

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ANALİTİK HİYERARŞİ
YÖNTEMİ'NE DAYALI İTFAİYE İSTASYON YER SEÇİMİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

**DOKTORA TEZİ
Turan ERDEN**

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

ARALIK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ANALİTİK HİYERARŞİ
YÖNTEMİ'NE DAYALI İTFAİYE İSTASYON YER SEÇİMİ:
İSTANBUL ÖRNEĞİ**

DOKTORA TEZİ

Turan ERDEN

(501012185)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Aralık 2009

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet Zeki COŞKUN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ergin TARI (İTÜ)
Prof. Dr. Handan TÜRKOĞLU (İTÜ)
Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU (İTÜ)
Prof. Dr. Haluk ÖZENER (BÜ)

ARALIK 2009

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca yapıcı fikir ve davranışlarıyla bana örnek olan, desteğini ve güvenini her zaman hissettiğim Danışman Hocam Doç. Dr. Mehmet Zeki COŞKUN'a sevgi, saygı ve içtenliklerimi sunarım. Özellikle biz genç araştırma görevlilerine engin ufku ve vizyonu ile her zaman örnek olan sevgili Hocam İTÜ Rektörü Prof. Dr. Muhammed ŞAHİN'e ne kadar teşekkür etsem azdır. Ayrıca üniversitede araştırma görevlisi olmamda çok büyük bir pay sahibi olmuş, beni bir baba şefkatiyle her zaman desteklemiş olan sevgili Hocam Prof. Dr. Orhan BAYKAL'a en derin sevgi ve saygılarımı sunarım. Öneri ve yönlendirmeleriyle tezimin şekillenmesinde büyük pay sahibi olan değerli Hocalarım Prof. Dr. Ergin TARI ve Prof. Dr. Handan TÜRKOĞLU'na da içtenlikle sevgi ve saygılarımı sunarım.

Her zaman dayanışma içinde olduğum eski oda arkadaşlarım ve meslektaşlarım Y. Doç. Dr. Himmet KARAMAN ve Araş.Gör. Hakan YAVAŞOĞLU'na teşekkür ve içtenliklerimi sunarım.

Tezin özellikle karar verme aşamasında bilgi, görgü ve içtenlikleriyle bana her zaman yol gösteren İTÜ İşletme Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Y. İlker TOPÇU ve Doğu Üniversitesi'nde araştırma görevlisi arkadaşım Özay ÖZAYDIN'a da teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin başlangıcından sonuna kadar sürekli yanımda olan, desteğini, güvenini, sevgisini ve özverisini benden hiçbir zaman esirgememiş Can Dostum Geomatik Yüksek Mühendisi Özkan ESER'e en derin sevgilerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan sevgili aileme ne kadar teşekkür etsem azdır. Destek ve güvenlerini boşa çıkarmadığım aileme sonsuz teşekkürler. İyi ki varsınız.

Aralık 2009

Turan Erden

Geomatik Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. AFET YÖNETİMİ, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ.....	5
2.1 Afet ve Afet Yönetiminin Dört Evresi	5
2.1.1 Zarar azaltma evresi	5
2.1.2 Hazırlıklı olma evresi.....	6
2.1.3 Müdahale evresi	6
2.1.4 İyileştirme evresi.....	6
2.2 Afet Yönetimi ve CBS	7
2.2.1 Zarar azaltma evresinde CBS'nin rolü.....	12
2.2.2 Hazırlıklı olma evresinde CBS'nin rolü.....	13
2.2.3 Müdahale evresinde CBS'nin rolü	13
2.2.4 İyileştirme evresinde CBS'nin rolü.....	14
2.2.4.1 İyileştirme evresinde kısa süreli CBS çalışmaları	14
2.2.4.2 İyileştirme evresinde uzun süreli CBS çalışmaları	15
2.3 Afet Yönetimi ve Mekansal Karar Destek Sistemleri.....	15
2.3.1 Mekansal karar destek sistemlerinin bileşenleri	15
2.3.2 Afet yönetimi ve mekansal karar destek sistemleri	16
2.3.3 Mekansal karar destek sistemi uygulamaları	20
3. KARAR PROBLEMLERİ VE KARAR DESTEK KAVRAMI.....	23
3.1 Karar Destek Sistemleri (KDS) ve Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS)	24
3.2 Çok Kriterli Karar Analizi Kavramı.....	28
3.2.1 Çok kriterli mekansal karar analizinin genel çerçevesi.....	30
3.2.2 CBS ve karar destek kavramı	31
3.2.2.1 Bilgi evresinde CBS	32
3.2.2.2 Tasarım evresinde CBS	32
3.2.2.3 Seçim evresinde CBS	33
3.2.3 Çok kriterli mekansal karar analizinin sınıflandırılması.....	34
3.2.4 Çok kriterli mekansal karar destek sistemleri	36
3.2.5 Çok kriterli mekansal karar destek sistemlerinin bileşenleri	36
3.2.5.1 Mekansal veri yönetimi ve analizi araç kutusu	38
3.2.5.2 Çok kriterli karar verme araç kutusu	38
3.2.5.3 Kullanıcı arayüzü	39

3.2.6 Çok kriterli mekansal karar destek sistemlerinin yapılandırılması	40
3.2.6.1 CBS ve çok ölçütlü karar verme sistemlerinin etkileşimi	41
Gevşek yapılı etkileşim	42
Sıkı yapılı etkileşim	43
3.2.7 Çok ölçütlü karar kuralları	43
3.2.7.1 Basit toplamli ağırlıklandırma (simple additive weighting) yöntemi	44
3.2.7.2 Ağırlıklı çarpım yöntemi	45
3.2.7.3 Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar	46
3.2.7.4 TOPSIS yöntemi	47
3.2.7.5 ELECTRE yöntemi	48
3.2.7.6 Analitik hiyerarşi yöntemi (AHY)	50
3.2.8 Çok ölçütlü karar kurallarının karşılaştırılması	50
4. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE YER SEÇİMİ ANALİZİ.....	55
4.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi	55
4.1.1 Karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılması	56
4.1.2 İkili bazda karar elemanlarının karşılaştırılması ve tutarlılık oranı (TO)'nun belirlenmesi	57
4.1.3 Önceliklerin sentezlenmesi	61
4.2 Yer Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi	61
5. UYGULAMA	69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR.....	95
EKLER.....	107

KISALTMALAR

AAV	: Anaarterlere Yakınlık
ABV	: Ahşap ve Tarihi Binalara Yakınlık
AHP	: Analitik Hierarchy Process
AHV	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
AML	: Arc Macro Language
APK	: Araştırma, Planlama ve Koordinasyon
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CEMPS	: Configurable Emergency Management and Planning Simulator
CR	: Consistency Ratio
ÇA-MKV	: Çok Amaçlı Mekansal Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇK-MKDS	: Çok Kriterli Mekansal Karar Destek Sistemleri
ÇÖ-MKV	: Çok Ölçütlü Mekansal Karar Verme
DDE	: Dynamic Data Exchange
DM	: Decision Maker
DRU	: Deprem Riskinin Yüksek Olduğu Yerlere Uzaklık
DÜYS	: Diyalog Üretim ve Yönetim Sistemleri
ESRI	: Environmental Systems Research Institute
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
FEMIS	: The Federal Emergency Management Information Systems
GIERS	: GIS-based Intelligent Emergency Response Systems
GIS	: Geographic Information Systems
GUI	: Graphical User Interfaces
HAZUS-MH	: Hazard US-Multi Hazard
Hurrevac	: Hurricane Evacuation
İİU	: İtfaiye İstasyonuna Uzaklık
KDS	: Karar Destek Sistemleri
KXSSES	: King's Cross Spatial Decision Support System for Emergency Services
MCDM	: Multi Criteria Decision Making
MKDS	: Mekansal Karar Destek Sistemleri
MTYS	: Model Tabanlı Yönetim Sistemleri
ODBC	: Open Database Connectivity
OLE	: Object Linking and Embedding
OREMS	: Oak Ridge Evacuation Modeling System
PNNL	: Pacific Northwest National Laboratory
REACT	: Real-time Emergency Action Coordination Tool
REMS	: Regional Evacuation Management System

RK	: Rastlantısal Katsayı
RODOS	: Real-time Online Decision Support
SDSS	: Spatial Decision Support Systems
TK	: Tutarlılık Katsayısı
TMD	: Tehlikeli Madde Depolarına Yakınlık
TO	: Tutarlılık Oranı
VTYS	: Veritabanı Yönetim Sistemleri
YNY	: Yüksek Nüfus Yoğunluğu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Zarar azaltma evresindeki CBS çalışmaları.	12
Çizelge 3.1 : ÇÖ-MKV problemi için ölçüt-seçenek matrisi.	34
Çizelge 3.2 : ÇA-MKV problemi için amaç-seçenek matrisi.	36
Çizelge 4.1 : AHY ikili karşılaştırma ölçeği.	58
Çizelge 4.2 : İkili karşılaştırma matrisi.	58
Çizelge 4.3 : Rastlantısal katsayı (RK) değerleri, Saaty (1980)'den türetilmiştir.	60
Çizelge 5.1 : AHY ikili karşılaştırma ölçeği.	76
Çizelge 5.2 : İlgili ölçütlerin ikili karşılaştırma (tercih) matrisi.	77
Çizelge 5.3 : Akademisyenlerce oluşturulan grup ikili karşılaştırma matrisi.	78
Çizelge 5.4 : İtfaiyecilerce oluşturulan grup ikili karşılaştırma matrisi.	78
Çizelge 5.5 : Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları.	78
Çizelge 5.6 : İtfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıkları.	79
Çizelge A.1 : YNY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	109
Çizelge A.2 : AAY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	109
Çizelge A.3 : İİU ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	109
Çizelge A.4 : TMD ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	110
Çizelge A.5 : ABY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	110
Çizelge A.6 : DRU ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).	110
Çizelge A.7 : YNY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	110
Çizelge A.8 : AAY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	111
Çizelge A.9 : İİU ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	111
Çizelge A.10 : TMD ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	111
Çizelge A.11 : ABY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	111
Çizelge A.12 : DRU ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).	112

