Sahası:	50 000 m ²
Gümrüksüz Kapalı Depo:	6 729 m ²
Liman Dışı Terminal:	95 152 m ²
Rıhtım İskele Özellikleri:	Uzunluk 1.117 m; Derinlik -10 m



Resim 5.3. Ortadoğu Antalya Limanı

Konyaaltı sahiline iki kilometre uzaklıkta, bölgenin en büyük limanı olan Ortadoğu Antalya Limanı bulunmaktadır. Limanın falez bölgesine uzaklığı 12 kilometredir. Limanın Kuru Yük elleçleme kapasitesi 4.000.000 ton/yıldır. Bu nedenle seçilen örnek uygulama bölgeleri olan Konyaaltı ve Falez bölgelerinde potansiyel bir liman ihtiyacı olmadığı söylenebilir (Çizelge 5.14). Bu kriter 25 puanlık değeri ile liman yatırımları için en etkili parametrelerden birisidir.

Çizelge 5.14. Mevcut durum ve potansiyel ihtiyacın belirlenmesi

BÖLGE	MEVKİ	MEVCUT DURUM VE POTANSİYEL İHTİYACIN BELİRLENMESİ	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Yüksek> 1 Liman>1 000 000 ton/yıl Olumsuz	1
2. Bölge	Antalya Falezleri	Yüksek> 1 Liman>1 000 000 ton/yıl Olumsuz	1

VI. Zemin koşulları ve depremsellik

Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre (AFAD, 2019), Antalya Körfezi en büyük yer ivmesi değerleri (PGA 475 yıl) maksimum ivme değeri 0.2'den düşüktür. Konyaaltı sahili bölgesi kumsal alan olduğundan zemin özelliği kum, çakıl ve kilden meydana gelmektedir. Zemin içeriğinden dolayı sıvılaşma riski de yüksek olarak değerlendirilmiştir. Antalya falezleri kayalık dik yamaçlardan oluştuğu ve zemin alanı da genel olarak kaya olduğu için, zemin koşulları ve depremsellik açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15. Zemin koşulları ve depremsellik

BÖLGE	MEVKİ	ZEMİN KOŞULLARI VE DEPREMSELLİK	MATRİS PUANI
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Olumsuz	1
2. Bölge	Antalya Falezleri	Olumlu	15

VII. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı

Konyaaltı sahil bölgesi ve Antalya falezleri bölgesinde herhangi bir su ürünleri yetiştiriciliği alanı (dalyan, ağ kafes, midye vb..) bulunmamaktadır. En yakın su ürünleri yetiştiriciliği noktası Sıçan Adası olup çalışma bölgesine 12 km uzaklıktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği noktası çalışma bölgesine uzak mesafede kaldığından ve çalışma bölgesini etkileyecek bir noktada olmadığından kıyı yapıları uygunluğu için olumludur.

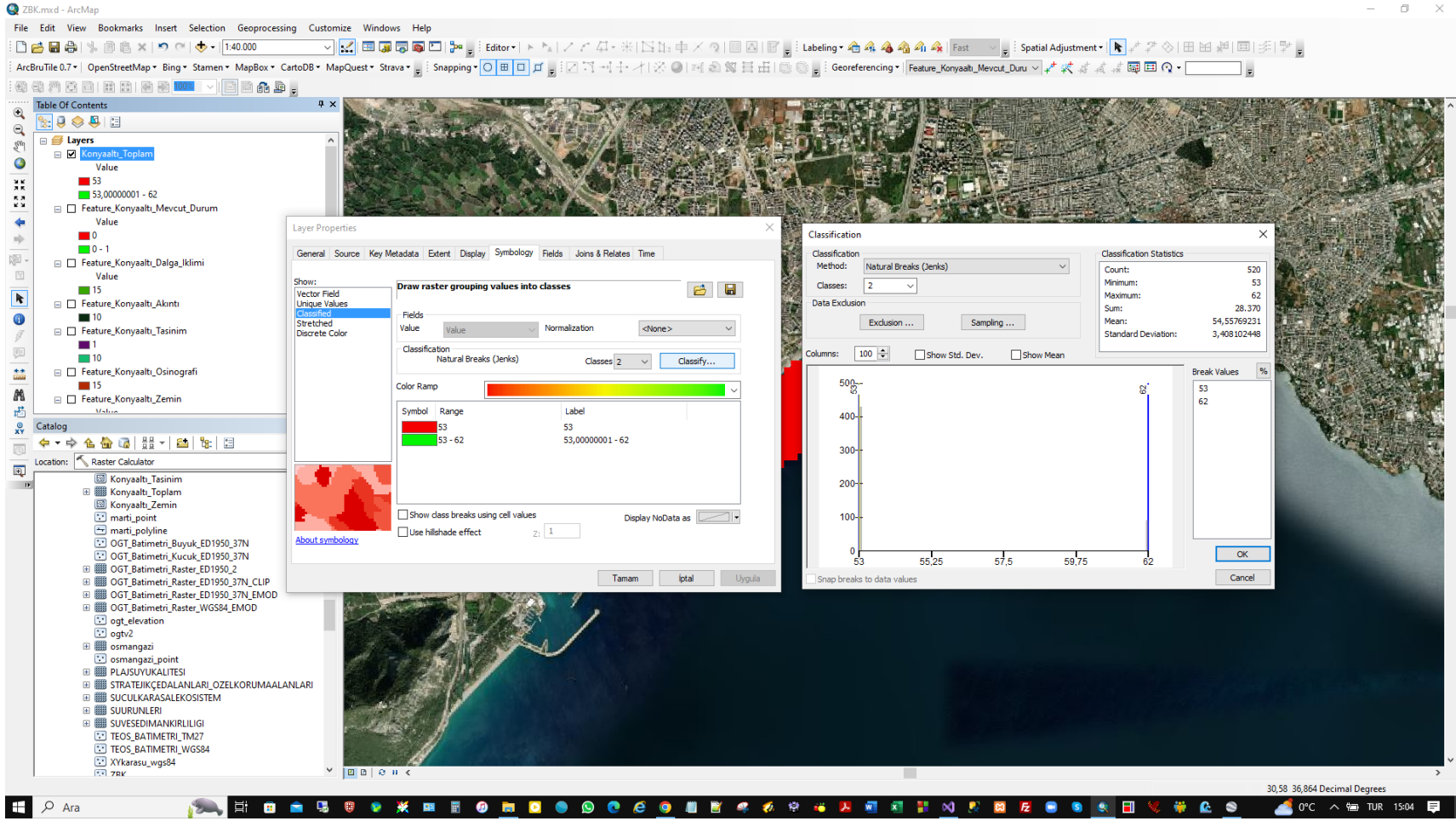
Çizelge 5.16. Su ürünleri yetiştiriciliği alanı (dalyan, ağ kafes, midye vb..)

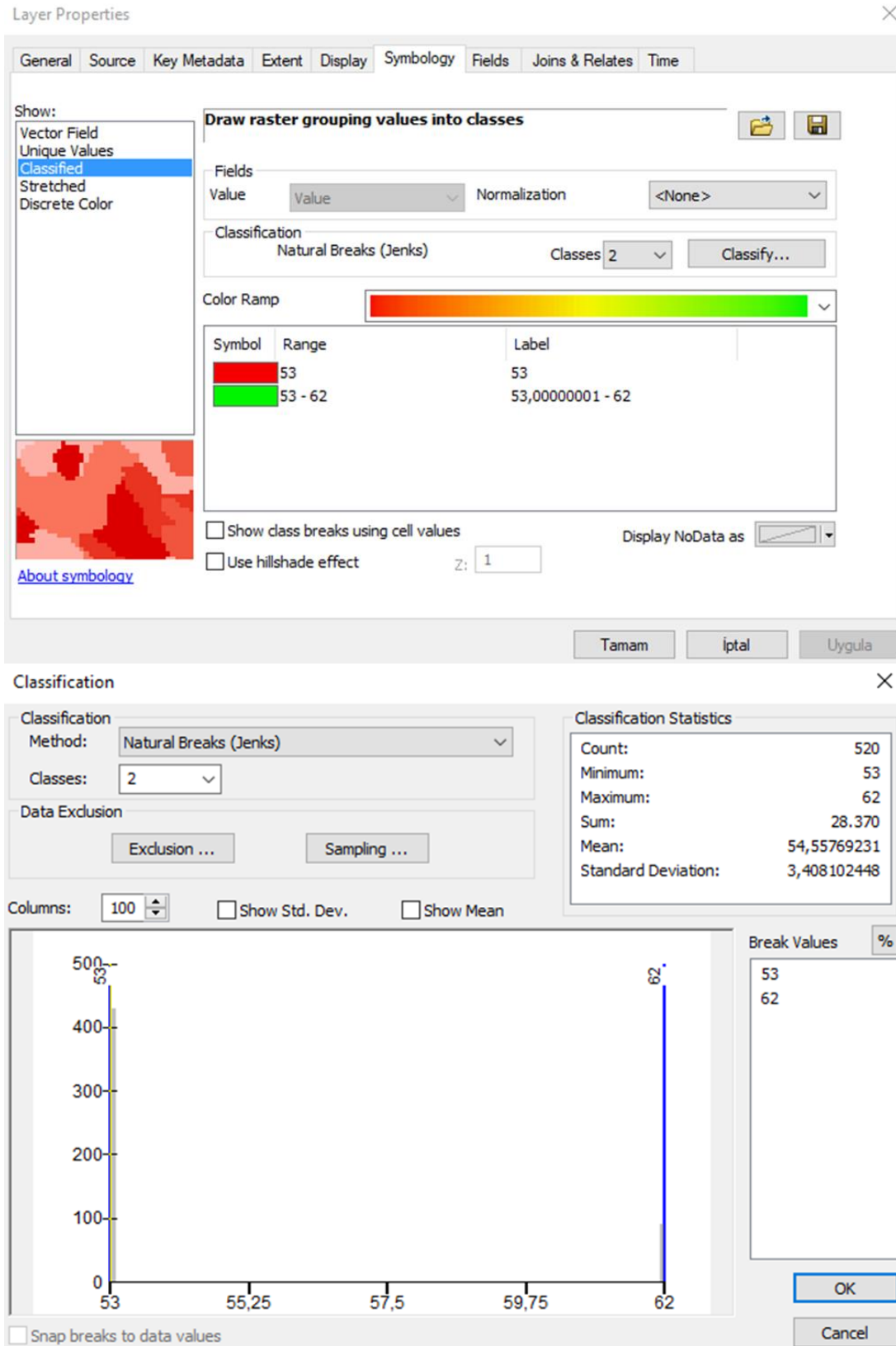
BOLGE	MEVKİ	SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANI (DALYAN, AĞ KAFES, MİDYE VB..)	MATRİS
1. Bölge	Konyaaltı sahili	Olumlu	10
2. Bölge	Antalya Falezleri	Olumlu	10

Alt kriterlere göre çalışma bölgeleri için puanlar verilmiştir. Bu bölgeler için alt kriter puanları toplanmış ve nihai bir sonuç elde edilerek sınıflandırması yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımının sınıflama hakkında çeşitli metodları mevcuttur. Alan kesitleri için kriter toplamaları en yüksek ve en düşük puanları farklılık göstereceğinden ve puan yığılma aralıklarının farklı olacağından sınıflama yöntemleri arasından aritmetik ve sabit bir değer artışı olmayan, doğal kırılma ve yığılma aralıklarını belirleyen “Natural Breaks” sınıflama metodu kullanılmıştır.

Kıyı bölgelerinin özelliklerine göre yapılan puanlandırmalar neticesinde elde edilen verilere göre Konyaaltı sahil bölgesinin sınıflandırma çerçevesinde 53-62 puan aralığındaki kesimlerinde kıyı yapıları için uygun olduğu, falez bölgesi için ise her bir kesitin 39 puan ile kıyı yapıları için uygun olmadığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.29’da sunulmuştur.

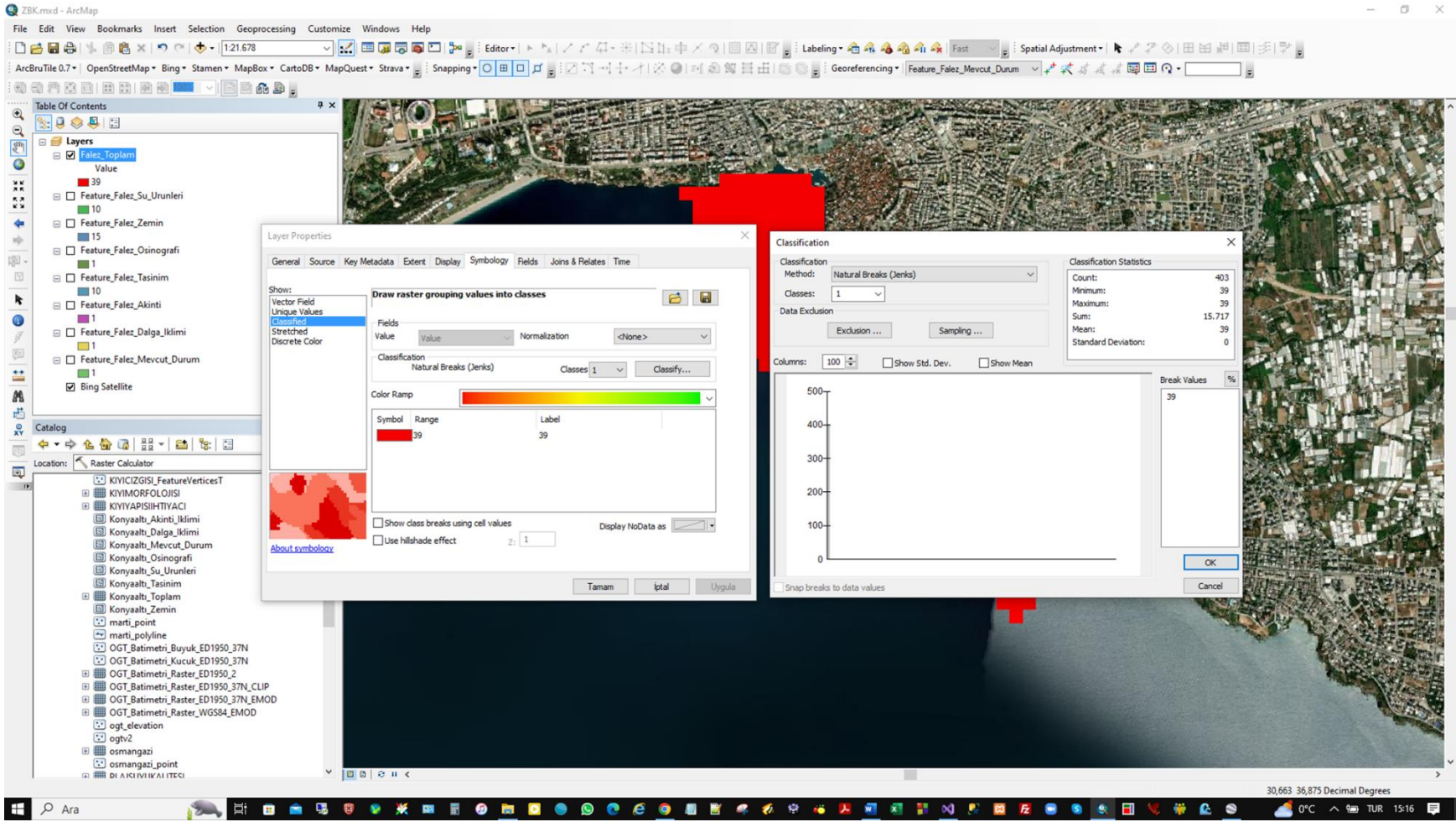
Şekil 5.30. ÇKKV Antalya Körfezi- Konyaaltı Sahili Değerlendirmes

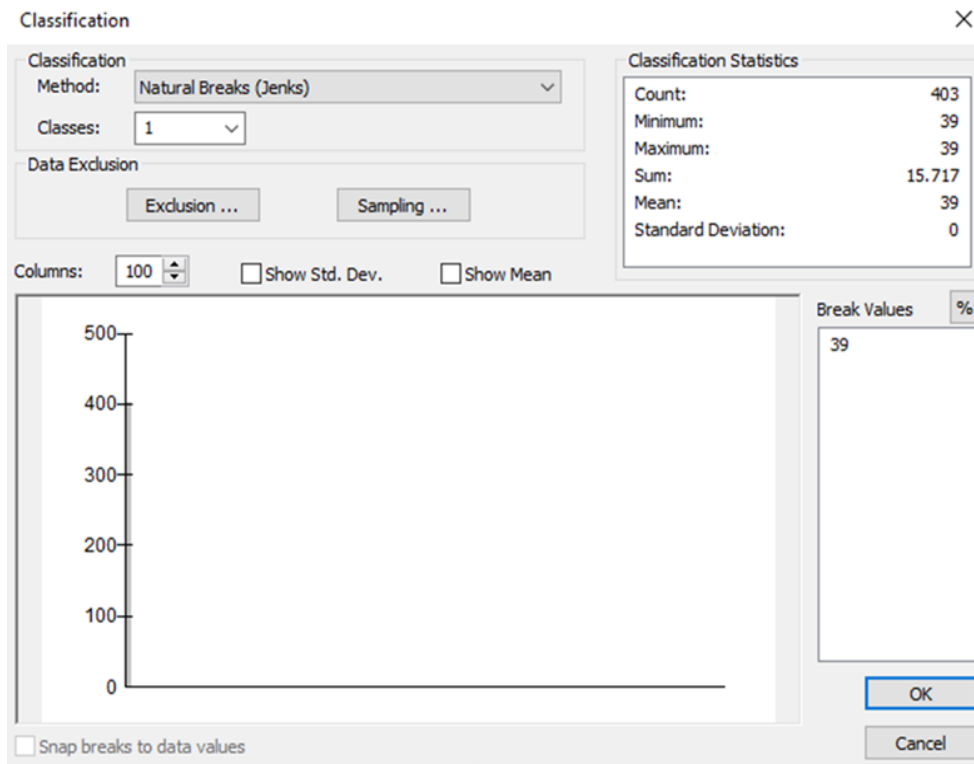
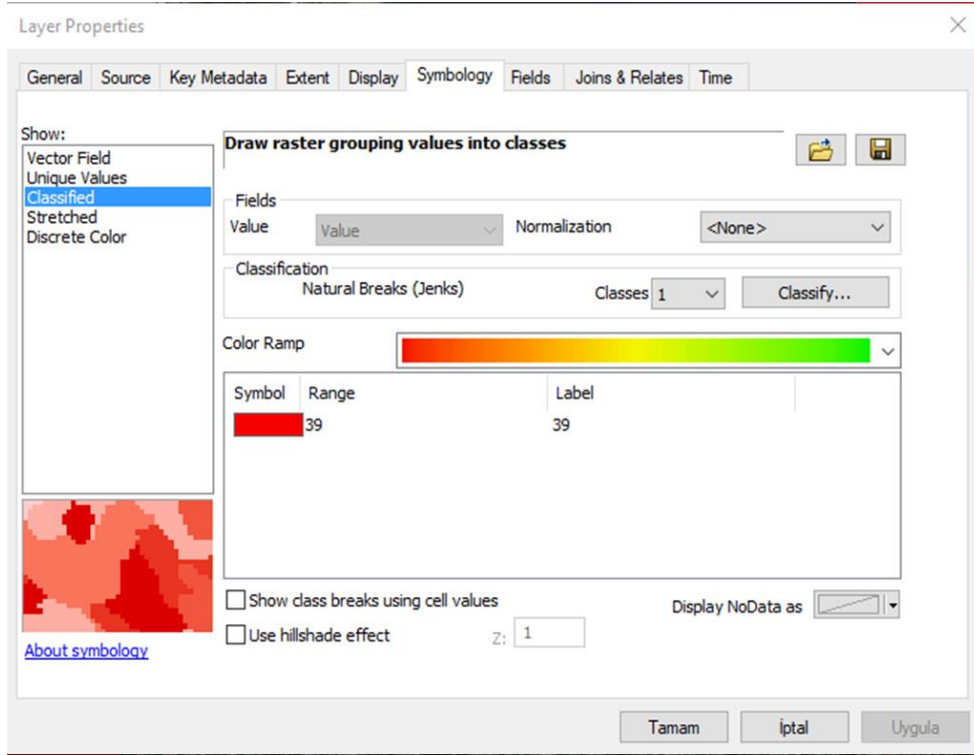




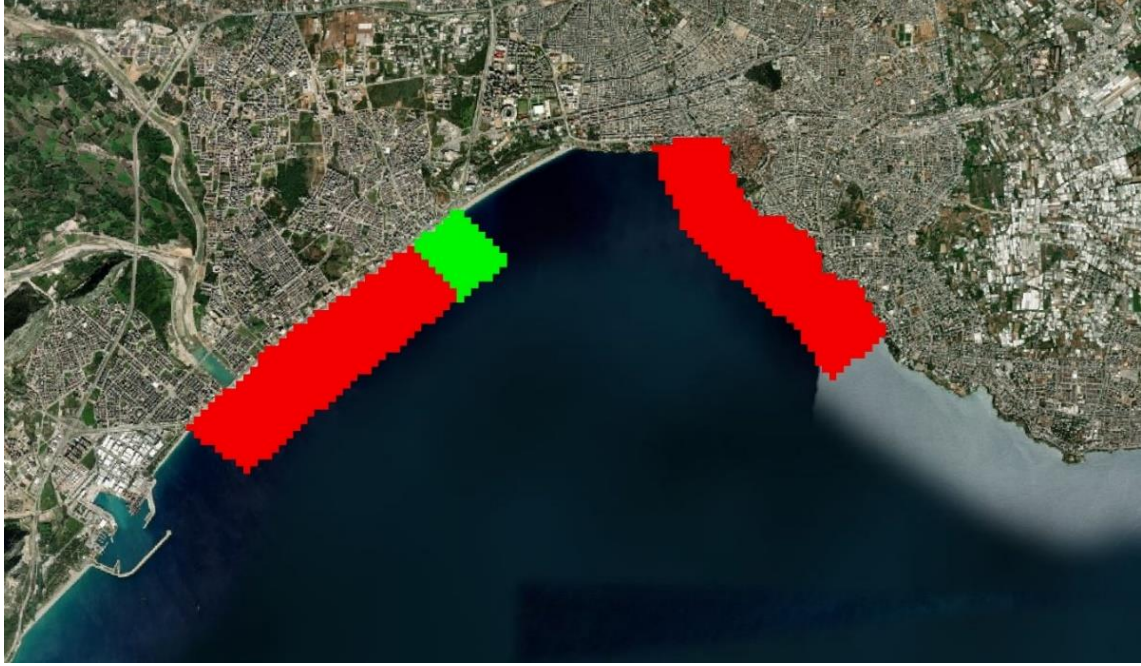
Şekil 5.31. Natural breaks metoduna göre Konyaaltı sahilinin kırılma değerleri ve sınıflandırması

Şekil 5.32: ÇKKV Antalya Körfezi- Falez Değerlendirmesi





Şekil 5.33. Naturel breaks metoduna göre falez bölgesi kırılma değerleri ve sınıflandırması



Şekil 5.34. Antalya Konyaaltı Plajı ve Falezler bölgesinde seçilen iki lokasyona ÇKKV yöntemi uygulanması sonucunda elde edilen uygunluk durumunu gösteren raster veriler

Geliştirilen benzeşim temelli ÇKKV modelinin, Hydrotam 3D dalga, akıntı ve sediman taşınım alt modelleri ile bütünleşik çalıştırılmıştır. Bu bütünleşik modelin örnek çalışma bölgesine uygulanması sonucunda, Antalya Falez bölgesinin kıyı yapıları için uygun olmadığı kayalık dik bir topografyaya sahip, dalga yansımaları nedeniyle akıntı ve taşınımın fazla olduğu bir bölge olmasından dolayı yatırım yapılmasında öncelikli alan olmadığı sonucuna varılmıştır. Antalya sahil bölgesinde incelenen bölümlerde Boğaçay Nehri'nin varlığından dolayı taşınımın etki etmediği kumsal zeminli kısımların kıyı yapılarının inşası açısından uygun olabileceği, taşınımın etki ettiği kumsal zeminli kısımların kıyı yapımına uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Bu aşamadan sonra diğer parametreler için de aynı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Ek 1): Ekolojik-Biyolojik Çeşitlilik (100 Puan), Çevresel Etki (100 Puan), Mekânsal Kullanım (Kara-Deniz Arayüzü, 100 Puan) ve Mekânsal Kullanım (Karasal Etkileşim Alanı, 100 Puan). Tüm bu parametrelerin etkisi bütünleşik olarak değerlendirilerek Senaryo Analizi (Alternatif 2) gerçekleştirilmiştir.