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Afet yönetiminde CBS (Cova, 1999)	9
Şekil 2.2 : CBS tabanlı bütünleşik afet yönetimi (ESRI, 2001'den uyarlanmıştır)... 10	
Şekil 2.3 : CBS'nin bütünleşik afet yönetiminde oynadığı rol (Cova, 1999).....	11
Şekil 3.1 : Karar probleminin yapısı.....	23
Şekil 3.2 : MKDS'nin bileşenleri (Malczewski, 1999a).....	26
Şekil 3.3 : Çok kriterli karar analizinin genel çerçevesi (Malczewski, 1999a).	29
Şekil 3.4 : Karar verme sürecinin üç evresi.	31
Şekil 3.5 : ÇK-MKDS'nin genel mimarisi (Malczewski, 1999a).	37
Şekil 3.6 : MKDS'nin üç teknoloji düzeyi, (Sprague 1980).	40
Şekil 3.7 : Gevşek yapıli etkileşim (Malczewski, 1999a).	42
Şekil 3.8 : Sıkı yapıli etkileşim (Malczewski, 1999a).	43
Şekil 4.1 : AHY'nin genel yapısı.....	56
Şekil 4.2 : AHY'nin yer seçiminde kullanılmasına ilişkin çözüm süreci.....	63
Şekil 5.1 : Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterimi.....	71
Şekil 5.2 : Proje çalışma alanı.....	72
Şekil 5.3 : Sınıflandırılmış YNY verisi.	73
Şekil 5.4 : Sınıflandırılmış AAY verisi.	73
Şekil 5.5 : Sınıflandırılmış İİU verisi.	74
Şekil 5.6 : Sınıflandırılmış TMD verisi.	75
Şekil 5.7 : Sınıflandırılmış ABY verisi.	75
Şekil 5.8 : Sınıflandırılmış DRU verisi.	76
Şekil 5.9 : Akademisyenlere göre yapılan analiz ve önerilen istasyonlar	80
Şekil 5.10 : İtfaiyecilere göre yapılan analiz ve önerilen istasyonlar	80
Şekil B.1 : YNY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).....	113
Şekil B.2 : YNY ölçütünün kendi ağırlığı (%16) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	114
Şekil B.3 : YNY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	114
Şekil B.4 : YNY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	115
Şekil B.5 : YNY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	115
Şekil B.6 : YNY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	116
Şekil B.7 : YNY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	116
Şekil B.8 : AAY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	117
Şekil B.9 : AAY ölçütünün kendi ağırlığı (% 15) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	117

Şekil B.10 :	AAY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	118
Şekil B.11 :	AAY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	118
Şekil B.12 :	AAY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	119
Şekil B.13 :	AAY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	119
Şekil B.14 :	AAY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	120
Şekil B.15 :	İÜ ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	120
Şekil B.16 :	İÜ ölçütünün kendi ağırlığı (% 10) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	121
Şekil B.17 :	İÜ ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	121
Şekil B.18 :	İÜ ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	122
Şekil B.19 :	İÜ ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	122
Şekil B.20 :	İÜ ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	123
Şekil B.21 :	İÜ ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	123
Şekil B.22 :	TMD ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	124
Şekil B.23 :	TMD ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	124
Şekil B.24 :	TMD ölçütü için % 30 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	125
Şekil B.25 :	TMD ölçütünün kendi ağırlığı (% 40) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	125
Şekil B.26 :	TMD ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	126
Şekil B.27 :	TMD ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	126
Şekil B.28 :	TMD ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	127
Şekil B.29 :	ABY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	127
Şekil B.30 :	ABY ölçütünün kendi ağırlığı (% 10) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	128
Şekil B.31 :	ABY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	128
Şekil B.32 :	ABY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	129
Şekil B.33 :	ABY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	129
Şekil B.34 :	ABY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	130

Şekil B.35 : ABY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	130
Şekil B.36 : DRU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	131
Şekil B.37 : DRU ölçütünün kendi ağırlığı (% 9) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	131
Şekil B.38 : DRU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	132
Şekil B.39 : DRU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	132
Şekil B.40 : DRU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	133
Şekil B.41 : DRU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	133
Şekil B.42 : DRU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).	134
Şekil B.43 : YNY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	134
Şekil B.44 : YNY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	135
Şekil B.45 : YNY ölçütü için % 30 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	135
Şekil B.46 : YNY ölçütünün kendi ağırlığı (% 36) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	136
Şekil B.47 : YNY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	136
Şekil B.48 : YNY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	137
Şekil B.49 : YNY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	137
Şekil B.50 : YNY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	138
Şekil B.51 : AAY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	138
Şekil B.52 : AAY ölçütü için % 8 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	139
Şekil B.53 : AAY ölçütünün kendi ağırlığı (% 14) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	139
Şekil B.54 : AAY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	140
Şekil B.55 : AAY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	140
Şekil B.56 : AAY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	141
Şekil B.57 : AAY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	141
Şekil B.58 : AAY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	142
Şekil B.59 : İİU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	142

[illegible]

Şekil B.85 : DRU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	155
Şekil B.86 : DRU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	156
Şekil B.87 : DRU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	156
Şekil B.88 : DRU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	157
Şekil B.89 : DRU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).	157
Şekil B.90 : Akademisyenlerce yapılan analiz sonuçlarına göre önerilen istasyonlar.	158
Şekil B.91 : İtfaiyecilerce yapılan analiz sonuçlarına göre önerilen istasyonlar.	159

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ'NE DAYALI İTFAİYE İSTASYON YER SEÇİMİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi 1980'lerden başlayarak özellikle mekansal verilerin elde edilmesinde, yönetilmesinde ve analiz edilmesinde yeni bir bilgi işleme teknolojisi olarak belirmiştir. CBS tüm bu özelliklerinin yanında doğal kaynak yönetimi, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda bir karar destek tekniği olarak da uygulama alanı bulmuştur.

CBS'lerin karar destek sistemi olarak daha iyi hizmet verebilmeleri amacıyla iki yönelim tanımlanmıştır: birincisi Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS)'nin analitik problem çözmeye dayalı olarak yapılandırılması; ikincisi analitik problem çözme modelleri ile CBS'lerin bütünlük bir yapıda kullanılmasıdır. Birinci yönelime göre MKDS'den problem çözme stratejilerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve duyarlılığın test edilmesi amacıyla modelleme, en iyileme ve benzetim teknikleri açısından yararlanılmıştır. Bu araçlar özellikle yarı yapısal mekansal karar verme problemlerinin çözümünde etkilidirler. İkinci yönelim ise CBS yazılımlarının istatistiksel yazılımlar veya analitik modellerle bütünlüklenmesine dayanarak CBS olanaklarının iyileştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Bu perspektife göre CBS'nin haritalama, sorgulama ve mekansal modelleme fonksiyonları çevresel ve istatistiksel modeller için girdi verilerine ve bu verilerin farklı ölçeklerde gösterimi ve analizine olanak sağlamıştır.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)'nin genel amacı çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olanaklı birçok seçenek arasından "en iyi" seçeneğin seçilmesinde karar vericiye yardım sağlamaktır. Karar vermenin bu çok kriterli problemi bireylerin veya kurum/kuruluşların karşılabilecekleri büyük bir sorun olarak belirlemektedir. Bu problem iki temel sorunun cevaplanmasına bağlı olarak şekillenmektedir:

- Karar verme sürecine katılan karar vericilerin amaçlarını sağlayan seçenekler nasıl tanımlanabilir?
- En çok tercih edilen seçeneği tanımlamak amacıyla uygun seçenekler grubu nasıl sıralanabilir?

Çok kriterli seçme problemi kaynakların etkin kullanımı ve yer seçimi analizini de içeren birçok mekansal karar verme problemiyle ilişkilendirilebilmektedir. CBS olanakları kullanılarak analiz edilen bu problemler, tesislerin, mağazaların, belirgin kaynak yönetimi için kritik alanların ve afet yönetiminde anahtar öneme sahip olan acil durum servislerinin en uygun yerlerinin seçimini de içermektedir.

Bu çalışmada itfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesi aşamasında gözönüne alınabilecek ölçütler saptanmış, Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kavramından yararlanılarak her bir ölçüt için ağırlıklar belirlenmiş ve belirlenen ölçüt ağırlıklarına dayanarak CBS ortamında en uygun yer analizi yapılmıştır. Ayrıca

oluşturulan modelin duyarlılığını ve gürbüzlüğünü test etmek amacıyla yine CBS ortamında ölçüt ağırlıklarının göreceli kombinasyonlarını baz alarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmalar ile karar vericilere - özellikle itfaiye istasyonları gibi acil durum servislerinin en uygun yerlerinin belirlenmesinde- verecekleri kararlarda destek sağlayacak bir sistem üzerine odaklanılmıştır. Çalışmada izlenen adımlar şu şekilde özetlenmektedir:

- Çözülecek problemin/amacın belirlenmesi (bu çalışmaya özel olarak itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi eylemi).
- İtfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesinde etkili olabilecek olası ölçütlerin belirlenmesi.
- Verilerin elde edilmesi, hazırlanması ve düzenlenerek CBS ortamına aktarılması.
- Parça parça olan veri gruplarının bir çalışma bölgesi oluşturacak şekilde düzenlenmesi ve herbir ölçüte (tabaka) karşılık gelen verilerin raster veri formatında betimlenmesi.
- Raster veri gruplarının sınıflandırılması.
- Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)'nin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak tercih matrislerinin oluşturulması.
- İki karar verici grubun görüşlerine dayanarak oluşturulan tercih matrisinden yararlanarak özdeğer ve özvektör değerlerinin hesaplanması.
- AHY'nin sonuçların sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili herbir ölçüt için önem/ağırlık değerlerinin belirlenmesi.
- Ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin CBS ortamında elde edilmesi.
- Oluşturulan modelin duyarlılığını test etmek amacıyla herbir ölçüt için CBS ortamında duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesi.
- Yeni itfaiye istasyon yerlerinin belirlenmesinde karar vericilere destek sağlayan bir sistemin önerilmesi.

CBS ile AHY'nin bütünleştirilmesi özellikle itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesinde karar verme yöntemleri ile CBS'nin görselleştirme ve analiz fonksiyonlarını birleştirmekte ve bu süreç afet yönetiminde karar verme eylemini iyileştirmektedir. Özellikle afet yönetimi, CBS, karar verme ve duyarlılık analizi literatürü tarandığında görülmektedir ki yapılan bu çalışma özellikle ülkemiz açısından büyük bir boşluğu dolduracaktır. Bu bağlamda, afetler daha bütünlüklü bir şekilde yönetilebilecek, model içindeki kritik ölçütler daha sağlıklı bir biçimde belirlenebilecek, CBS'nin analiz ve görselleştirme özelliklerinden yararlanılarak afet yönetiminde karar verme süreci daha da iyileştirilebilecek, kaynakların uygun kullanımı başarılabilecek ve can/mal kaybı mümkün olduğunca azaltılabilecektir.

FIRE BRIGADE SITE SELECTION BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS: CASE STUDY OF ISTANBUL

SUMMARY

In the early 1980s Geographical Information Systems (GIS) software emerged as a new information processing technology offering unique capabilities of automating, managing, and analysing a variety of spatial data. Many applications of GIS developed over the last decade provided information necessary for the decision-making in diverse areas including natural resource management, regional planning, and disaster management.

Two perspectives on developing better decision support capabilities of GIS can be identified, one based on analytical problem solving as a centrepiece of Spatial Decision Support Systems (SDSS) and another based on integration of GIS and specialized analytical models. According to first perspective, SDSS should offer modelling, optimization, and simulation functions required to generate, evaluate, recommend, and test the sensitivity or problem solution strategies. These capabilities are essential to solving semi-structured spatial decision-making problems. The second perspective on improving the decision support capabilities focuses on the expansion of GIS descriptive, prescriptive, and predictive capabilities by integrating GIS software with other statistical software and analytical models. According to this view, mapping, query, and spatial modelling functions of GIS can provide data display at different scales, preprocessing, and data input for environmental and statistical models.

The general objective of Multi-criteria Decision Making (MCDM) is to assist the decision-maker (DM) in selecting the “best” alternative from the number of feasible choice-alternatives under the presence of multiple choice criteria and diverse criterion priorities. The problem of multicriterion choice in decision making is the paramount challenge faced by individuals, public and private corporations. The nature of the challenge is two-fold :

- How to identify choice alternatives satisfying the objectives of parties involved in the decision-making process?
- How to order the set of feasible choice alternatives to identify the most preferred alternative?

The challenge of multicriterion choice can be attributed to many spatial decision-making problems involving search and location/allocation of resources. These problems, often analysed in GIS, include location/site selection for: service facilities, retail outlets, critical areas for specific resource management, and emergency service locations where are key locations for effective emergency management.

In this study, the criteria and its priorities/weights that should be considered for finding optimal locations of fire stations are determined; and multi-criteria site analysis is conducted based on mentioned criteria weights in GIS environment.

Moreover, in order to test the sensitivity and robustness of the model developed, a sensitivity analysis is performed based on the combination of the criterion weights by using GIS capabilities. With these analyses performed, it is focused on the creating the model that supports decision makers in decision-making for finding the optimal locations of fire stations. In this study, these steps are followed:

- Definition of the problem/objective (determining the optimal locations of fire stations).
- Determining the potential criteria in finding the optimal locations of fire stations.
- Data collection and preparation and transfer to GIS environment.
- Creation of raster data sets representing the regionalised criteria.
- Classification of raster data sets.
- Establishment of preference matrix, assigning preference values to the relevant criteria by using the pairwise comparison feature of Analytic Hierarchy Process (AHP).
- Determination of criteria weights by calculating eigenvalues and eigenvectors of the preference matrix which evaluated by two decision maker group.
- Determining the criteria priorities/weights values by using the synthesis of priorities and calculating the overall composite weights.
- Calculating the result raster (suitability map for potential fire stations) as a weighted summation of all criteria raster data sets.
- Conducting the sensitivity analyses in GIS environment in order to test the sensitiveness and robustness of the model developed.
- Offering a system that supports decision makers in determining the optimal locations of fire stations.

The integration of the AHP and a GIS combines decision support methodology with powerful visualisation and analysing capabilities which should considerably facilitate finding optimal locations of fire stations and this process improves the decision making in disaster management. Especially, when scanning the disaster management, GIS, decision making and sensitivity analysis literature, this study is going to fill the blanks in the disaster management activities in Turkey. In this context, disasters can be managed in a comprehensive manner, the critical criteria in the model can be determined, the decision making process can be improved by benefiting from the GIS visualization and analysis capabilities, the effective use of resources can be more achieved, and human and property loses can be lessened.

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi 1980'lerden başlayarak özellikle mekansal verilerin elde edilmesinde, yönetilmesinde ve analiz edilmesinde yeni bir bilgi işleme teknolojisi olarak belirmiştir. CBS tüm bu özelliklerinin yanında doğal kaynak yönetimi, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda bir karar destek tekniği olarak da uygulama alanı bulmuştur. Cowen (1988) karar destek fonksiyonlarından dolayı CBS'yi bir karar destek aracı olarak tanımlamıştır. Bazı araştırmacılar ise mevcut CBS'lerin bir karar destek sistemi olarak bazı yerlerde eksik kaldığını belirtmişlerdir (Densham ve Rushton, 1988; Densham ve Goodchild, 1989).

CBS'lerin karar destek sistemi olarak daha iyi hizmet verebilmeleri amacıyla iki yönelim tanımlanmıştır: birincisi Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS)'nin analitik problem çözmeye dayalı olarak yapılandırılması; ikincisi analitik problem çözme modelleri ile CBS'lerin bütünleşik bir yapıda kullanılmasıdır. Birinci yönelime göre MKDS'den problem çözme stratejilerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve duyarlılığın test edilmesi amacıyla modelleme, en iyileme ve benzetim teknikleri açısından yararlanılmıştır. Bu araçlar özellikle yarı yapısal mekansal karar verme problemlerinin çözümünde etkilidirler. İkinci yönelim ise CBS yazılımlarının istatistiksel yazılımlar veya analitik modellerle bütünleştirilmesine dayanarak CBS olanaklarının genişletilmesi üzerine odaklanmıştır. Bu perspektife göre CBS'nin haritalama, sorgulama ve mekansal modelleme fonksiyonları çevresel ve istatistiksel modeller için girdi verilerine ve bu verilerin farklı ölçeklerde gösterimi ve analizine olanak sağlamıştır (Jankowski, 1995).

CBS'lerin bir karar destek sistemi olarak işlev yüklenmelerine olanak sağlayan bu iki yönelim mekansal karar verme eylemi için daha iyi süreçler sağlamakla yükümlüdür. Bu çerçevede Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri mekansal karar destek araçları olarak yüksek potansiyele sahiptirler. Literatürde CBS ile çok kriterli değerlendirme tekniklerinin bütünleştirilmesine katkı veren birçok uygulama mevcuttur (Carver, 1991; Eastman ve diğ. 1993; Jankowski, 1995).

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)'nin genel amacı çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olanaklı birçok seçenek arasından “en iyi” seçeneğin seçilmesinde karar vericiye yardım sağlamaktır. Karar vermenin bu çok kriterli problemi bireylerin veya kurum/kuruluşların karşılabilecekleri büyük bir sorun olarak belirlemektedir. Bu problem iki temel sorunun cevaplanmasına bağlı olarak şekillenmektedir:

- 1) Karar verme sürecine katılan karar vericilerin amaçlarını sağlayan seçenekler nasıl tanımlanabilir?
- 2) En çok tercih edilen seçeneği tanımlamak amacıyla uygun seçenekler grubu nasıl sıralanabilir?

Çok kriterli seçme problemi kaynakların etkin kullanımı ve yer seçimi analizini de içeren birçok mekansal karar verme problemiyle ilişkilendirilebilmektedir. CBS olanakları kullanılarak analiz edilen bu problemler, tesislerin, mağazaların, belirgin kaynak yönetimi için kritik alanların ve afet yönetiminde anahtar öneme sahip olan acil durum servislerinin en uygun yerlerinin seçimini de içermektedir.

Bir yer seçimi kararı doğası gereği çok ölçütlüdür. Yer seçimi bir kuruluşun eylemlerini daha iyi ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için gereksindiği bir yerleşim yerinin mekansal olarak tanımlanmasıdır. Yer seçimi kararları kurum/kuruluşların yeni yerleşimlere olan ihtiyaçlarında, varolan yerleşim yerlerini değiştirmek istemelerinde ya da hitap ettikleri alanı genişletmek amacı gütmeleri durumunda başvuracakları kararları içermektedir. Yer seçimi kararı yerleşim yeri seçeneklerinin tanımlanmasını, analizini, değerlendirilmesini ve seçimini içerecek şekilde verilmektedir (Yang ve Lee, 1997).

Bir yer seçimi kararı maliyetli ve geri dönüşü oldukça zor olan önemli kararlardan biridir. Verilecek karar etraflıca düşünülmeli, olası tüm kriterler açıkça ve kapsamlı bir şekilde ortaya konmalıdır. Örneğin etraflıca düşünülmeyen verilecek bir karar

aşırı derecede artacak ulaşım maliyetlerine ve uygun olmayan yerleşimlere neden olabilecektir. Eğer verilecek karar bir acil durum servisi için yeni yerleşim kararı ise servisin hakimiyet alanına gerekli hizmeti verememesiyle ve olası can ve mal kayıplarıyla sonuçlanabilecektir.

Bir yer seçimi kararı aşağıdaki adımları içerecek şekilde yapılandırılmaktadır (Ertugrul ve Karakaşoğlu, 2008):

- 1) Yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi,
- 2) Önemli ve etkin kriterlerin tanımlanması,
- 3) Yer seçimi alternatiflerinin geliştirilmesi,
- 4) Alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçimi kararının verilmesi.

Yer seçimi sürecinde karar verme modellerinin uygulanmasında CBS'nin rolü uygun seçeneklerin araştırmasıyla belirgin hale gelmektedir. Ayrıca CBS, karar vericiye ilgili kriterlere öncelik ağırlıklarının atanmasında da yardımcı olurken uygun seçeneklerin değerlendirilmesinde ve sonuç seçenek(ler)in görselleştirilmesinde de fayda sağlamaktadır. Yer seçimi analizi ayrıca minimum eşik değerleri sağlayan seçeneklerin seçimi ile de sonuçlanmaktadır. Uygun olmayan seçeneklerin elimine edilmesi ve uygun olan seçenekler içerisinde en uygun seçeneğin seçilmesi çok ölçütlü karar verme tekniklerinin de kullanımı gerektirmektedir. Bu amaçla, CBS'nin karar destek sistemi olanaklarının geliştirilmesi CBS'nin çok ölçütlü karar verme teknikleriyle bütünleştirilmesi sonucunda başarılmaktadır.

Bu tez çalışmasında çok ölçütlü mekansal karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)'nin acil durum servisleri için gereksinim duyulabilecek yeni yerlerin belirlenmesi amacıyla saptanan ölçütlerin ağırlandırılmasında ve CBS ile bütünleştirilmesinde etkin kullanımı amaçlanmıştır. Tezin bu aşamadan sonraki bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölümde Afet Yönetimi, CBS ve Mekansal Karar Destek Sistemleri; 3. Bölümde Karar Problemleri ve Karar Destek Kavramı; 4. Bölümde Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Yer Seçimi Analizi kavramı; 5. Bölümde Uygulama ve 6. Bölümde Sonuçlar ile Öneriler.

2. AFET YÖNETİMİ, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

2.1 Afet ve Afet Yönetiminin Dört Evresi

Afet, itfaiye ya da polis gibi tek bir birimin başa çıkamayacağı, büyük insan kaybına ve ekonomik kayba neden olan ve bütünsel müdahale gerektiren tehlikeli olaylar olarak tanımlanmaktadır. Afetler ülkenin herhangi bir yerinde oluşup büyük hasara neden olan ve afet yardımı gerektiren facialar (deprem, sel, toprak kayması, volkanik patlama vb.) ile sebebi ne olursa olsun bağımsız olarak meydana gelen herhangi bir yangın, sel veya patlamaları da içermektedir (Haddow ve Bullock, 2006; Waugh, 2000; Cutter, 2001; Cutter, 2003; FEMA, 2006).

Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden analiz, planlama, karar verme ve değerlendirme süreçlerini kapsamaktadır (ITU AYM, 2001).

Afet yönetimi, zarar azaltma (mitigation), hazırlıklı olma (preparedness), müdahale (response) ve iyileştirme (recovery) olmak üzere dört evreden oluşur.

2.1.1 Zarar azaltma evresi

Zarar azaltma, çeşitli tehlikeler ve bunların etkileri sonucu oluşacak can/mal kaybından kaynaklanacak zararları uzun dönemde azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan ve sürekliliği olan çalışmalardır. Bu aşama zarar azaltmayı içerdiğinden afet planı yürürlüğe girmeden önce veya sonra oluşturulabilir. Büyük tehlike içeren alanlarda bölgeleme çalışmaları, yapı ve imar yönetmelikleri, yerleşime uygun alanların belirlenmesi ve geçici barınma birimlerinin konumlandırılması gibi çalışmalar zarar azaltma evresi içinde yürütülen çalışmalardır. Zarar azaltma evresi çalışmalarının genel amacı halkı basit önlemler konusunda eğitmek ve böylece kayıpları en aza indirmektir. Zarar azaltma önlemleri uzun dönemde afet kayıplarını azaltmak için çok önemlidir.