6. SONUÇLAR

Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi Planları (BKAP) hazırlanırken sunulacak stratejilerin bilimsel veriler ile dayandırılmasında ‘Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKV)’ kullanılmaktadır. Bu tezde geliştirilen ÇKKV matrisi için ana kriterler; Karasal Etkileşim Alanı, Kara-Deniz Arayüzü, Denizel Etkileşim Alanı, Çevresel Etki, Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik şeklinde belirlenmiştir. Bu ana kriterlerde alt kriterlere bağlanmış, ayrıntılandırılmış ve ağırlıklandırılmıştır. Tezde geliştirilen ÇKKV Matris yönteminin başarıyla uygulandığı Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planları T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı onaylanmış bir projedir. Bu onaylanmış proje baz alınarak Antalya Körfezi’nde ÇKKV matrisi ‘Denizel Etkileşim Alanı’ kriteri değerlendirmesi yapılmıştır.

Antalya Körfezi ÇKKV uygulamasında Antalya Sahil bölgesi ve Antalya falezleri olarak iki farklı bölge incelenmiş ve ‘Denizel Etkileşim Alanı’ ana kriterinin 7 alt kriteri puanlandırma yapılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda Antalya Falez bölgesinin kıyı yapıları için uygun olmadığı, kayalık dik bir topografyaya sahip, dalga yansımaları nedeniyle akıntı ve taşınımın fazla olduğu bir bölge olmasından dolayı yatırım yapılmasında öncelikli alan olmadığı sonucuna varılmıştır. Antalya Sahil bölgesinde incelenen parçalarda Boğaçay Nehri’nin varlığından dolayı taşınımın etki etmediği kumsal zeminli kısımların kıyı yapılarının inşası açısından uygun olabileceği, taşınımın etki ettiği kumsal zeminli kısımların kıyı yapımına uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Bu aşamadan sonra diğer parametreler için de aynı çalışmalar gerçekleştirilecek bütünleşik sonuca ulaşılabacaktır (Ek 1).

Tezde ikinci aşamada, ÇKKV matrisi ‘Denizel Etkileşim Alanı’ kriteri içerisindeki ‘Dalga ve İklimsel Özellikler’ başta olmak üzere tüm kriterleri etkileyen ve kıyı yapıları plan ve projelerinde en temel ve etkili parametre olan belirgin dalga yüksekliği (Hs) tahmini çalışması gerçekleştirilmiştir.

Kara ile deniz ekosistemlerini birbirine bağlayarak önemli bir kilit noktası olan kıyı alanlarındaki yapıların projelendirilmesinde en önemli etkenlerden biri dalgadır. Maliyet olarak yüksek ve uzun ömürlü kıyı yapılarını tasarlama ve planlamasında en kritik kısım Hs’in doğru belirlenmesidir.

Kıyı yapılarını hem statik hem de dinamik yönden etkileyen belirgin dalga yüksekliği yetersiz veya eksik veri setleri ile belirlenmektedir. Projelendirmedeki hataları minimuma indirmek ve H_s için doğru belirleme yaparak maliyetli yatırım ve onarım giderlerini düşürmek için yapay zeka teknikleriyle tahminler yapılmaktadır. Bu çalışma, belirgin dalga yüksekliğinin doğru belirlenmesinde etkili olmaktadır ve eksik veri setiyle H_s 'in bulunması gereken şartlarda gerçeğe yakın ve yüksek korelasyonlu sonuçlar sunmaktadır.

Model analizleri değerlendirildiğinde, H_s parametresinin tahmininde kullanılan modellerin çoğunluğunun gerçeğe yakın, yüksek doğrulukta, tahmin sonuçları verdiği gözlenmiştir. Model tipleri kıyaslandığında geri besleme ile tahmin edilen modellerin hibrid modellerin gerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Karşılaştırılan modeller arasında RMSE ve R^2 performanslarına bakıldığında her iki performans parametresi için hem eğitim hem de test verisi tahmininde H_s t-3,t-1 verilerinin kullanıldığı modeller daha doğru tahminde bulunmuştur.

Modellerde girdi çeşitliliğinin artırıldığı durumlarda doğruluk derecesinin de arttığı belirlenmiştir. Özellikle zaman gecikmeli modellerin geriye girdi parametresi sayısının artmasının tahminlerin sonuçlarını olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Bu durumun H_s parametresinin tahmininin modelin çıktısı üzerinde büyük etkisinin olduğu ve bu sebeple modellerde tahmin aralığından bağımsız olarak bir önceki verinin kullanılmasının model sonuçlarında kayda değer artışlar sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Modellerde Gauss üyelik fonksiyonlarının diğer üyelik fonksiyonlarına oranla daha iyi sonuçlar verdiği ve optimizasyon yöntemi olarak Hibrid modellerin daha doğru tahmin modelleri sunduğu belirlenmiştir.

Bu tezde, çeşitli gecikme aralıklarını kullanan ANFIS yöntemi ile dalga yüksekliği tahminleri elde edilmiştir. Bulanık çıkarım mekanizması ile karakteristik üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan çeşitli katman ve düğümlerden oluşan Sugeno Bulanık Modelleri geliştirilmiştir. İstatistiksel performans parametreleri dikkate alınarak bu tezde uygulanan tüm modeller için tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Öngörülen sonuçlar gerçek dalga verileri ile karşılaştırılmış ve yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Model sonuçlarının doğruluğu Hydrotam-3D yazılımı kullanılarak çizdirilen dalga gülleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre şamandıra verilerinin dalga gülü ile Hydrotam-3D meteoroloji istasyonundan elde edilen dalga gülü ve ECMWF operasyonel arşivinden elde edilen dalga gülünün uyumlu oldukları gözlemlenmiştir. ANFIS tahminlerinde şamandıra verileriyle uyumlu oldukları göz önünde bulundurulduğunda tahmin sonuçlarının tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dolayısıyla, bu çalışmada geliştirilen ANFIS modelleri, Türkiye'nin Akdeniz kıyıları için eksik dalga verilerinin tahmininde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu tezin sonucunda, deniz yapılarının planlanmasında ve kapasite tahmininde ÇKKV yönteminin uygulanması ve dalga verilerinin yapay zeka teknikleri ile tamamlanması ve tahmini ile yeni bir BKAP modeli önerilmiştir.

Bu çalışmanın devamı olarak zaman serisi analizi ile ANFIS modelleme çalışmalarında kullanılan dalga yüksekliği verilerinden oluşan zaman serileri, otokorelasyon (AC) ve kısmî otokorelasyon (PAC) grafikleri kullanılarak karşılaştırılması önerilir. Böylece, Otoresif hareketli ortalamalar (Autoregressive Moving Averages ARMA) modelleri ile elde edilecek Box-Jenkins zaman serisi kestirimleri, ANFIS model sonuçları ile karşılaştırılabilir.

Tezde geliştirilen Monte Carlo Benzeşime dayalı ÇKKV BKAP modelinde, kıyı yatırımlarının “Yerleşebilirlik Analizinde” toplam puan içerisinde deniz tarafı kriterlerinin Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değişimleri elde edilmiştir. Simülasyon verileri ile benzeşimde duyarlılık grafiği ile her kriterin etkisi ayrıca gözlemlenebilmiş, saçılım grafiği ile toplam puan ile ana kriter arasındaki bağlantı ve kriter değerlerinin belli aralıklar arasındaki dağılımları elde edilmiştir. Deniz tarafı parametreleri açısından önem derecesi en yüksek olan kriter mevcutta bölgede bulunan limanlar olduğu görülmektedir. O bölgenin ihtiyacını karşılayan limanların bulunması yeni liman yatırımları için bölgesel kapasitenin dolmadığı durumda ihtiyacın olmadığını göstermektedir.

İkinci sırada Deniz topoğrafyası ve batimetri gelmektedir. Deniz topoğrafyası ve batimetrinin olumsuz olduğu alanlarda liman yatırımlarının fayda maliyet oranları yüksektir. Zemin koşullarının ve depremsellik deniz tarafındaki mekânsal parametrelerin yerleşebilirliği etkilemesi açısından üçüncü sırada gelmektedir.

Bu etkilere uyumlu olarak deniz tarafı parametrelerinin puanları toplamı yüz olacak şekilde benzeşime dayalı olarak belirlenmiştir. Kıyı yapılarının Yerleşebilirlik Analizinde Çevresel Etki değerlendirme çalışmaları etken bir parametre olarak tanımlanmıştır. Benzeşim çevresel etki parametresinin BKAP etki aralığını istatistiksel olarak çok sayıdaki bilgisayar uygulamalarının bir zarfı şeklinde koymaktadır. Çevresel Etki Değerlendirme ile ekolojik ve biyolojik çeşitlilik çalışmaları ÇED yönetmeliği çerçevesinde kıyı yatırımları için uygulanmalı ve sonuçları ÇKKV yöntemindeki puanlara göre değerlendirilmektedir. Tezde önerilen ÇKKV yöntemi ile kıyı yatırımlarının ekolojik/biyolojik çeşitlilik üzerindeki ve çevreye olan etkileri planlama aşamasında disiplinler arası uzmanlar tarafından ÇKKV sonuçlarına göre nitel şekilde değerlendirilmekte ve yatırım öncelikli bölgelerin belirlenmesi çevreye duyarlı şekilde gerçekleştirilmektedir. Böylece sürdürülebilir kalkınma model sonuçlarının ve bilimsel araştırmaların değerlendirildiği BKAP ÇKKV modeli ile sağlanması hedeflenmektedir. Kıyı alanlarındaki herhangi bir yapısal düzenleme ve faaliyet hem kara hem deniz alanında bulunan türler için risk meydana getirebilecek etmenler içermektedir. Bu sebeple, yer seçimi ve uygunluğunun belirlenmesi için alanın halihazırdaki durumunun çevresel faktörler açısından analiz edilmesi ve bu analizlere dayanarak uygulamanın yapılması, sürdürülebilir bir çevre için büyük önem arz etmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda, mevcut flora ve fauna özelliklerine göre deniz ve kara ekosistemleri için 2 alt kriter ve 5 ölçüt belirlenmiştir.

Elde edilen korelasyonlar ve önem dereceleri dikkate alınarak ağırlık puanları oluşturulmuştur. Bu puanların toplu şekilde sıralandığı BKAP Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi Matrisi geliştirilmiştir. Kriterlerin Yerleşebilirliğe parametrik etkisi, korelasyon katsayıları saçılım grafikleri elde edilmiştir. Mekânsal Kullanıma ait alt kriterlerin ana kriteri içerisindeki ve toplam puana olan etkileri ile ilişkileri tespit edilmiştir. Tüm kriterlerin yerleşebilirliğe etkisi sıralama (rank) korelasyon değerleri ile toplam yerleşebilirlik puanları elde edilmiştir. Toplam Yerleşebilirlik Puanları Monte Carlo benzeşimi sonucundaki değerlerinin dağılımı ile bulunmaktadır. Ağırlıklandırmanın yapıldığı raster haritalarının birleştirilmesiyle elde edilen sonuç en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki puanlar histogram yoğunluğuna göre sınıflandırılarak birikimlerinin hangi aralıklarda olduğu gözlemlenmiş ve buna göre 4 sınıf oluşturulmuştur.