2.1.2 Hazırlıklı olma evresi

Afetler ani bir şekilde oluştuklarında afetin etkilerine anında ve etkili bir çözüm bulmak oldukça zor olabilmektedir. Belli bir afete etkin bir müdahale ancak daha önceden belirlenmiş belli bazı önlemlerle sağlanabilmektedir. Afet meydana gelmeden önce yapılandırılan ve afetlere karşı koruyucu planlama ve hazırlık eylemlerini içeren bu evre hazırlıklı olma olarak adlandırılmaktadır.

Hazırlıklı olma, afet durumunda yetki ve sorumlulukların belirlenmesi ile destek kaynaklarının düzenlenmesini içermektedir. Belirlenen görevlerin yerine getirilmesi için gerekli olan personel, donanım ve diğer kaynakların tanımı bu evrede etraflıca ve eksiksiz bir biçimde yapılmaktadır. Ayrıca hazırlıklı olma önlemleri sürekli güncellenecek biçimde oluşturulmalı ve afet planları bu güncellemeler ile olası yeni gereksinimlere göre belirlenmelidir.

2.1.3 Müdahale evresi

Bir afet sonrası can ve mal kurtarma çabaları yanında afet bölgesi içindeki olağanüstü durumun normale dönmesi için de çalışmalara başlanması gerekmektedir.

Müdahale, afetin oluşma anında başlamakta ve yaşam kurtarma, zarar azaltma ve iyileştirme evresinin etkinleştirilmesini sağlamak üzerine yoğunlaşmaktadır. Örneğin tahliye, arama-kurtarma, yangınla mücadele ve çevre koruma müdahale evresinde yapılacak çalışmalar kapsamındadır. Afet personelinin belirlenmesi, halkın uyarılması, tahliye ve barınma olanaklarının sağlanması, halkın sürekli bilgilendirilmesi, tıbbi yardım sağlanması, hasar tespiti, zarar azaltma için gözönüne alınacakların belirlenmesi ve afet bölgesinin dışından talep edilecek yardımlar da müdahale evresi kapsamındaki eylemlerdir.

2.1.4 İyileştirme evresi

İyileştirme evresinde yürütölen çalışmalar genel olarak altyapı ile halkın ekonomik ve sosyal hayatını normale döndürmek için yürütölen çalışmaları kapsamaktadır. Kısa dönemde temel insani gereksinimler (yiyecek, giyecek, barınak vb.) ve sosyal ihtiyaçlar (yasal, psikolojik vb.) karşılanırken gerekli altyapı sistemlerinin (enerji, iletişim, su, kanalizasyon ve ulaşım) kurulması bu evrede başarılmaktadır. İyileştirme, denge sağlandıktan sonra uzun süreli zarar azaltma ihtiyaçları da

gözönüne alınarak, ekonomik hareketliliğin oluşturulması, kamu yapılarının ve konutların yeniden yapımı gibi uzun süreli çalışmaları da içermektedir.

2.2 Afet Yönetimi ve CBS

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden afet yönetiminde etkili ve güçlü bir analiz aracı olarak yararlanılmaktadır. CBS teknolojisi, veri kazanımı, depolanması, işlenmesi, analizi ve sunumu aşamalarında kullanıcı ve karar vericiye mekansal bilgi üretiminde destek sağlamaktadır. Afet yöneticileri, afet yönetiminde doğru kararları verebilmek için doğru bilgiye doğru formatta ulaşmak istemektedirler. Bu aşamada, hangi tür afetin nerede olduğu, olası afetler için öngörülerin ne olabileceğini ve olası bir afete etkin bir müdahalede mevcut kaynakların varlığı çok büyük önem kazanmaktadır. Afet yöneticileri olası afetleri öngörmek, gelişmeleri değerlendirmek, müdahale ve iyileştirme evrelerinde sürdürülen çalışmaları etkin bir biçimde yönlendirmeyi amaçlamaktadırlar. Bu aşamaların bütününde CBS'den yararlanılmaktadır. Afet yönetimine CBS'nin katkısı aşağıdaki konu başlıklarıyla özetlenebilir:

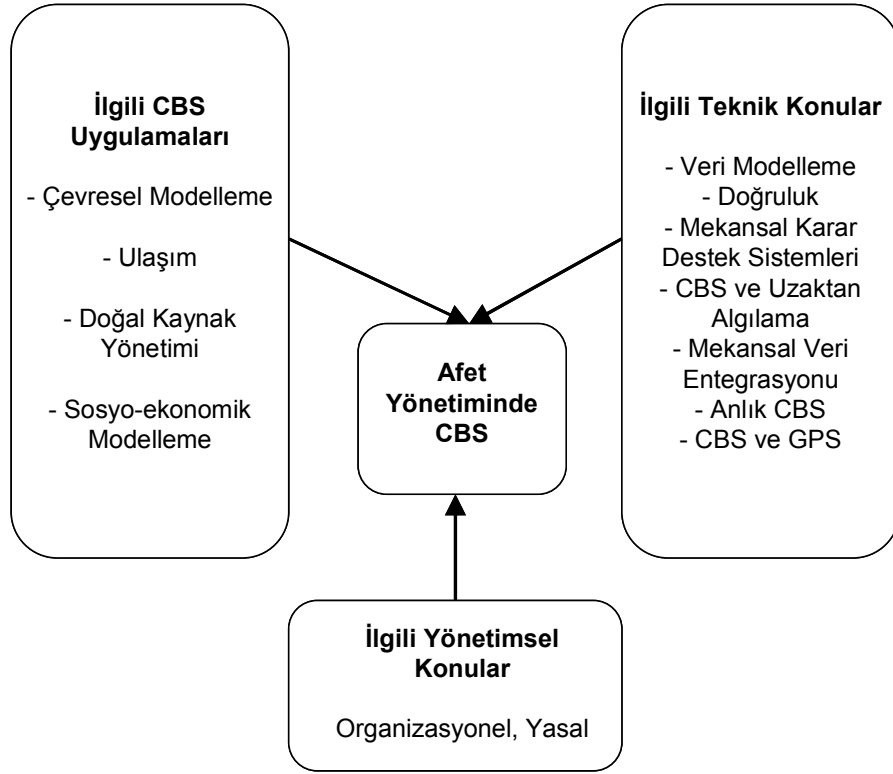
- Afet Tahmini (Disaster Forecast): Olası bir afetin sınırlarının belirlenmesi ve potansiyel bir afete maruz kalabilecek kritik tesislerin saptanması önem kazanır.
- Etkilebilirlik Analizi (Vulnerability Analysis): Özellikle zarar azaltma çalışmalarında önem arzeden kritik tesisler (hastaneler, geçici iskan yerleri, polis ve itfaiye merkezleri, travma merkezleri, barajlar) hakkındaki bilgilerin edinilmesi önem kazanır.
- Hasar analizi (Damage Assessment): Afet anında afetin gerçek etkisinin raporlanması ve analizi önem kazanır.
- Tehlikeli Madde analizi (Hazardous materials): Tehlikeli maddelerin çeşit ve miktarları ile tehlikeli madde depolarının yerlerinin belirlenmesi ve çevreyi tehdit edici olası durumların saptanması önem kazanır.
- Personel bilgisi (Personnel resources): Afet personeli hakkındaki tüm bilgiler önem kazanır (ikamet adresleri, iletişim adresleri, vardiya durumları gibi.).
- Kaynak envanteri (Resources Inventory): Karşılıklı yardım anlaşmalarının varlığı yanında ekipman ve araç-gereç bilgisinin varlığı önem kazanır.

- Altyapı bilgisi (Infrastructure): Elektrik, gaz, su ve atıksu hatlarının yanında ulaşım ağının durumu (otoyollar, demiryolları, köprüler, trafik kontrol noktaları, tahliye koridorları) önem kazanır.
- Geçici iskan yerlerinin durumu (Mass care/shelter status): afet anında kitle hareketlerinin tespiti ve afetzedeler için geçici iskan yerlerinin uygunluğunun ve kapasitesinin analizi önem kazanır.

CBS teknolojisi bu tip ihtiyaçlara cevap verdikçe afet yöneticileri de olası afetlerin büyüklüğünü belirlemekte, afetleri etkin bir biçimde yönetmede deneyimlerini zenginleştirmekte ve olası afetlerde oluşabilecek zararları en aza indirebilmektedirler (Gunes ve Kovel, 2000).

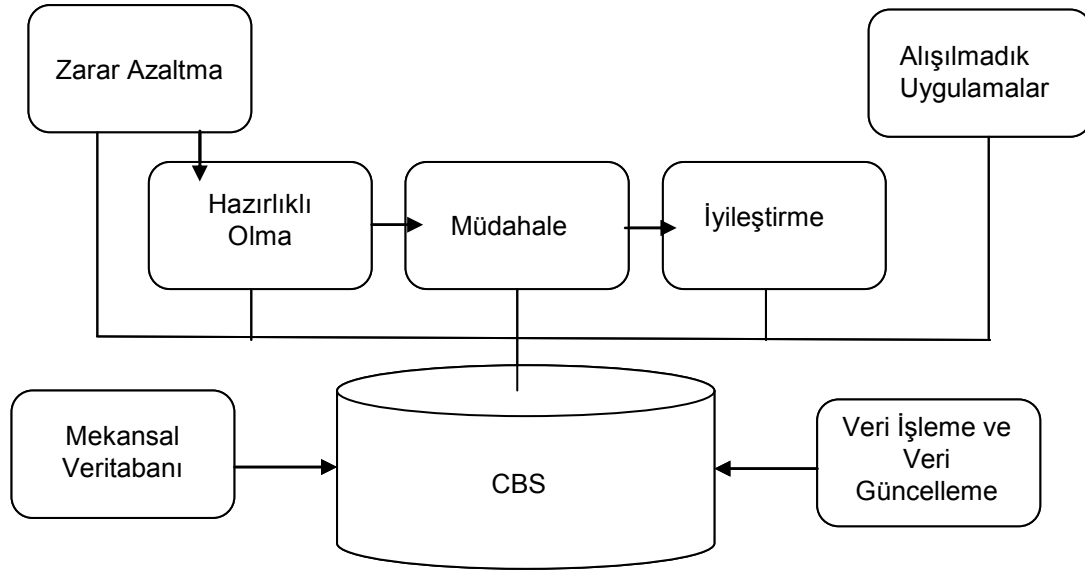
Olası bir afet doğası gereği mekansaldır (NRC, 2003). Örneğin, afet öncesinde olası bir afetin potansiyel etkisini analiz eden bir analist, afet esnasında en uygun tahliye koridorlarını saptamaya çalışan bir afet yöneticisi veya afet sonrası planlama faaliyetlerinde bulunan bir bölge plancısı afetlerin doğası gereği bu mekansal bileşenle yüzyüze gelmek durumundadır. CBS, mekansal sorgulama ve analizler ile mekansal kararlara destek sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Afet yönetiminde CBS'nin değeri mekansal karar verme işlemine destek veren teknolojik altyapı ile kritik mekansal kararlara duyulan gereksinimi bütünleştirmesindedir. Bu amaçla son yıllarda afet yönetimi ve CBS, araştırmacıların ilgisini çeker hale gelmiştir (Cova, 1999). Araştırmacıların afet yönetiminde CBS'ye olan ilgisinin artmasına karşın bu araştırma alanı geliştirilmeye ve yeni uygulamalara çok elverişli bir alan olarak belirmektedir.

Afet Yönetiminde CBS, çevresel modelleme, ulaşım, doğal kaynak yönetimi ve sosyo-ekonomik modelleme gibi CBS uygulamalarına olanak sağlamaktadır. Ayrıca veri modelleme, doğruluk, mekansal karar destek sistemleri, uzaktan algılama, mekansal veri entegrasyonu ve GPS bütünleştirmesi gibi teknik konular da afet yönetiminde CBS uygulamalarında söz sahibi olmaktadır (Şekil 2.1).



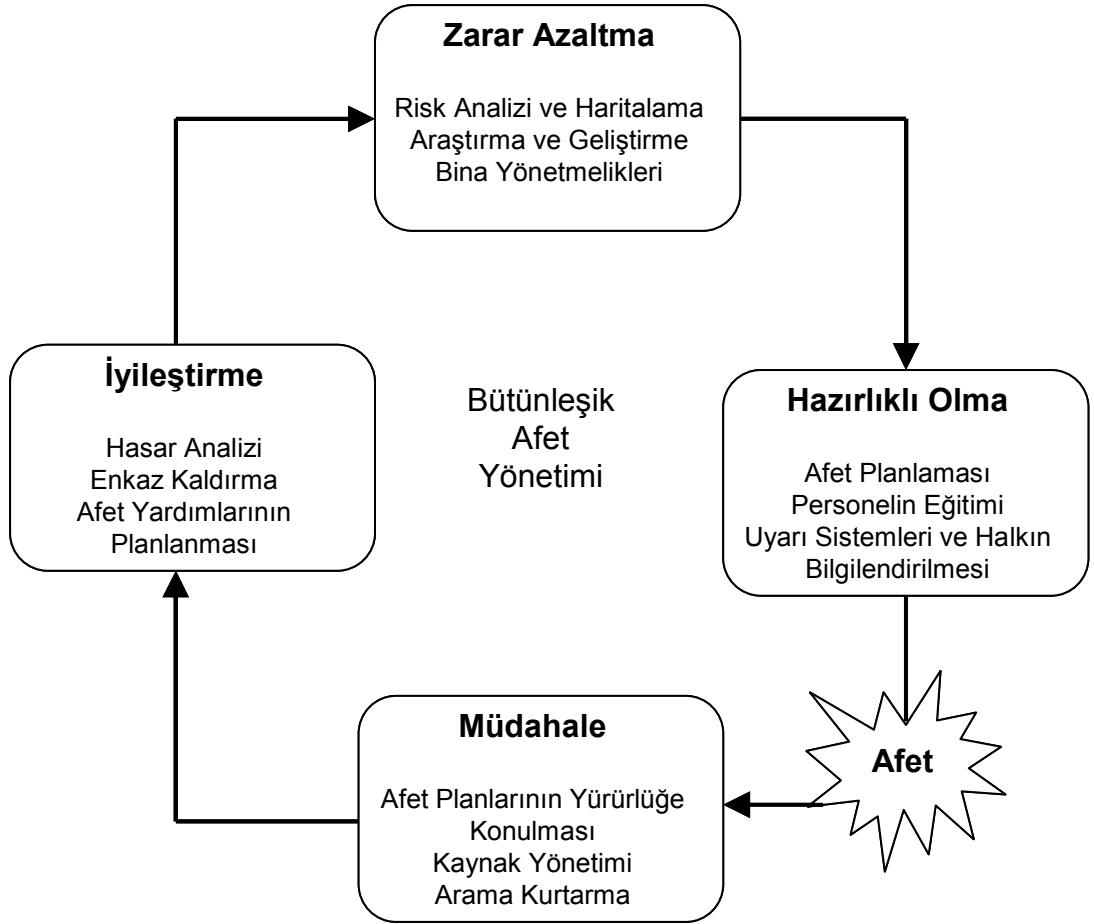
Şekil 2.1 : Afet yönetiminde CBS (Cova, 1999).

Afet yönetiminde CBS'nin rolü, varolan ve olası araştırmalara altlık sağlayacak bir kavramsal çerçeveyi oluşturmak açısından önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, 1970'lerde US National Governor's Association tarafından geliştirilen Bütünleşik Afet Yönetimi (All-Hazards Comprehensive Emergency Management) afet literatüründe geniş uygulama alanı bulmuştur (Drabek ve Hoetmer, 1991; Waugh, 2000; FEMA, 2006; FEMA, 2004a; FEMA, 2004b; Haddow ve Bullock, 2006; Green, 2002). CBS tabanlı bütünleşik afet yönetimi, CBS teknolojisi ile afet çevriminin dört evresini bütünleştirmektedir. CBS, afet çevriminin tüm evrelerinde afet planlama ve analizini desteklemekte ve afet yönetimini iyileştirmektedir (Şekil 2.2; ESRI, 1999; ESRI, 2001). CBS'nin mekansal veritabanı olanakları, veri işleme ve güncellemesi ile bütünleştirilmekte ve afetlerin verimli bir şekilde yönetiminin başarılması sağlanmaktadır.



Şekil 2.2 : CBS tabanlı bütünleşik afet yönetimi (ESRI, 2001’den uyarlanmıştır).

Bütünleşik Afet Yönetimi zamansal boyutundan dolayı afet çevriminin dört evresinde (zarar azaltma, hazırlıklı olma, müdahale ve iyileştirme) afetlerin etkin bir biçimde yönetilmesine olanak sağlar. Bu bağlamda zarar azaltma ve hazırlık afet öncesi çalışmalar kapsamına girerken, müdahale ve iyileştirme afet esnası ve sonrası çalışmalar kapsamında değerlendirilir. Daha önce de belirtildiği gibi CBS afet yönetiminin tüm evrelerinde afet yönetimine ilgili alanlarda destek sağlamaktadır. CBS teknolojisinden yararlanarak oluşturulan afet planlaması, personelin eğitimi ve erken uyarı sistemleri ile halkın bilgilendirilmesi bütünleşik afet yönetiminde hazırlıklı olma evresinde yer alırken; afet planlarının yürürlüğe konulması, kaynak yönetimi ile arama-kurtarma çalışmaları müdahale evresinde başarılmaktadır. Hasar analizi, enkaz kaldırma çalışmaları ve afet yardımlarının planlanması iyileştirme evresinin kapsamında olmaktadır. Risk analizi ve haritalama, araştırma-geliştirme ile bina yönetmeliklerinin oluşturulması zarar azaltma evresinde yürütülen çalışmalar arasındadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : CBS'nin bütünleşik afet yönetiminde oynadığı rol (Cova, 1999).

Cova (1999)'da -CBS'nin afet yönetiminde kullanımı açısından- afet yönetiminin dört evresinin -hazırlık ve müdahale tek bir evre olacak biçimde- üç evrede incelendiği görülür. Hazırlık evresinde yapılan çalışma ve analizler müdahale evresinde kullanıldığından böyle bir bütünleştirme gereği duyulmuştur. Diğer bir deyişle, afet yöneticilerinin gerçek bir afete müdahale etmesine yardımcı olmak üzere planlanan ve bu amaca göre tasarlanan sistemler sıklıkla afet personelinin eğitiminde, afet hazırlık planlarının geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde kullanılır. CBS literatüründe hazırlıklı olma ve müdahale evreleri bütünleşik bir biçimde yer almalarına rağmen bu çalışmada ayrı ayrı ele alınacaktır. Oysa ki zarar azaltma ve iyileştirme aşamalarında durum farklıdır. Zarar azaltma evresinde CBS'den risk analizi ve risk haritalaması gibi konularda yarar sağlanırken, iyileştirme evresinde CBS'den daha çok hasar analizi işleminde yararlanılır (Cova, 1999).

2.2.1 Zarar azaltma evresinde CBS'nin rolü

Afet çevriminde zarar azaltma evresi olası bir afetin öncesindeki çalışmaları kapsar. CBS'den özellikle bu evrede analitik modelleme konusunda yararlanır. Olası bir afet kapsamında uzun dönemli değerlendirme, planlama, tahmin ve yönetim aşamalarında CBS etkin bir rol oynar. Örneğin bu evrede CBS aşağıdaki mekansal sorulara cevap bulmak amacıyla kullanılır (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1 : Zarar azaltma evresindeki CBS çalışmaları.

Mekansal bileşen	Uygulama alanı	CBS örneği
Olası bir doğal afette mekansal değişimler nelerdir?	Doğal afet değerlendirme ve haritalama.	Çığ, orman yangını, toprak kayması, kasırga, deprem, volkan patlaması, sel.
Çevresel etkilenebilirliğe etki edebilecek mekansal değişimler nelerdir?	Etkilenebilirlik analizi ve haritalaması.	Tehlikeli madde analizi, deprem müdahalesi, kirlilik analizi, tahliye koridorları analizi.
Riski etkileyebilecek mekansal değişimler nelerdir?	Risk analizi ve haritalaması	Tehlikeli madde yönetimi, sismik risk analizi.
Olası bir afetin etkisinin azaltılması için hangi mekansal strateji izlenmelidir?	Afet zarar azaltma	Yangın, sel
Olası bir afette kayıpların en aza indirilmesi için hangi mekansal strateji izlenmelidir?	Zarar azaltma ve etkilebilirlik analizi	Deprem, kasırga, sel,

Çizelge 2.1'den de görüldüğü gibi bu evrede mekansal değişim açısından afetin özellikle etkilenebilirlik ve risk boyutuyla ilgilenilmektedir.

2.2.2 Hazırlıklı olma evresinde CBS'nin rolü

Hazırlıklı olma evresinde CBS, özellikle afet planlarının oluşturulmasında ve olası bir afet anında bu planların gerçekleştirilmesine destek sağlamak amacıyla kullanılır. Bu evrede CBS'nin en temel kullanım alanı mekansal bilgilerin bütünleştirilmesine olanak sağlamasıdır. Bu evredeki CBS çalışmaları özellikle afet personelinin gereksinim duyabileceği bilgileri sağlamak amacıyla Bütünleşik Afet Yönetimi'nin tasarlanması üzerine odaklanmıştır. CBS, farklı kaynaklarda bulunan, farklı ölçeğe ve doğruluğa sahip bilgileri birbiriyle ilişkilendirme ve bütünleştirme özelliğine sahip olduğundan bu sistemler, özellikle hazırlıklı olma evresinde, afet eğitimi ve simülasyonunda kullanılabilir. CBS'nin hazırlıklı olma evresinde yarar sağlayabileceği bir diğer alan da tahliye planlamasıdır. Dunn ve Newton (1992) alternatif tahliye güzergahlarının belirlenmesinde CBS'yi kullanmıştır. de Silva ve diğ. (1993) ile de Silva ve Eglese (2000) tahliye planlarının oluşturulmasına yardımcı olmak üzere bir tahliye simülasyon modeli geliştirmişler ve CBS ile entegrasyonunu sağlamışlardır. Cova ve Church (1997) de çalışmalarında olası tahliye zorluklarına işaret eden CBS-bazlı bir yöntem tanımlamışlardır.