ÇKKV Yöntemi kullanılarak 5 ana kriterin sonuç ürünü ve bu sonuç ürünlerin karşılaştırılması sonucu elde edilen nihai veri oluşturulmuştur. Böylelikle, Bütünleşik Kıyı Alanı Planı'nın nihai plan kararlarının meydana getirilmesine temel olacak, mekânsal olarak sınırları olan ya da yapılaşmaya uygun alanlara öncelikli olarak yönlendirici özellikte olan alternatif senaryolara dayalı bilimsel bir yöntem önerilmiştir. Yapılan ikili sınıflama ile Mutlak Koruma Ölçütlerine Dayalı Alternatif 1 ve Sürdürülebilir Ölçütlerine Dayalı Alternatif 2 belirlenmiştir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi sonuçları ile oluşturulan senaryo tabanlı iki adet alternatif, dolayısıyla iki farklı BKAP senaryosu üretilmiştir. ÇKKV matris puanlamasına göre kıyı alanlarının öncelik sınıflandırması örnek bir proje için elde edilmiş ve renklendirilmiş haritada sunulmuştur.

Geliştirilen yöntemin tez kapsamındaki temel uygulaması için ise dalga ölçümü verisi bulunan dalga ölçer şamandırasının konumlandığı Antalya Körfezi seçilmiştir. Böylece tez kapsamındaki tüm model uygulamaları ile ÇKKV yöntemi örnek çalışmada bütünleştirilmiştir. Alt kriterlere göre çalışma bölgeleri için puanlar verilmiştir. Bu bölgeler için alt kriter puanları toplanmış ve nihai bir sonuç elde edilerek sınıflandırması yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımının sınıflama fonksiyonu için aritmetik ve sabit bir değer artışı olmayan, doğal kırılma ve yığılma aralıklarını belirleyen “Natural Breaks” sınıflama metodu kullanılmıştır. Kıyı bölgelerinin özelliklerine göre yapılan puanlandırmalar neticesinde elde edilen verilere göre Konyaaltı sahil bölgesinin sınıflandırma çerçevesinde 53-62 puan aralığındaki kesimlerinde kıyı yapıları için uygun olduğu, falez bölgesi için ise her bir kesitin 39 puan ile kıyı yapıları için uygun olmadığı görülmüştür.

Geliştirilen benzeşim temelli BKAP ÇKKV modelinin, Hydrotam 3D dalga, akıntı ve sediman taşınım alt modelleri ile bütünleşik çalıştırılmıştır. Bu bütünleşik modelin örnek çalışma bölgesine uygulanması sonucunda, Antalya Falez bölgesinin kıyı yapıları için uygun olmadığı kayalık dik bir topografyaya sahip, dalga yansımaları nedeniyle akıntı ve taşınımın fazla olduğu bir bölge olmasından dolayı yatırım yapılmasında öncelikli alan olmadığı sonucuna varılmıştır. Antalya sahil bölgesinde incelenen bölümlerde Boğaçay Nehri'nin varlığından dolayı taşınımın etki etmediği kumsal zeminli kısımların kıyı yapılarının inşası açısından uygun olabileceği, taşınımın etki ettiği kumsal zeminli kısımların kıyı yapımına uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Bu aşamadan sonra diğer parametreler için de aynı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tüm bu parametrelerin etkisi bütünleşik olarak değerlendirilerek Senaryo Analizi (Alternatif 2) gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akı, K. ve Karasulu, B. (2014). Esnek hesaplamada sinirsel bulanık sinerjiyi temel alan sistemler ve yaklaşımlar üzerine bir inceleme (derleme). *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 35(2), 54-86.
- Alterman, R. and Pellach, C. (Eds.). (2020). *Regulating coastal zones, international perspectives on land management instruments*, New York: Routledge, 379-439.
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., ve Yıldırım, E. (2007). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri: SPSS uygulamalı*. Sakarya: Sakarya Yayıncılık, 133-152.
- Arı, A. ve Berberler, M. E. (2017). Yapay sinir ağları ile tahmin ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için arayüz tasarımı. *Acta Infologica*, 1(2), 55-73.
- Arkhipova, E., Gromisz, S., and Klusek, Z. (2018). Assessing the impacts of offshore wind farms on the ecosystem: A simulation model for the Baltic Sea. *Oceanologia*, 60(2), 190-202.
- Ataei, M. (2005). Multicriteria selection for alumina-cement plant location in EastAzerbaijan province of Iran. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 105(7), 507–14.
- Balas, C. E., (2005). Fuzzy system analysis of beach litter components. *Lecture Notes In Computer Science*, 3516(11081111).
- Balas, C. E., Balas, L., and Williams, A. T. (2006). Discussion: Risk assessment of revetments by Monte Carlo simulation. *Institution Of Civil Engineers, Maritime Engineering*, 159(2), 81-84.
- Balas, C. E., Koc, M. L. (2006). Reliability analysis of rubble mound breakwaters by neural network model. *Journal Of Coastal Research*, 3, 1506-1509.
- Balas, L. ve Numanoğlu Genç, A. (2013). *Boğaçay (Antalya) denizel alanı kıyı boyu sediman taşınımı modellemesi*. DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı DLTM-RAP-004, Ankara.
- Bascetin, A. (2004). An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhaneli open pit coal mine. *Mining Technol*, 113, A192–9.
- Bascetin, A. (2007). Decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine. *Environmental Geology*, 52(4), 663–72.
- Bayat, B. (2014). Uygulamalı sosyal bilim araştırmalarında ölçme, ölççekler ve “likert” ölçek kurma tekniği, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 1-24.

- Bentivegna, V., Mondini, G., Nati Poltri, F., Pii, R. (1994). *Complex evaluation methods. An operative Synthesis on multicriteria techniques*. Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering Management, Melbourne, 139-145.
- Bitarafan, M., and Ataei, M. (2004). Mining method selection by multiple criteria decision making tools. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 104(9), 493–8.
- Botero, C. M., Fanning, L. M., Milanes, C., Planas, J. A., (2016). An indicator framework for assessing progress in land and marine planning in Colombia and Cuba, *Ecological Indicators*, 64, 181-193.
- Cabral, H. N., Silva, J. G., Lourenço, P. M., and Pereira, J. G. (2018). Integrated multicriteria decision support system and simulation model for the management of aquaculture sites. *Aquaculture Research*, 49(9), 3214-3228.
- Cardoso, J. B., Almeida, J. R., Dias, J. M., Coelho, P. G. (2008). Structural reliability analysis using Monte Carlo simulation and neural networks. *Advances in Engineering Software*, 39(6), 505–13.
- Chen, G. and Pham, T. T. (2001). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*. USA: CRC Press, 66-96.
- Cicin-Sain, B. and Knecht, R.W. (1998). *Integrated Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices*. Washington DC.: Island Press, 67-77.
- Clark, J. R. (1995). *Coastal Zone Management Handbook*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pair-wise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21(3), 215–31.
- Ehler, C., and Douvere, F. (2009). Marine spatial planning: a stepby-step approach toward ecosystem-based management. *IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme*. Paris: UNESCO, 7-17.
- Esendal Bozkurt, N. (2017). *Uydu verilerine ve yapay sınır ağlarına dayalı olarak bitki örtüsü tahmini ve analizi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fırat, M. (2007). *Sinirsel bulanık mantık yaklaşımı ile havza modellenmesi*. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Forrest, C. (2006). Intergrated Coastal Zone Management: A Critical Overview, *WMU Journal of Maritime Affairs*, 5(2), 207–222.
- Gemici, E., Ardıçlıoğlu, M., ve Kocabaş F., (2013). Akarsularda debinin yapay zekâ yöntemleri ile modellenmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(2), 135-143.

- Gülbitti, M. ve Özüduru, B., (2020). Türkiye’de bütünleşik kıyı alanları yönetimi süreçlerinin stratejik mekansal planlama süreçleri ile ilişkili olarak değerlendirilmesi, *Planlama Dergisi*, 30(1), 36-53.
- Hsu, T. H., and Pan, F. C. (2009). Application of Monte Carlo AHP in ranking dental quality attributes. *Expert Systems With Applications*, 36(2), 2310–6
- İnternet: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2019). *Türkiye deprem tehlike haritası*. URL: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi>, Son Erişim Tarihi: 05.05. 2023.
- İnternet: Chen, G. and Young H. J. (2001). Introduction to Fuzzy Control Systems. URL: <https://www.researchgate.net/publication/228902237>, Son Erişim Tarihi: 01.07.2022.
- İnternet: HYDROTAM-3D, (2023). *HYDROTAM-3D, Three Dimensional Hydrodynamic Transport and Water Quality Model*. URL: <http://www.hydrotam.com/> Son Erişim Tarihi: 01.07.2022.
- İnternet: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2020). Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı, URL: <https://mpgm.csb.gov.tr/edirne-tekirdag-kirklareli-illeri-butunlesik-kiyi-alanlari-plan-i-99983>, Son Erişim Tarihi: 26.01.2023.
- İnternet: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2020). Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Balıkesir-Çanakkale İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı, Plan Açıklama Raporu, URL: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/icerikler/plan-aciklama-raporu-20201030105117.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26.01.2023
- İnternet: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2020). Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Aydın-Muğla İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı, Plan Açıklama Raporu, URL: https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/icerikler/aciklama_raporu-20201030101557.pdf, Son Erişim Tarihi: 26.01.2023.
- İnternet: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2020). Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Zonguldak-Bartın-Kastamonu İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Raporu (Taslak), URL: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/mpgm/icerikler/zbk-bkap-scd-raporu-v2-20220907161646.pdf>, Son Erişim Tarihi: 26.01.2023.
- İnternet: T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, (2013). 11. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Şurası, Denizcilik Çalışma Grubu Raporu, Ankara. URL: <https://www.utikad.org.tr/images/BilgiBankasi/11ulastirmadenizcilikvehaberlesmesurasidenizcilikcalismagruburaporu-7629.pdf>, Son Erişim Tarihi: 27.01.2023.
- İnternet: UNESCO, (1997). Methodological guide to integrated coastal zone management. Paris: Intergovernmental Oceanographic Commission. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000121249>, Son Erişim Tarihi: 04.05.2023

- Jamshidi, M., Ataei, M., Sereshki, F., Jalali, S. E. (2009). The application of AHP approach to selection of optimum underground mining method, Case study: Jajarm Bauxite Mine (Iran). *Archives of Mining Sciences*, 54(1), 103–17.
- Jang, J.-S. (1993). ANFIS: Adaptive network-based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23(3), 665–685.
- Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Karasakal, O. (2012). *Bulanık PID kontrolörleri için çevrim içi kural ağırlıklandırma yöntemleri*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Keskenler, M. F. ve Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
- Kumar, P., and Ramcharan, K. (2008). Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados, *Journal of Environmental Management*. 88(4), 95–1384.
- Larkin, S. L., Hatch, L. T., Van Parijs, S. M., and Gedamke, J. (2018). Integrating simulation modeling and decision support for marine mammal conservation planning. *Ecological Modelling*, 374, 9-20.
- Marinoni, O. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computer Geosciences*, 30(6), 637–46.
- Marseguerra, M., Zio, E., and Podofillini, L. (2002). Condition-based maintenance optimization by means of genetic algorithms and Monte Carlo simulation. *Reliability Engineering & System Safety*, 77(2), 151–66.
- Nayak, P. C. and Sudheer, K. P. (2008). fuzzy model identification based on cluster estimation for reservoir inflow forecasting. *Hydrological Processes*, 22(X), 827-841.
- Neal, W. J., Pilkey, O. H., Cooper, J. A. G., and Longo, N. J. (2018). Why coastal regulations fail. *Ocean & Coast Management*, 156, 21-34.
- Ocampo-Duque W., Schuhmacher M., and Domingo J. L., (2007), A neural-fuzzy approach to classify the ecological status in surface waters. *Environmental Pollution*, 148(2), 634-641.
- Ok, Y. (2010). *Adaptif sinirsel bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ile Türkiye’de orta dönemli elektrik enerjisi talep tahmini*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay sinir ağları* (İkinci Baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık, 59-74.
- Öztürk, K. ve Şahin M.E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ’ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.