2.2.3 Müdahale evresinde CBS'nin rolü

Müdahale evresinde CBS, özellikle hazırlıklı olma evresinde oluşturulmuş olan afet planlarının olası bir afet anında gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Afet yöneticileri bu evrede anlık ve kritik bilgilere gereksinim duymaktadırlar. Özellikle mekansal sorgulamalar için üretilecek anlık ve doğru cevaplara olan gereksinim bu alanda CBS'yi önemli bir araç olarak öne çıkarmaktadır. Bu evrede CBS'nin en temel kullanım alanı mekansal bilgilerin bütünleştirilmesine ve yayılmasına olanak sağlamasıdır. Bu evrede afet yöneticileri için en temel gereksinim, afetin oluş yerinin, kayıpları en aza indirmek ve iyileştirme çabalarını doğru ve etkin bir biçimde yönlendirmek için doğruluklu bir biçimde saptanmasıdır.

Müdahale evresinde gereksinim duyulan temel altlık sayısal harita (automated mapping) üretimidir. Dymon (1990) bu evrede yararlanılan haritaların değerini şu şekilde belirtmektedir:

- Afet personelinin çalışmalarının koordine edilmesine yardımcı olma,
- Halkı rehber olarak bilgilendirmeyi sağlama,

- Afet öncesi, esnası ve sonrasında bilgi akışına yardımcı olma,
- Bir bölgede büyük hacimli bilgiye gerek duyulmadan sadece gereksinim duyulabilecek ek veri ve bilgileri saptamaya ve yönlendirmeye yardımcı olma,
- Afet bölgesinin fiziksel kısıtlamalarını saptayarak ve görselleştirerek afet müdahalesinin etkin bir şekilde yapılmasına yardımcı olma,
- Bir eğitim ve halkla ilişkiler yardımcı aracı olarak hizmet etme

Bu evrede CBS'den afet anında gerçek zamanlı müdahale amacıyla da yararlanılmaktadır. Özellikle anlık CBS (real-time GIS) uygulamaları, uzaktan algılama, platformdan bağımsız ve kaynak kodları açık CBS uygulamaları ve internet, afet yönetimi çalışmalarını büyük oranda etkilemiş ve etkilemektedir (Cova, 1999). Özellikle deprem, sel, kasırga gibi doğal afetlerde etkin iletişim çok önemli olduğundan, CBS, bu evrede anlık izleme ve uyarı amacıyla da kullanım alanı bulmaktadır.

2.2.4 İyileştirme evresinde CBS'nin rolü

İyileştirme çalışmaları afet oluş anının hemen ertesinde başlar ve yaşamsal hatlar normale dönünceye kadar devam eder. CBS bu evrede, temel olarak, iyileştirme çalışmalarının koordine edilmesine destek sağlamak amacıyla kullanılır. İyileştirme evresi kısa süreli ve uzun süreli çalışmalar olmak üzere iki grupta incelenebilir (ESRI, 2001).

2.2.4.1 İyileştirme evresinde kısa süreli CBS çalışmaları

Afet yönetiminde yürütülecek en zor çalışmalardan biri hasar analizinin sağlıklı bir biçimde başarılabilmesidir. CBS'den bu aşamada, özellikle GPS ile entegrasyonu da sağlanarak, hasar gören yapıların konumlarının belirlenmesinde, hasarın çeşidinin ve derecesinin analizinde ve müdahale evresinin ertesinde afet müdahale merkezlerinin önceliklendirilmesinde yararlanır. CBS uzak kaynaklardan elde edilen afet anı ve sonrasında ilişkin hasar analizi bilgisinin görselleştirilmesinde önemli rol oynar. Hasar analizinin sonrasında gereksinim duyulabilecek geçici iskan yerlerinin en uygun konumlarının saptanmasında ve gösteriminde de CBS'den faydalanılır. Ayrıca CBS bu evrede karşılaşılabilecek anlık veritabanı değişimlerinin güncelleştirilmesinde de kullanılır.

2.2.4.2 İyileştirme evresinde uzun süreli CBS çalışmaları

Uzun süreli iyileştirme çalışmaları ilgili tüm servislerin afet öncesi koşullara döndürülmesini kapsamaktadır. Uzun dönemli planlar ve süreçler CBS kullanılarak görselleştirilmekte ve değişiklikler izlenebilmektedir. Ayrıca iyileştirme yatırımlarının önceliklendirilmesinde CBS'den yararlanılmaktadır.

Bu aşamaya kadar değinildiği gibi CBS, afet yönetiminin tüm evrelerinde başarıyla kullanılmakta ve afetlerin etkili bir şekilde yönetilmesine destek sağlamaktadır. Afet yönetiminde en önemli eylem doğru zamanda, doğru bir biçimde doğru ve etkin kararların verilebilmesidir. Bu anlamda CBS, mekansal bileşeninden dolayı bir mekansal karar destek aracı olarak da işlev yüklenebilmektedir. İlerleyen kısımda mekansal karar destek sistemleri ve bu sistemlerin afet yönetiminde oynadığı rol aktarılacaktır.

2.3 Afet Yönetimi ve Mekansal Karar Destek Sistemleri

2.3.1 Mekansal karar destek sistemlerinin bileşenleri

Karar destek kavramı ve mekansal karar destek sistemleri ile ilgili tüm kavramsal bilgi 3. Bölüm'de verileceğinden burada sadece mekansal karar destek sistemlerinin bileşenlerine yönelik özet bilgi verilmektedir. Bir mekansal karar destek sistemi (MKDS) genel olarak dört bileşenden oluşmaktadır. Bunlar:

- 1) Kullanıcının mekansal veriyi organize etmesine olanak sağlayan analitik araçlar;
- 2) Senaryo tabanlı araştırmaların oluşturulmasına olanak sağlayan karar modelleri;
- 3) Mekansal verinin analizinde kullanılan ve bu verilerden yararlanarak karar vericilere destek sağlayan mekansal veritabanı sistemleri;
- 4) Belirtilen bu üç bileşene kolaylıkla erişimi sağlayan ve çıktının kapsamlı ve anlaşılır bir biçimde görüntülenmesini sağlayan kullanıcı arayüzüdür (Densham, 1991).

2.3.2 Afet yönetimi ve mekansal karar destek sistemleri

Mekansal karar destek sistemleri karar vericilere verecekleri kararlar mekansal bir özellik taşıdığı sürece, gerekli analiz bilgisini sağlama olanağı sunmaktadır. Mekansal karar destek sistemleri, olanaklı olan birçok alternatif karar içinde, karar vericilerin en uygun kararı vermesine de yardımcı olmaktadır. Verinin toplanmasında, modellenmesinde ve alışverişinde, karar vericilere, analitik raporlama, görselleştirme ve trend analizi konularında destek sağlamaktadır (NRC, 2007).

Mekansal karar destek sistemlerinin afet yönetiminde kullanımı açısından şöyle bir örnek verilebilir. Örneğin bir karar verici bir yangın yerinden itfaiye istasyonuna en uygun yolu CBS olanaklarını kullanarak saptamak isteyebilir. Bu analiz için karar verici, itfaiye istasyonlarının konumları, yol ağı ve kısıtlamalara (tek yönlü yollar, girilemeyen sokaklar gibi) gereksinim duyabilir. Bu bilgiler CBS için temel girdiler olarak ortaya çıkmakta ve CBS bu aşamada bir mekansal karar destek sistemi olarak kullanılabilir. Bazan da karar vericiler mevcut olan bu itfaiye istasyonlarının yetersiz kaldığı bölgeler için yeni yerleşimler bulma yoluna gidebilmektedirler. Bunlara ek olarak karar vericiler, bu istasyonlar için servis alanı tanımlamasına ve analizine gereksinim duyarlar. Eğer bu tip analizlerin sıklıkla yapılması gerekiyorsa, mekansal analizlerin kolaylıkla yapılabilmesi için, bir makro kodlanması çok yararlı olacaktır. Bir CBS'den mekansal karar destek sistemleri ve acil durumlar açısından tüm ihtiyaçlara cevap vermesi beklenemez. Bu aşamada CBS'lerin yukarıda belirtilen mekansal karar destek sistemleri için dört bileşeni içerecek şekilde geliştirilmesi, geliştirilmesi planlanan ülkenin şartları, olanakları ve acil durum yönetim sistemlerinin yapısı düşünülerek sağlanmalıdır. Afetler karmaşık ve kapsamlı yapılarından dolayı ek teknikler gerektirebilirler. Örneğin büyük afetlerde tahliye planlaması ve rotalama uygulamalarında ayrı simulasyon modelleri geliştirilip bu modellerin CBS ile bütünleştirilmesi sağlanabilir. Özellikle literatürde tahliye planlaması, bu entegrasyon işlemi açısından güzel bir örnektir. Literatürde CBS ve mekansal karar destek sistemleri entegrasyonu iki şekilde belirmektedir: Birincisi bazı CBS bileşenlerinin modelleme işleminin içine sokulması; ikincisi modelleme işleminin bir CBS içinde kullanılmasıdır.

Mekansal karar destek sistemleri belirli bir afete yönelik olarak, afet yöneticilerine, bir müdahale planı oluşturma aşamasında ve bu planın hayata geçirilmesinde destek sağlar. Mekansal karar destek sistemleri bu aşamalarda şu araçları ve teknikleri içerir. Bunlar (GDIN, 1997):

- 1) Modelleme ve simulasyon
- 2) Veri görselleştirme ve veri bütünleştirme araçları (özellikle mekansal objelerin birbirleriyle ilişkilendirmesine olanak sağlayarak)
- 3) İleri veri madenciliği ve örnekleme uygulamaları
- 4) Hızlı hasar analizi yapmaya olanak sağlayan araçlar ve teknolojiler
- 5) Lojistik planlama araçları
- 6) Farklı ortamlarda bulunan mekansal veri ve bilgilerin grup karar vermeye yönelik olarak yayımına olanak sağlayan araçlar ve tekniklerdir.

Afetlere müdahaleden sorumlu her afet yöneticisi can ve mal güvenliğini sağlamak amacıyla doğru ve yerinde alınmış kararları uygulamakla yükümlüdür. Varolan kaynakların zamanında ve etkin kullanımı hem kayıpları azaltmak hem de afet yönetimini iyileştirmek konularında özel öneme sahiptir. Afetler doğası gereği kaotik karar verme ortamı olarak betimlenirler. Bu ortamda, karar vericiler büyük hacimli veri ve bilgileri işlemek, veri doğrulama mekanizmalarını kurmak ve kritik kararları etkin bir biçimde vermek durumundadırlar. Tüm bunlar etkin ve iyi yapılandırılmış bir mekansal karar destek sistemi ile başarılmaktadır (Thompson ve diğ., 2006). Ayrıca mekansal karar destek sistemleri ile afetlerde gereksinim duyulan kaynak tahsisi işlemlerini de etkinleştirmek mümkün olmaktadır. Ek olarak bu sistemlerle, farklı ölçekte ve tipte meydana gelmiş olan afetlere etkin bir müdahalenin sağlanması amacıyla afet planlarının da değerlendirilmesi ve amaca uygun olarak iyileştirilmesi olanaklı olmaktadır.

Erken uyarı sistemlerinin oluşturulması, risk tahmini, durum analizi, hasar tahmini ve tematik afet haritalarının üretimi gibi eylemler afet verilerinin yönetimi ile bilgi sistemleri yönetiminin bütünleştirilmesini gerektirmektedir. Tüm bu eylemler afetler için karar vermeye destek sağlayan mekansal karar destek sistemleri ile başarılmaktadır. Afet müdahale uygulamaları anlık olarak gereksinim duyulan verilerin toplanmasının yanında; verilerin, veri işleme modelleriyle işlenerek oluşan afetlerin etkilerinin azaltılmasında rol oynayan uygulamalar olarak şekillenmektedir. Mekansal karar verme araçları afet yöneticilerinin afetin etkilerini zamansal olarak

görselleştirmesinde, afet müdahale ekiplerinin eylemlerinin izlenmesinde, müdahale eyleminin çıktılarının tahmin edilmesinde söz sahibi olmaktadır (Bhanumurthy ve diğ. 2008; French and Turoff, 2007; Wallace ve Balogh, 1985).

Afet yönetiminde etkin bir karar vermenin başarılması ve diğer afet yönetimi modelleriyle uyumunun sağlanması için Asghar ve diğ. (2006) tarafından modüler yaklaşım önerilmiştir. Bu sistemin tasarımı, modülerizasyon ve yeni model üretimi konularında teknik ve kuramsal yaklaşımları biraraya getirmektedir. Farklı mekansal karar destek modelleri, belirgin modellere ve farklı karar destek gereksinimlerine cevap verecek şekilde tasarlanmıştır. Karar destek gereksinimlerinin bu özelliğinden dolayı tek bir model ihtiyacı karşılamayabilmektedir. Özellikle dinamik afet durumları için değişken bilgi gereksinimi birleşik modelleri oluşturmanın önemini artırmaktadır. Bütünleşik bir mekansal karar destek modeli afet yönetimi için geliştirilen modüler alt yordamlar aracılığıyla başarıya ulaşabilmektedir (Asghar ve diğ 2005; Asghar ve diğ, 2006).

Afet yönetiminde mekansal karar destek sistemleri için oluşturulan modüler yaklaşım varolan modellerin bütünleştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Örneğin afet risk analizi ve yönetimi için geliştirilmiş bulunan modeller modüler yaklaşım aracılığıyla farklı afet tipleri için kullanılabilir. Modüler yaklaşım karmaşık afet yönetiminin başarıya ulaşması için etkili bir yaklaşım olmaktadır. Bu yaklaşımla modelin alt model ve yordamlara ayrıştırılması, karar destek sistemlerinin karmaşıklığının azaltılmasını da olanaklı kılmaktadır. Böylelikle yeni bir afet meydana geldiğinde problemin çözümünde alt yordamlar kullanılabilir ve afet etkin bir şekilde yönetilebilmektedir. Örneğin bir tahliye planlamasında sistem alt yordamlara ayrılabilir bir sel afetinin ihtiyaç duyabileceği gereksinimler, tüm modeli en baştan tekrar oluşturmak yerine, birkaç alt yordamın işletilmesiyle başarılabilmektedir.

Tüm bunlara ek olarak modelleme ve simulasyon teknikleri afet yönetiminde karar vermeye yardım sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Modelleme ve simulasyon olası bir afetin etki derecesinin anlaşılmasında, afet müdahale planlarının test edilmesinde, afet müdahale personelinin eğitiminde ve afet etkilenebilirlik analizinin sağlıklı bir şekilde yürütülmesinde uygulama alanı bulmakta ve karar vericilere verecekleri kararlarda destek olmaktadır. Bu teknikler ayrıca, afetler için ayrılmış kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlayarak, birçok afet

senaryosunun amaca uygun bir biçimde oluşturulmasını ve değerlendirilmesini de garanti etmektedir. Bu teknikler farklı afet senaryo ve planlarının sonuçlarının açık ve net bir biçimde afet yöneticileri tarafından anlaşılmasına da önayak olmaktadır. Bir şehir için gereksinim duyulabilecek yeni itfaiye istasyonu yerlerinin belirlenmesi gibi uzun dönemli kararların değerlendirilmesinde kullanılabilecekleri gibi; meydana gelen bir afette, müdahale ekiplerinin konuşlandırılması gibi kısa dönemli kararlar için de kullanılabilmektedirler (Jain ve McLean, 2006).

Son yıllarda yayınlanmış olan NRC (2002) raporunda modelleme ve simulasyon ile karar verme işlemi için şu ibare yer almaktadır: “Sistem analizi ve modelleme araçlarına, afet değerlendirme, altyapı etkilenebilirliğinin tanımlanması, afet saptama, tanımlama ve müdahale koordinasyonunda etkili olan karar verme aşamalarında gereksinim duyulmaktadır. Modelleme ve simulasyon, ayrıca, hazırlıklı olma ile müdahale evresindeki araştırmalara destek sağlamak amacıyla da kullanılmaktadır”.

Özellikle nükleer afetler ele alındığında, uygun ve yerinde karar verme afetin zararlı etkilerinin hafifletilmesinde anahtar öneme sahiptir ve başarılı bir afet yönetiminin ön koşuludur. Genel olarak kararlar sınırlı bilgiyle ve zaman baskısı altında verildiğinden, gelişen ani durumlar için hatalı kararlara bürünme eğilimindedir. Afetin gerektirdiği detaylı bilgiye sahip olmama, afet yönetiminde yetersizlik ve varolan veri ve bilgilerin yanlış yorumlanması afet yönetiminin etkinliğini azaltabilmektedir. Hız ve doğruluk afet yönetiminde karar vermede en önemli parametreler olmaktadır. Bu yüzden olası afetler için planlama ve hazırlık işlemleri detaylı bir biçimde ve derinlemesine oluşturulmalıdır. Geçerliliğe ve güvenilirliğe sahip mekansal karar destek sistemleri ve araçları özellikle afetin müdahale evresinde planlamacılar ve karar vericiler için en büyük dayanak olmaktadır (de Silva, 2001).

Bilgisayar teknolojisindeki paralel gelişmeler mekansal karar destek sistemlerinin geleceğini de etkilemiş ve etkilemektedir. Mekansal karar verme işlemi iki temel analiz baz alınarak yapılandırılmaktadır: veri analizi ve modellemeyi içeren nicel karar verme; tecrübe, sezgi, yargı ve uzmanlaşmaya dayalı nitel karar verme. Coğrafi bilgi sistemleri açısından bu olaya yaklaşıldığında şu anki CBS, genel olarak karar vermenin nicel yönüyle ilgilenmekte nitel yönü açısından yetersiz kalmaktadır. Özellikle konusunda uzman biri tarafından belirlenen kurallara göre işleyen bir

uzman sistem yaklaşımı CBS'nin ve dolayısıyla mekansal karar destek sistemlerinin nitel analiz yönünü de geliştirecektir.

2.3.3 Mekansal karar destek sistemi uygulamaları

Son yıllarda dünyada meydana gelen afetlerde (insan kaynaklı afetlerden doğal kaynaklı olanlarına kadar) büyük bir artış gözlenmiş ve gözlenmektedir. Bu bölümde dünyada uygulama olanağı bulmuş ve geliştirilmesi halen devam eden mekansal karar destek sistemleri konusunda bilgiler verilecektir.

Özellikle acil durum yönetiminin müdahale evresinde anlık olarak kullanılan Innovative GIS ve Berry tarafından geliştirilen karar destek sistemi olan BASIS örnek olarak verilebilir. Bu sistem acil durumun etkisinin tahmin edilmesinde özellikle yangın olaylarına müdahalede kullanılmaktadır (Innovative GIS, 2003).

Bir diğer örnek HAZUS-MH'in acil durum müdahalesinde kullanılması olmaktadır. FEMA tarafından geliştirilen bu araç özellikle deprem, kasırga ve selden kaynaklanan olası kayıpların tahmin edilmesinde ve karar vericilere CBS bazlı bir karar destek sistemi olarak destek sağlamakta kullanılmaktadır (HMTAP ,2006).

CBS bazlı bir diğer mekansal karar destek sistemi de Hurrevac (Hurricane Evacuation)'dır. FEMA ve USACE tarafından geliştirilen bu sistem kasırga rotasının tahmin edilmesinde ve tahliye planmasının en uygun şekilde yapılması konusunda karar vericilere destek sağlamaktadır. Gerçek zamanlı veri analiz aracı, acil durum yöneticilerine anlık ve kesin kararları vermesinde yardımcı olmaktadır (Sea Island Software Inc, 2007).

11 eylül olayları beklenmeyen felaketlere karşı etkin müdahale kavramını ortaya çıkarmıştır. Özellikle yapısal açıdan büyük hasarlara neden olan çok katlı yapılarda hızlı bir şekilde acil durum müdahalesinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Kwan ve Lee (2005) tarafından geliştirilen GIERS (GIS-Based Intelligent Emergency Response Systems) özellikle çok katlı binalar için acil durum planması ve analizinde kullanılmaktadır (Kwan and Lee, 2005).

Acil durum tahliyesinde önemli bir CBS bazlı mekansal karar destek sistemi de Silva tarafından geliştirilen CEMPS (Configurable Emergency Management and Planning Simulator)' tir. CEMPS de mekansal karar destek sistemlerinin temel dört bileşeni baz alınarak oluşturulmuştur. CEMPS'te dinamik acil durum tahliye planlamasının

sağlanması için bir trafik simulatörü ve CBS programı mikro seviyede bir araya getirilmiştir. ARC/INFO CBS platformu karar vericilere destek sağlayacak şekilde verinin tasarımında, analizinde ve görselleştirilmesinde kullanılmıştır. CEMPS'te değişik CBS modüllerinden yararlanılmıştır. Harita düzenlemede kullanılan ARCEdit, verinin görselleştirilmesinde ARCPlot, verinin ağ tabanlı analizinde Network, mekansal veri yönetiminde Info modüllerinden yararlanılmıştır. Simülatör ile CBS programı arasındaki bağlantı bir makro dili olan Arc Macro Language ile sağlanmış ve menü oluşturma işlemlerinde Menu kullanılmıştır (Silva and Eglese, 2000).

CEMPS'e benzer olarak, geliştirilen bir diğer uygulama olan KXSDSSES (King's Cross Spatial Decision Support System for Emergency Services) de acil durum tahliye planmasında kullanılan bir mekansal karar destek sistemidir. Bu sistem gerçek zamanlı ve anlık olarak karar vericilere destek sağlamaktan çok acil durum öncesinde planlama evresinde kullanılmaktadır. Bu sistemde coğrafi bilgi sistemlerini ve mekansal veritabanını içeren bir mekansal analiz veri seti ile yaya tahliye modeli ve olay spesifik model arasında bir bağlantı kurulmaktadır ve bu bağlantı, analizi yapan kişiye bir kullanıcı arayüzü ile iletilmektedir. Analizi yapan alternatif senaryoların üretilmesinde ve bu senaryoların değerlendirilmesinde karar vericilerle ortaklaşa fikir alışverişinde bulunmaktadır. Bu fikir alışverişinden sonra acil durum tahliye planlaması için en uygun alternatif seçilmektedir (Castle and Longley, 2005; Castle, 2006).