- Panchal, R., Suryanarayana, T. M. V., Parekh, F. P., (2014). Adaptive neuro-fuzzy inference system for rainfall-runoff modeling. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4, 202-206.
- Pazand, K., Hezarkhani, A., Ataei, M., and Ghanbari, Y. (2011). Combining AHP with GIS for predictive Cu porphyry potential mapping: a case study in Ahar area (NW, Iran). *Natural Resources Research*, 20(4), 251–62.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Saaty, T. L., and Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process* (Vol. 282). Berlin, Germany: Springer Science+ Business Media, LLC, 295-318.
- Sadiq, R., Husain, T., Veitch, B., Bose, N. (2004). Risk-based decision-making for drilling waste discharges using a fuzzy synthetic evaluation technique. *Ocean Engineering*, 31(16), 1929–53.
- Samanta, B., Sarkar, B., and Mukherjee, S. (2002). Selection of opencast mining equipment by a multi-criteria decision-making process. *Mining Technology*, 111, A136–42.
- Söylemez, E., Çakır, Ö., Gökalp, T., ve Nal, S. (2018). *Türkiye’de bütünleşik kıyı alanları yönetimi ve planlaması yaklaşımında yaşanan değişim süreci ve sonuçları açısından bir değerlendirme*, 9. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Adana, 388-399.
- Su, F., Wang, Y., Zheng, J., Huang, W., Zhang, M., and Gao, H. (2019). A multicriteria decision support system for marine protected area management. *Marine Policy*, 109, 103706.
- Suzuki, K. (Editör) (2013). *Artificial Neural Networks Architectures and Applications*, Croatia: Intech, 148.
- Şirin, E. (2021). *Kıyı yapılarının tasarımı ve dalga yüksekliğinin yapay zeka ve zaman serisi yöntemleriyle tahmini*. Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Temelli, S.U. (2018). *Mantıksal model (bulanık mantık(anfıs)) ve fiziksel tabanlı (hec-hms) modelleri kullanılarak akım modellemesi ve tahmini*. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- Terzi, Ö., Baykal, T., ve Özcanoğlu, O. (2018). Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi ile yağış tahmini. *Akıllı Sistemler ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 23-25.
- Tissot, B. N., Mach, M. E., and Brown-Saracino, J. (2020). A multicriteria decision analysis tool for offshore wind farm siting. *Renewable Energy*, 160, 1225-1238.

- Tür, R. (2020). Maximum wave height hindcasting using ensemble linear-nonlinear models. *Theoretical and Applied Climatology*, 141, 1151–1163.
- Tür, R. ve Balas, C. E. (2010). Belirgin dalga yüksekliklerinin neuro-fuzzy yaklaşımı ile tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 505-510.
- Tür, R., (2016). Belirgin dalga yüksekliğinin (significant wave height=Hs) bulanık sinir ağları (ANFIS) ile tahmini. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 175-183.
- UTTA Planlama, Projelendirme, (2020). *Edirne-Tekirdağ-Kırklareli İlleri Bütünleşik Kıyı Alanları Planı*. Ankara: T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, 127-132.
- Uzun, S. M. (2013). *İzmit körfezi kıyılarının jeomorfolojisi ve kıyı alanı kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Ünsal, S., ve Alışkan, İ. (2016). Madani ve takagi-sugeno çıkarım yöntemlerine sahip bulanık mantık denetçilerinin özgün yazılım ve araç kutusu performans analizi. *Elektrik Elektronik Biyomedikal Mühendisliği (ELECO) Ulusal Konferansı*, 237-241. Bursa.
- Vallega A. (1999). *Fundamentals of Integrated Coastal Management*. Dordrecht: Kluwer Publishers.
- Vazıfekkah S., (2012). *Evaluation of artificial neural network(ann) and adaptive neuro based fuzzy inference system (anfis) on sediment transport*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wang, D. P., Xu, C. H., and Jiao, R. H. (2011). Thermotectonic evolution history of the lower Yangtze area based on detrital zircon fission track analysis. *Journal of China University of Mining and Technology*, 40(2), 227–34.
- Wang, D., Wan, B., Liu, J., Su, Y., Guo, Q., Qiu, P., and Wu, X., (2020), Estimating aboveground biomass of the mangrove forests on northeast Hainan Island in China using an upscaling method from field plots, UAV-LiDAR data and Sentinel-2 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 85, 101986.
- Yavuz, M., Iphar, M., and Once, G. (2008). The optimum support design selection by using AHP method for the main haulage road in WLC Tuncbilek colliery. *Tunnelling Underground Space Technol*, 23(2), 111–9.
- Yıldırım, E., Avcı, E. ve Yılmaz, B. (2021). Serbest basınç dayanımının tahmininde sugeno bulanık mantık yaklaşımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(1), 97-108.
- Yılmaz, M. ve Arslan, E. (2005). Bulanık mantığın jeodezik problemlerin çözümünde kullanılması. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 512-522, İTÜ – İstanbul.

- Yöntem, S. (2016). *Dalga parametrelerinin yapay zeka teknikleri ile tahmini*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Yuan, G. L., Shu, Q. J., Zhang, Y. F., Liu, T., Ji, Y. S., Xu, G. A. (2012). Model experiment on antideformation performance of a self-supporting transmission tower in a subsidence area. *International Journal of Mining Science and Technology*, 22(1), 57–62.
- Zadeh, L. A., and Kacprzyk, J. (1992). *Fuzzy Logic for the Management of Uncertainty*. Newyork: John Wiley & Sons Inc.
- Zajac M, Zajac A, Łysko A, Popiela A., (2019), Geobotanical distinction using the foristic method: example of the Polish Pomerania. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 88(2), 3619.
- Zhang, D. S., Fan, G. W., and Wang, X. F. (2012). Characteristics and stability of slope movement response to underground mining of shallow coal seams away from gullies. *International Journal of Mining Science and Technology*, 22(1), 47–50.

EKLER

Ek-1. Çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

Modelin örnek uygulaması bakanlık tarafından Edirne-Tekirdağ-Kırklareli Bütünleşik Kıyı Alanları Planları için gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama yönteminde, kriterler ve parametreler belirlenerek puanlanmaları yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları kullanılarak çakıştırmalar ile parametrelerin almış olduğu puanlar toplanmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, kıyı yapılarının hangi alanlara yapılıp yapılamayacağı ekolojik, mekansal, çevresel ve biyolojik açıdan değerlendirilerek öncelik düzeyleri tayin edilmiştir.

1.1. ÇKKV Yöntemi'nin Hazırlanması

ÇKKV yönteminin uygulanabilmesi için ilk olarak kapalı alanlara (polygon) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, hemen hemen 305 kilometre uzunluğundaki kıyı çizgisinden, deniz yönünde 3 kilometre ve kara yönünde 1 kilometre olacak şekilde toplamda 4 kilometre genişliğinde bir polygon oluşturulmuştur. Sonrasında araştırma çalışmalarının sonuç verileri ile, tezde bahsedilen her kriter için polygonlar çizilmiştir. Böylelikle her bir ana kriterin haritası üretilebilecek ve mekânsal hale dönüştürülebilecektir. Alt kriterlere de yukarıda bahsedilen gerekçeler gereğince puanlar verilmiştir.

Bu yöntemin her adımında Coğrafi Bilgi Sistemleri (ArcMap) yazılımı kullanılmıştır. Yöntemin uygulanmasındaki her aşama, yöntemin anlaşılması için ekran görüntüleriyle aşağıda sunulmuştur. Yöntemin temel prensibi, bir noktada, hücrede (cell) belirlenen çok miktarda datayı çakıştırarak birleştirmek, yani toplamaktır. Yazılım, toplama işlemini polygon veriden ziyade o noktadaki veriyi "raster"a çevirerek gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle, her kriter için oluşturulmuş polygon veri, raster veriye çevirilmiştir (Feature Raster). Raster veri, hücrelerden oluşur ve hücre boyutunun belirlenmesi gerekmektedir. Raster veriye çevirilirken hücre boyutu 500 metre olarak seçilmiştir. Planın 1/50.000 ölçekli olduğu ve kıyı uzunluğunun yaklaşık 1400 metre olduğu göz önüne alındığında, hücre boyutunun oldukça yeterli olduğu ve toplanan verinin hassasiyetinin ve ayrıntısının yüksek olduğu rahatlıkla değerlendirilebilir.

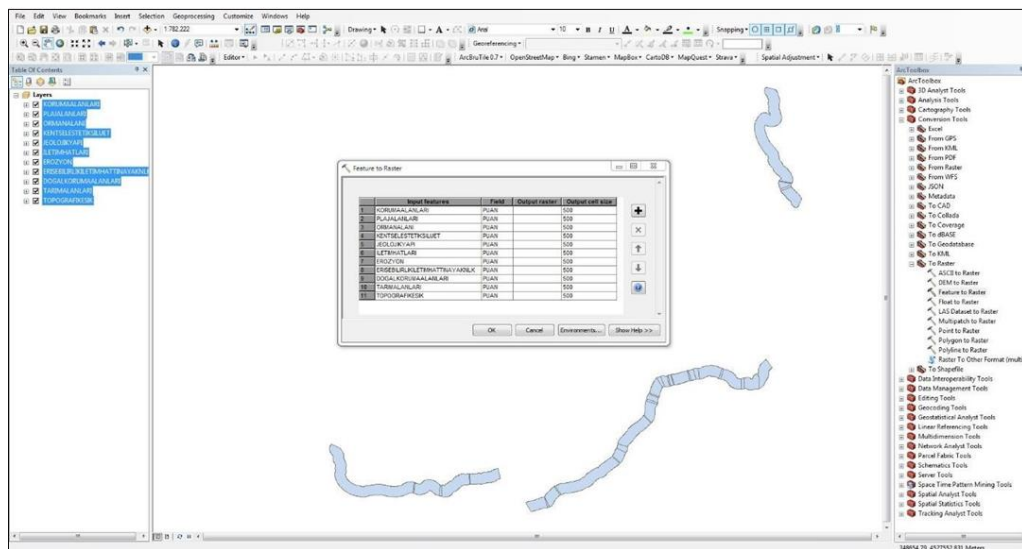
Yöntemin meydana getirilme sürecindeki aşamalar detaylı biçimde aşağıda açıklanmıştır.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

1.Aşama: Alt kriter ve parametre puanlamaları belirlendikten sonra, kriterin mekânsal olarak yansıtılabilmesi ve rastera dönüştürülebilmesi için alansal bir şekilde puanlamalar veri tabanına öznitelik bilgisi olarak aktarılmıştır. Öznitelik bilgileri oluşturulurken, field bilgisi için iki adet field belirlenmiştir. Birinci field name PARAMETRE (Alias name:

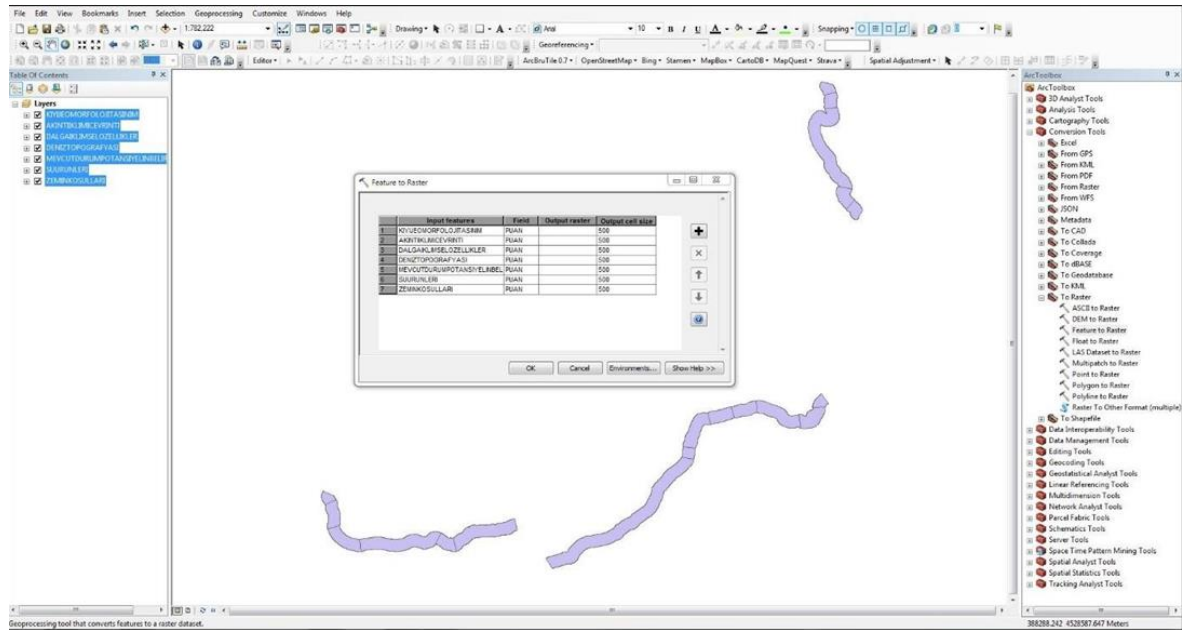
Parametre) (String); bu alanda yöntem verisine girdi sağlayacak olan alt kriter -örneğin Topoğrafik Eşik- altındaki parametre adı yazılmıştır. İkinci field name ise PUAN (Alias name: Puan) (Short integer); bu alanda parametre karşılığında verilen puan yazılmıştır.

2.Aşama: Puanlamalar tüm parametreler için tamamlandıktan sonra, veritabanında polygon olarak bulunan bilgilerin raster formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem, tüm alt kriterlerin puan toplamalarının yapılabilmesi için önemlidir. Polygonları rastera dönüştürmek için CBS yazılımının toolbox'ı üzerinden Conversion Tools - To Raster - Feature to Raster komutu kullanılarak işlem gerçekleştirilir. Bu komut çalıştırılırken, veri tabanından işleme girecek olan polygon seçilir ve Input Features kısmına eklenir. Value Field kısmında puanlamanın öznitelik olarak saklandığı "Puan" Field'ı seçilir. Oluşturulacak olan hücre boyutu (cell size) kısmına, 500x500 metre olarak belirlenen hücre boyutu bilgisi olan 500 girilerek işlem tamamlanır. Bu işlem, tüm polygonlar için gerçekleştirilir ve böylece 3. adım için altlıklar hazırlanmış olur. Aşağıda, 2. adımda anlatılan ve yazılım üzerinden gerçekleştirilen işlemlerin yapıldığı esnada alınmış ekran görüntüleri bulunmaktadır.

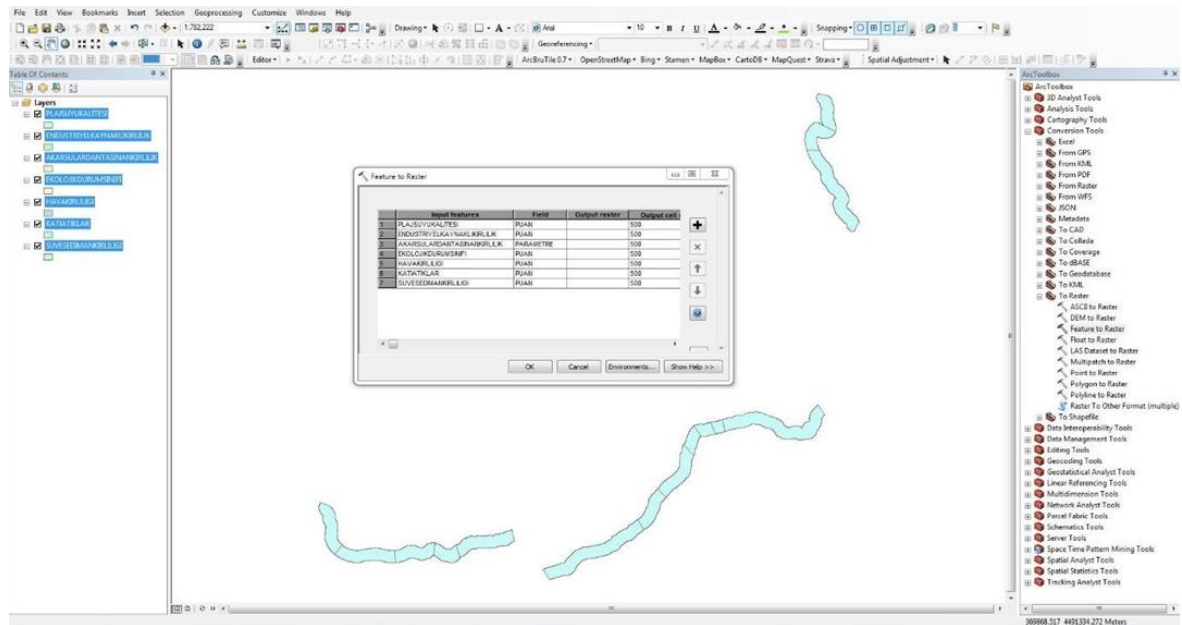


Şekil 1.1. Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesi

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

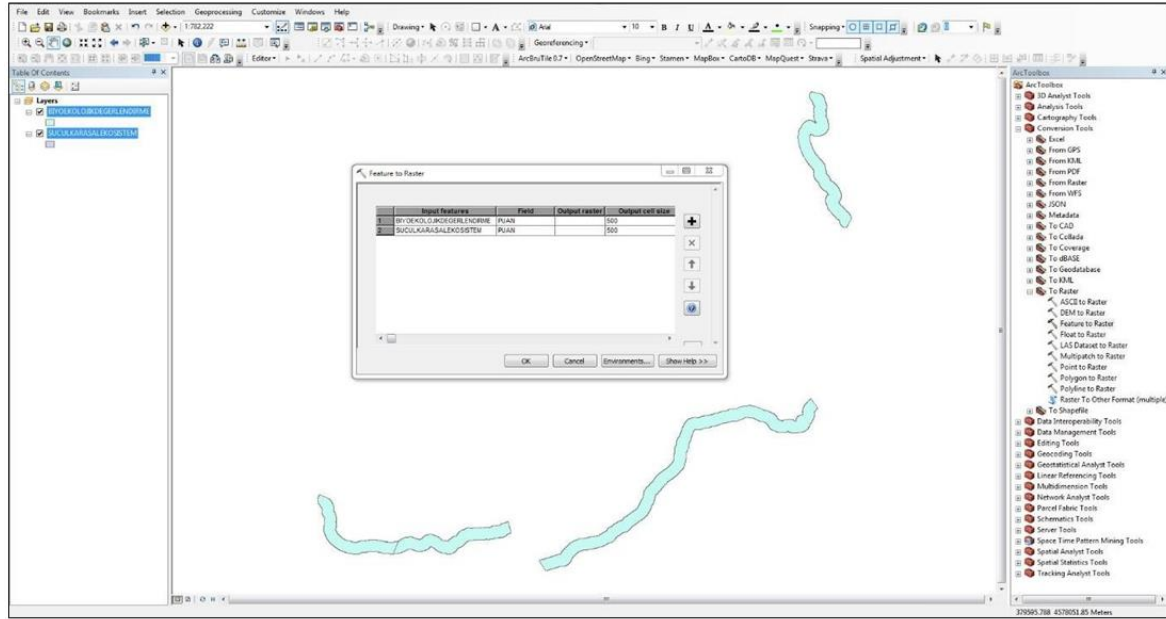


Şekil 1.2. Deniz Tarafının Kara Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesi



Şekil 1.3 Çevresel Etki Kriterleri

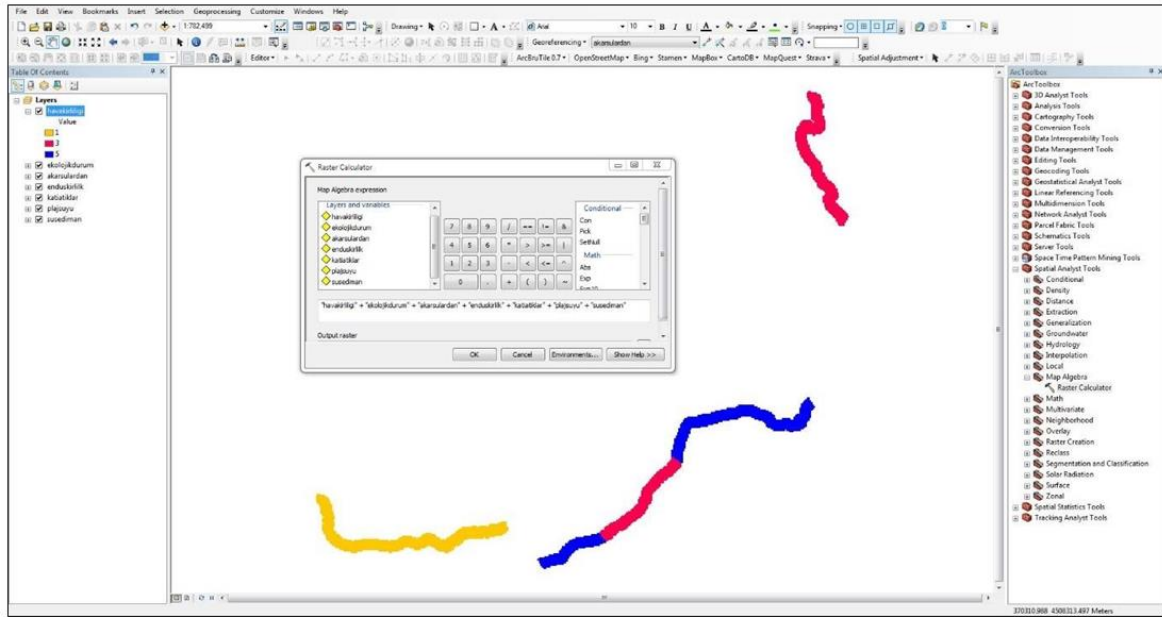
Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması



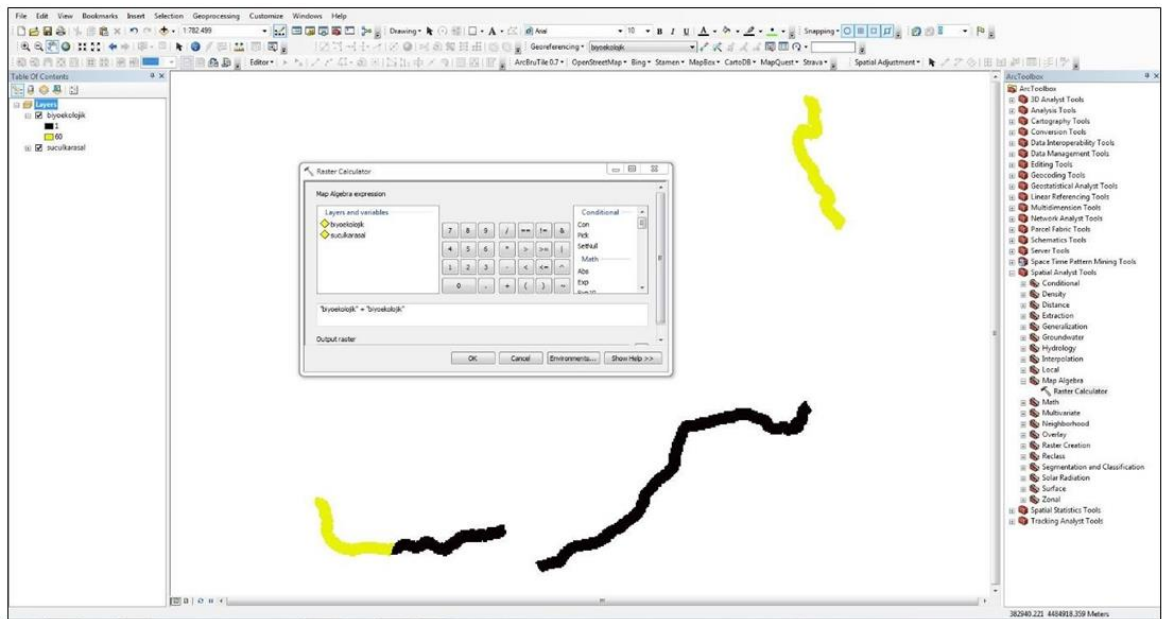
Şekil 1.4 Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriterleri

3.Aşama: Alt kriterler raster veriye dönüştürüldükten sonra, bu adımda gerçekleştirilecek işlem, her bir hücrenin belirlenmiş parametre puanlarının toplanmasıdır. Bu işlemde alt kriterler altındaki parametreler kendi arasında toplanır. İşlem, CBS yazılımı içindeki toolbox üzerinden Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator komutuyla gerçekleştirilir. Bu komutla, Expression kısmına katmanların teker teker eklenerek toplama işlemi yapılır. Örneğin, Kara Tarafındaki Kriterler için kodlama "topografikesik" + "kentselestetik" + "kentselkoruma" + "ormanalanı" şeklinde devam eder. Bu işleme giren alt kriterlere bağlı parametre başlıklarının kendi arasında toplanması sonucunda her hücrede parametrelerden gelen puanların toplam puanların olduğu bir raster verisi elde edilir. Aşağıda, yazılım üzerinden gerçekleştirilen 3. adım işlemleri sırasında alınan ekran görüntüleri bulunmaktadır. Bu adım işlemleri tamamlandıktan sonra, dört adet raster verisi elde edilir ve bu, ÇKKV yönteminin sonucunda kullanılmak üzere altlık olarak oluşturulmuş olur.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması



Şekil 1.7. Çevresel Etki Kriterleri



Şekil 1.8. Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriterleri

4. Aşama: Bu adımda elde edilen dört adet ana kritere ilişkin toplam puanlamaların olduğu raster veriler, öncelik düzeyleri anlaşılması adına sınıflanarak öncelik düzeyleri gözlemlenmiştir.

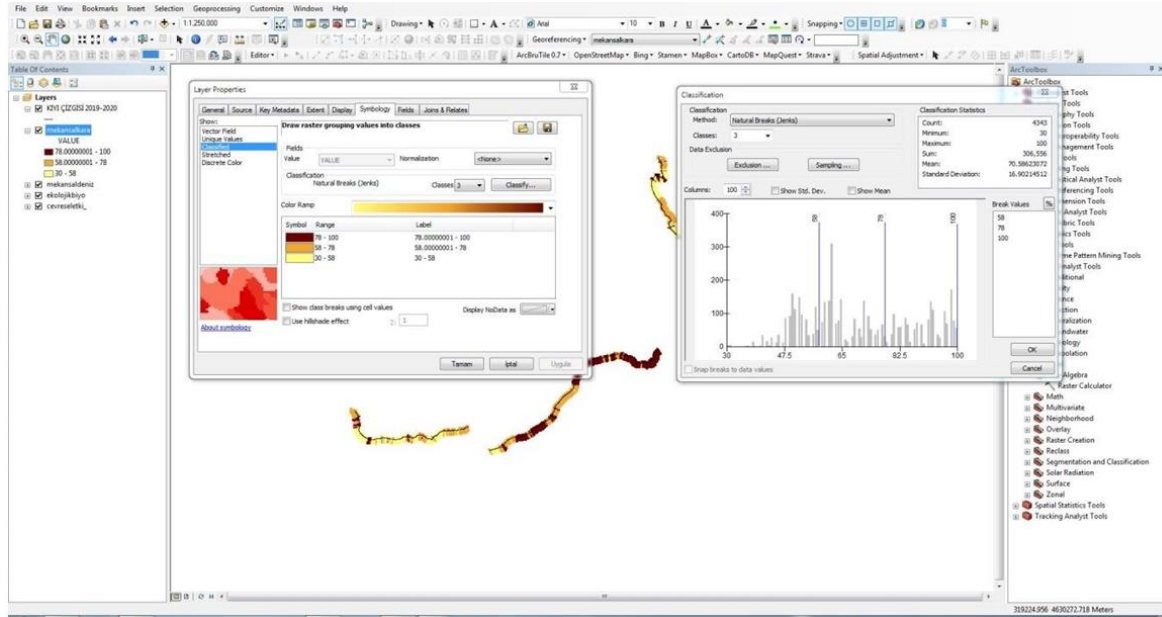
Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

Dört ana kriter için her birine 100 puan verilmiştir. Alt kriterlere de ana kriterler içindeki ağırlıklarına göre en düşük puandan en yüksek puana çıkan bir skala biçiminde puanlar belirlenmiştir. Böylelikle, en yüksek puan en olumlu kriteri, en düşük puan ise en olumsuz kriteri ifade etmektedir. Diğer bir deyişle, en düşük puan mekânsal, çevresel ve biyolojik kriterlerin etkileşimiyle değerlendirilerek, kıyı yapısı için öncelik sıralamasında ikinci sıradaki alanları gösterecektir. Alt kriterlerin puanları toplandıktan sonra, her bir ana kriter için mekânsal, çevresel, ekolojik ve biyolojik etkilerin sonuçları, yani öncelik sırası, öncelikli bölgelerin toplam puanları ayrı ayrı elde edilmiştir.

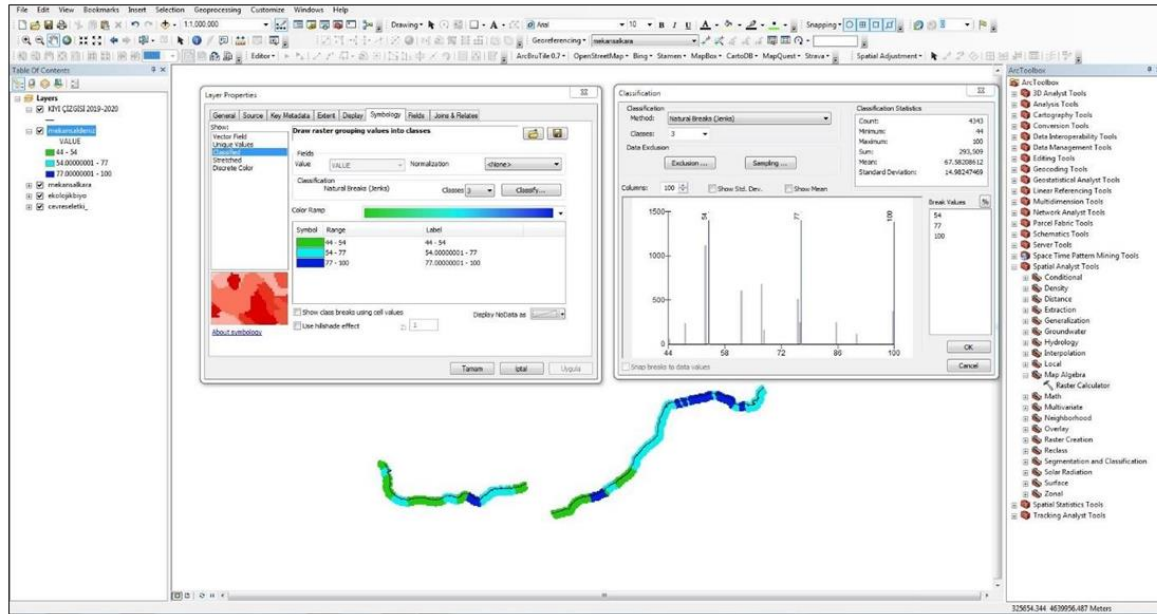
Ana kriterlerin en düşük ve en yüksek öncelik puanları farklılık göstermektedir. Örneğin, "Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesine İlişkin Kriter" için alt kriterlerden gelen toplam puanların en düşük puanı 31, en yüksek puanı ise 94'tür. Diğer yandan, "Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriteri" için en düşük puan 2, en yüksek puan ise 100'dür. Puanların dağılımı ve yoğunlukları da farklılık göstermektedir. Yazılım sayesinde, farklılık gösteren toplam puanlar için sınıflandırma yapılmıştır. Öncelik düzeyi, 1. ve 2. Öncelikli Bölgeler olarak iki sınıfta değerlendirilecektir. İki sınıflama yapılması, değerlendirmenin kolaylığını sağlayacaktır. Aşağıda, yazılım aracılığıyla oluşturulan Natural Breaks sınıflandırma metodu kullanılarak yapılan işlemin ekran görüntüleri yer almaktadır. Bir sonraki adımda yazılım, sınıflandırılan dört raster (ana kriter) veriyi belirlenen katsayılarla işleme tabi tutacak ve ÇKKV yönteminin nihai sonucunu oluşturacaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımında, sınıflandırma için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden "Natural Breaks" sınıflama metodu seçilmiştir, çünkü aritmetik bir değer artışı olmayan, doğal kırılma ve yığılma aralıklarını belirlemektedir. Sınıflama sayısı olarak 3 seçilmiştir ve yazılımda mevcut olan Doğal Kırılma Değerleri (Break Values) kullanılmıştır. Böylece her bir ana alt kriterin farklı kırılma değerleriyle 2 farklı sınıflandırma yapıldığı tespit edilmiştir. Aşağıda, ana kriterlerin kırılma değerlerini içeren ekran görüntüleri sunulmaktadır.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

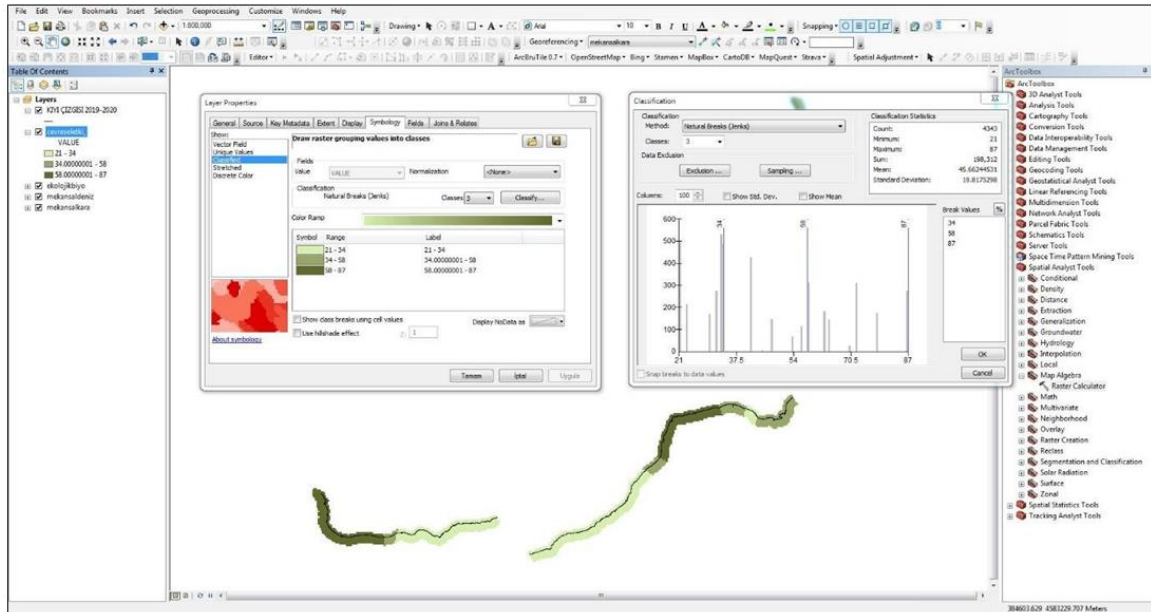


Şekil 1.9. Kara Tarafının Deniz Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesi

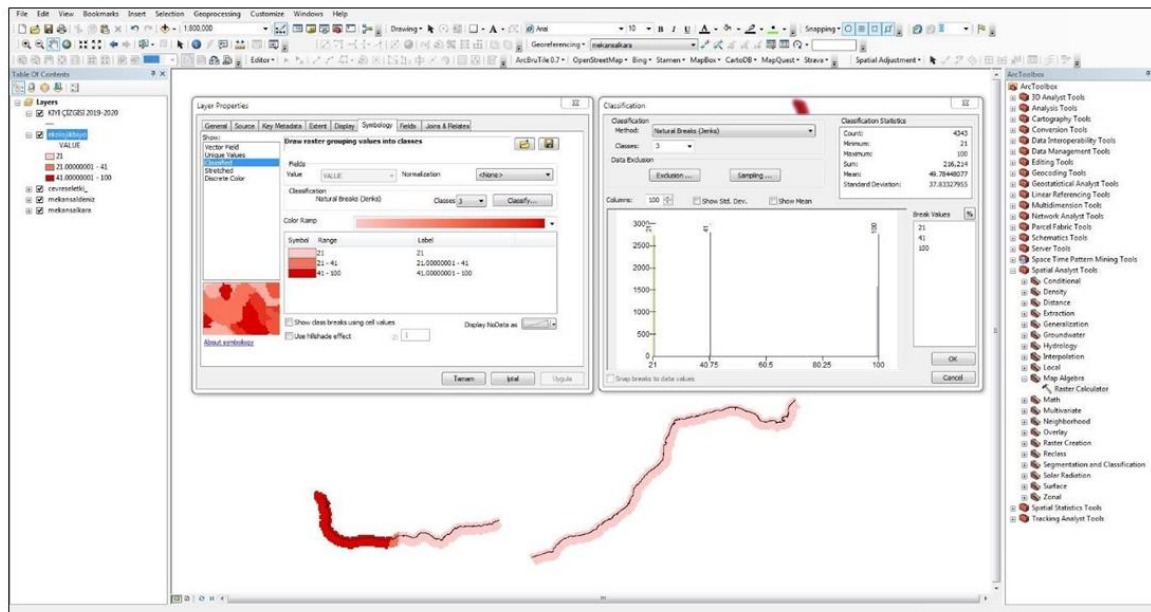


Şekil 1.10 Deniz Tarafının Kara Tarafı ile Mekânsal Etkileşiminin Belirlenmesi

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması



Şekil 1.11 Çevresel Etki Kriterleri



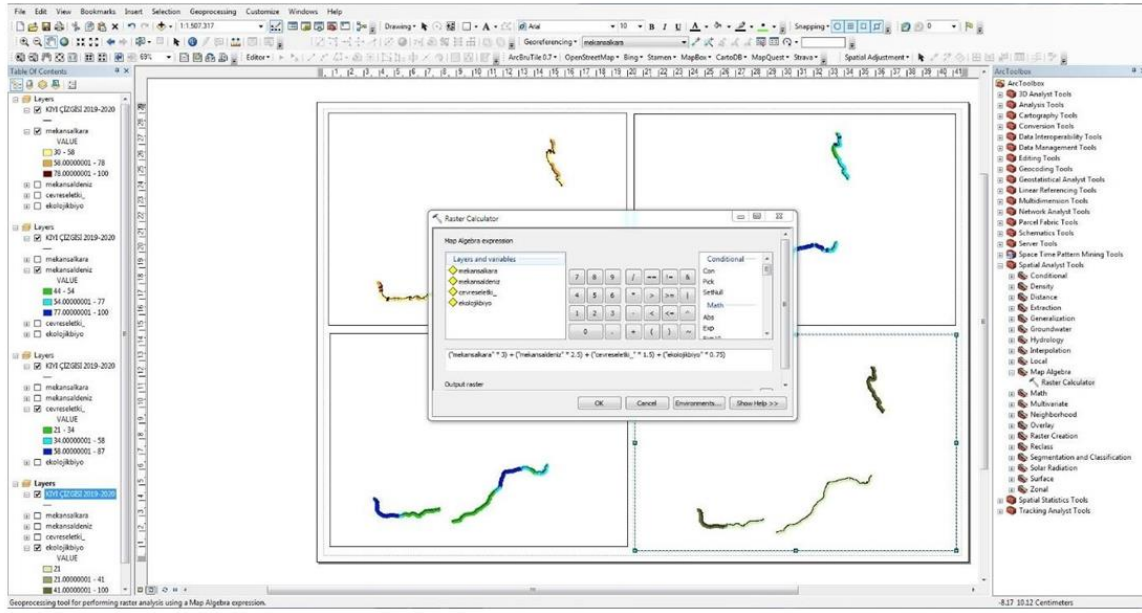
Şekil 1.12 Ekolojik ve Biyolojik Çeşitlilik Kriterleri

5. Aşama: Bu adım işlemlerin son adımı olarak tarif edilebilir. Ana kriterlerin ikili sınıflanması ile 1. ve 2. Öncelikli Bölge değerleri, yazılımın imkânları kullanılarak hesaplanmıştır. Ana kriterler planın uygulaması sürecinde ve uygulamanın olabilirliğini belirlemek amacıyla ayrı ayrı da değerlendirilebilir.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması

Ancak, yöntemin 4 ana kriterin karşılaştırılması senaryosuna dayandırıldığından, 5. adımda bu ana kriterlerin tamamı toplanmıştır. Önceki bölümlerde, alt kriterlerin kendi içinde neden farklı ağırlıkta olduğu ve gerekçeleriyle açıklandı. Ayrıca, puanların tablolar halinde sunulduğu ve kaç olduğu belirtilmiştir. Tablolardaki puanlara bakıldığında, ana kriterlerin genel kriterler içinde sayıca az olması durumunda, ana kriterlerin puanlarının diğer ana kriterlerin puanlarından daha yüksek olması gerektiği görülmüştür. Örneğin, Erozyon için puan 4 iken, Ekolojik ve Biyolojik Değerlendirme için puan 60, Su ve Sediman Kirliliği için puan 25 ve Akıntı İklimi ve Çevre için puan 10'dur. Bu nedenle, ana kriterlerin puan ağırlıklarını yaklaşık olarak eşitlemek için ana kriterler standartlaştırma anlamında bir katsayı ile çarpılmalıdır. Böylece, ana kriterlerin puan ağırlıkları benzer hale gelecektir. Bu son adımda yapılacak işlem, yazılımda Toolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster Calculator komutunu çalıştırarak Expression kısmına aşağıdaki kodlamayı içermelidir: ("karatarafı"*3) + ("deniztarafı"*2.5) + ("cevreseletki"*1.5) + ("ekobiyocesit"*0.75). Buradaki temel amaç, her bir ana kriteri önceden belirlenen katsayısıyla çarparak diğer ana kriterlerle toplama işlemini gerçekleştirmektir. Sonuç olarak elde edilen veri, nihai yöntem sonucunu temsil edecek ve her bir hücrede tüm ana ve alt kriterlerin puanlarının toplandığı bir raster verisi olacaktır. Bu final ürünü, "Natural Breaks" sınıflama metodu kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu işlem, raster veri üzerindeki özellikler-simgelendirme-göster: sınıflandırılmış-sınıflandır-doğal kırılma değerleri: sınıf sayısı "3" olarak belirlenerek tamamlanır. Elde edilen değerler, yöntemin değerlendirme kısmında anlatılmıştır. Bu değerler, bizi öncelik düzeylerinin aralıklarını belirlemekte kullanılacak olan kılavuzları sağlar. Aşağıda, ÇKKV yönteminin nihai durumundan elde edilen şema sunulmaktadır.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması



Şekil 1.13. Ana Kriterlerin Toplamı ve Ağırlık Katsayısı

1.2. ÇKKV Yöntemi'nin Değerlendirilmesi

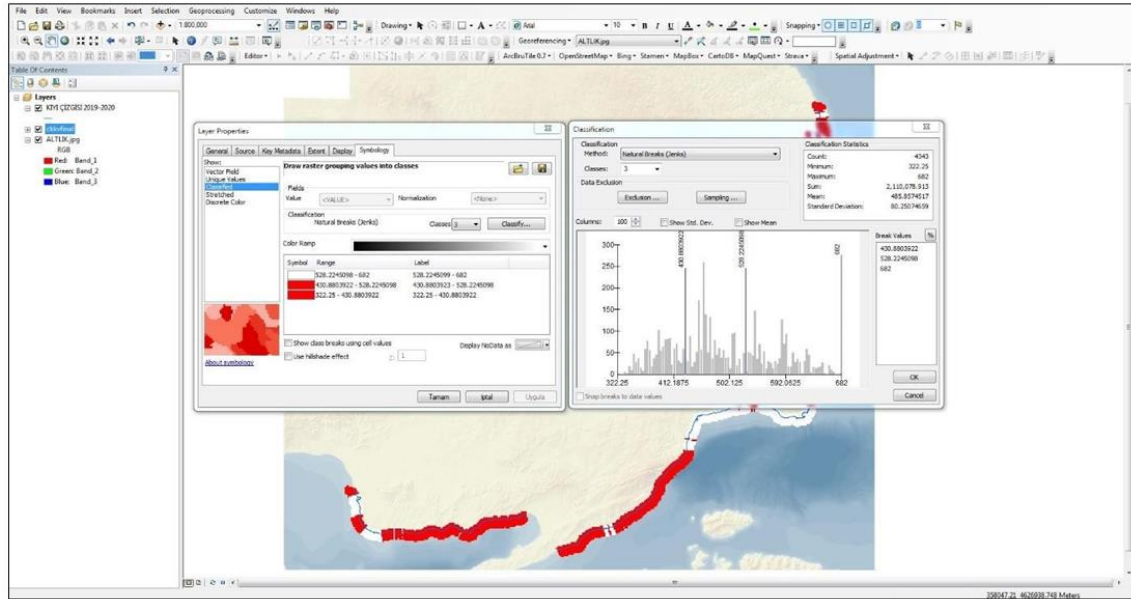
Tezde bahsedilen yöntem ile 4 ana kriterin sonuç çıktısı ve 4 kriterin çakıştırılması ile nihai çıktı oluşturulmuştur. Böylelikle, Bütünleşik Kıyı Alanı Planı'nın nihai plan kararlarının meydana getirilmesine temel olacak, mekânsal olarak kısıtlı sayılabilecek ya da yapılaşmaya uygun alanlara öncelikli olarak yönlendirici özellikte olan bilimsel bir veriye ulaşılmıştır.

3'lü sınıflandırma ile mekansal, çevresel, biyolojik ve ekolojik ana kriterleri uyarınca, her çeşit kıyı yapısı için gerçekleştirilecek projenin sırası ile;

- 1. Öncelikli Bölge,
- 2. Öncelikli Bölge'ye yönlendirilmesi uygun olacaktır.

Aşağıda 4 ana kritere ait sonuç çıktısı olan ÇKKV Yönteminin nihai sonucu sunulmuştur.

Ek-1. (devam) çok kriterli karar verme (çkkv) yönteminin örnek uygulaması



Şekil 1.14. ÇKKV Yöntemi Nihai Sonucu – Öncelikli Bölgeler

Yapılan işlemler sonucunda; yukarıda bahsedilen 5 aşamada yapılan ÇKKV Yöntemi verisinde bütün kriterler bir arada analiz edildiğinde; 1. Öncelikli Bölgeler: 528-682 puan aralığında olan bölgeler, 2.Öncelikli Bölgeler: 322-528 puan aralığında olan bölgeler şeklinde değerlendirilmiştir.



Gazili olmak ayrıcalıktır