Tüm bu gelişmelere ek olarak bölgesel bazda geliştirilen karar destek sistemleri de afet literatüründe mevcuttur. Florida Üniversitesi tarafından geliştirilen REMS (Regional Evacuation Management System) özellikle kasırga tahliye modellemesinde kullanılmaktadır. Bu sistem simulasyon tabanlı bir sistemdir ve varolan bir yol ağı üzerinde tahliye zamanını ve trafik akışını belirlemek için optimizasyon tekniklerini kullanmaktadır. Sistem, bütünleşik teknoloji, haberleşme, tahmin etme ve izleme, acil durum planlaması, CBS, hasar değerlendirme, acil durum yönetimi kontrol ve koordinasyon modüllerinden oluşmaktadır (Tufekci, 1995).

Trafik akışının simulasyonu ve tahliye planlaması konusunda geliştirilen bir diğer karar destek sistemi OREMS (Oak Ridge Evacuation Modeling System)'tir. OREMS'teki tahliye modellerinin CBS ortamına bağlantısı sağlanmıştır.

OREMS'teki CBS kullanımı yol ağının özniteliklendirilmesi ve topoloji kurulmasının yanında veri ve sonuçların sunulması ve görselleştirilmesinde etkili olmaktadır (Franzese and Sorensen, 2004).

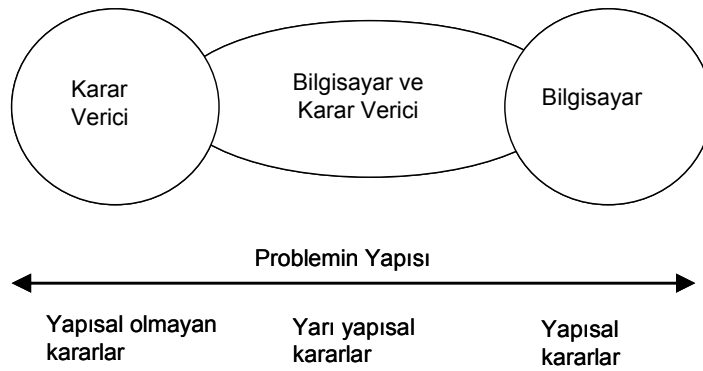
Otomasyon, acil durumlarda, acil durum yöneticilerinin, zaman, risk ve yetersiz bilgi baskısı altında sağlıklı karar vermelerine yardımcı olmaktadır. Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) tarafından geliştirilen FEMIS (The Federal Emergency Management Information Systems) acil durum yönetiminin tüm evrelerini kapsayacak şekilde otomasyon tabanlı bir mekansal karar destek sistemidir. FEMIS acil durum yöneticilerine planlama, koordinasyon, müdahale ve egzersiz oluşturma konularında yardımcı olmaktadır. Özellikle bir acil durum anında daha önceden yaratılmış planlar acil durum personeline etkin bir müdahale için yararlı olmaktadır. FEMIS ArcView ve Oracle tabanlı bir mekansal karar destek sistemi olarak geliştirilmiştir (Borysiewicz and Potemski; FEMIS, 2007).

Avrupa açısından mekansal karar destek sistemleri ele alındığında özellikle Çernobil felaketinden sonra geliştirilen RODOS (Real-time Online Decision Support) göze çarpmaktadır. RODOS sistemi ulusal veya bölgesel bazda karar vericilere destek sağlamak üzere geliştirilmiştir. Sistem, acil durumdan önce, acil durum esnasında veya acil durumdan sonra iyileştirme aşamalarında etkin olarak kullanılabilir. Sistem, tahliye, kaynakların etkin bir biçimde dağıtımı, restorasyon gibi geniş bir kullanım alanına sahiptir (RODOS, 2005).

Yukarıda varolan mekansal karar destek sistemlerine ek olarak NVision tarafından geliştirilen REACT (Real-time Emergency Action Coordination Tool) da bir karar destek sistemi olarak afet uygulamalarında yerini almıştır. Sistem karar vericilere acil durumun kapsamı ve mevcut kaynaklar konusunda yardımcı olmasının yanında acil durumun etkisinin tahmin edilmesinde ve görselleştirilmesinde de yardımcı olmaktadır (NVision Inc., 2005).

3. KARAR PROBLEMLERİ VE KARAR DESTEK KAVRAMI

Simon (1960)'ta yapısal karar problemleri ve yapısal olmayan karar problemleri karar destek sistemleri kavramının çekirdeğini oluşturmaktadır. Herhangi bir karar verme problemi yapısal olan kararlardan yapısal olmayan kararlara kadar uzanan geniş bir spektruma sahiptir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Karar probleminin yapısı.

Yapısal olan kararlar, bir karar verme problemi hem karar verici tarafından; hem de ilgili kurama göre yapılandırıldığında oluşmaktadır. Bu durumda, problem çözme sürecine katılan karar verici, bir karar probleminin tüm bileşenlerini tam olarak ve tutarlı bir biçimde tanımlayabilmektedir. Yapısal olan kararlar çoğunlukla programlanabilir durumlar olarak tanımlanırlar ve bilgisayar yardımıyla çözülürler. Yapısal olan karar problemleri için uygun olan bilgisayar tabanlı süreçler geliştirildiğinde, bilgisayar, bir karar vericinin katılımına gereksinim duymadan problemi çözebilmektedir.

Şekil 3.1’de görülen bir diğer karar problemi yapısal olmayan karar problemidir. Bu kararlar, karar vericinin problemi yapılandırmasının olanaksız olduğu ve problemin ilgili kurama göre yapılandırılmadığı durumlarda oluşmaktadır. Bu kararlar programlanamaz kararlar olarak öne çıkmaktadır; ayrıca sıklıkla tekrarlanmadığı ve tekrarlandığında farklı sonuçlar üretildiği için genel bir modele sahip olamamaktadır. Yapısal olmayan kararlar karar verici tarafından bilgisayar desteğine gerek duyulmadan çözülmektedir. Bu durumda karar verici geçmişteki tecrübelerinden yararlanarak problemi çözme yoluna gitmekte ve problem hakkındaki genel kanısı ile sezgileri işin içine girmektedir.

Gerçek hayatta karşılaşılan karar verme problemlerinin büyük çoğunluğu yapısal olan ve yapısal olmayan problemlerin arasına girmektedir. Bu tip problemler yarı yapısal karar verme problemi olarak adlandırılmaktadır. Bu alan Karar Destek Sistemleri (KDS) kavramının ana uğraşı alanı olarak belirlemektedir. Yarı yapısal karar verme problemleri karar verici tarafından bilgisayar desteği alınarak çözülmektedir. Bu durum, karar verici ile bilgisayar tabanlı bir sistemin etkileşimli olarak çalışmasıyla başarılmaktadır (Hopkins, 1984; Malczewski, 1999a).

3.1 Karar Destek Sistemleri (KDS) ve Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS)

Karar Destek Sistemleri (KDS) farklı kaynaklardan elde edilen bilgileri düzenleyerek, verilecek kararı modelleyerek, analiz ederek ve değerlendirme sonuçlarını sunarak, karar vericiye en uygun kararın verilmesinde destek sağlayan bilgisayar temelli sistemlerdir (Sauter, 1997; Turban, 1990; Turban ve Aronson, 1998; Sprague ve Carlson, 1982). Sauter (1997)’ye göre bir KDS karar vericiye aşağıdaki konularda yardımcı olur:

- Bir karara farklı açılardan yaklaşmak
- Daha iyi seçenekler üretmek
- Olası durumlara hızlı cevap vermek
- Karmaşık problemleri çözmek
- Bir problemin çözümünce daha fazla seçeneği dikkate almak
- Beyin fırtınası çözümleri oluşturmak
- Bir problemin çözümünde farklı analizleri kullanmak

- Birçok karar verme stratejisinin uygulanmasına yardımcı olmak
- Problemin doğasına uygun verilerin kullanımına olanak sağlamak
- Modeli etkin ve etkili bir biçimde kullanmak

Karar Destek Sistemleri karar verme sürecine bir mekansal bileşen de dahil olduğu zaman Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS) olarak anılmaktadır. MKDS kavramı KDS ile paralel bir gelişim göstermiştir (Densham ve Rushton, 1987; Densham ve Goodchild, 1989; Densham, 1991; Crossland ve diğ. 1995).

MKDS KDS'ye benzer bir biçimde yarı yapısal bir mekansal problemin çözümünde etkin bir karar vermenin başarılabilmesi için karar vericileri verecekleri kararlarda desteklemek amacıyla oluşturulmuş etkileşimli ve bilgisayar temelli sistemlerdir (Densham, 1991). Bu aşamada mekansal uygulamalar için gereken bilgisayar desteği Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'den sağlanmaktadır (Keenan, 2002).

Densham (1991) bir KDS'nin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerektiğini belirtmektedir:

- Yarı yapısal veya yapısal olmayan problemler için net bir tasarım mekanizmasına sahip olması,
- Etkin ve kolay kullanıma olanak tanıyan bir kullanıcı arayüzü,
- Veri ile analitik modellerin esnek etkileşimine imkan tanınması,
- Alternatif çözümler üretebilme yeteneği,
- Birçok farklı karar verme biçimini desteklemesi,
- Etkileşimli ve yinelemeli problem çözmeye olanak sağlaması.

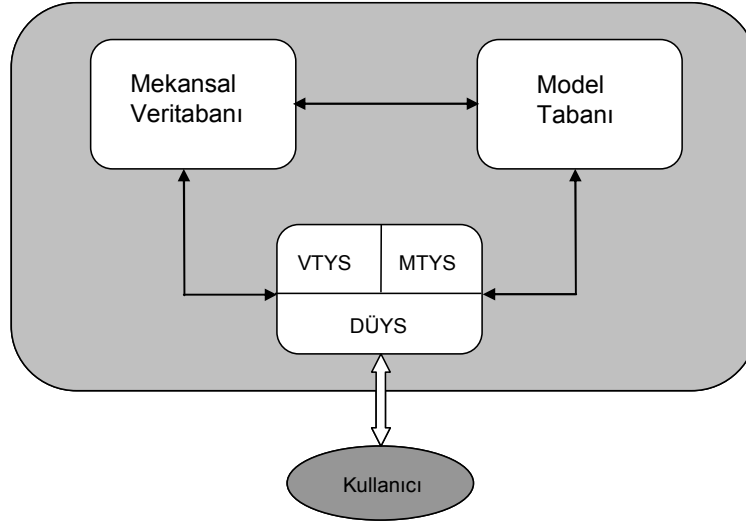
KDS'nin bu altı özelliği MKDS için de geçerli ve uygulanabilir olmaktadır. Ayrıca Densham (1991) bir MKDS'nin fonksiyonlarını ve yapabilirliklerini dört grup altında toplamıştır. Bunlar:

- Mekansal veri girişine olanak sağlaması,
- Mekansal ilişkilerin ve yapıların gösterimini başarması,
- Mekansal analiz için analitik teknikleri içermesi,
- Haritaları da içeren birçok mekansal formatta çıktı sağlaması.

Sözüedilen tanım, öznitelik ve fonksiyonlara göre bir MKDS *yarı yapısal mekansal problem, etkinlik ve destek sağlama* olmak üzere üç temel kavram ile terimlendirilmektedir. Veri ve bilgi işlemedeki etkinliği arttırmasına rağmen böyle bir sistemin gerçek amacı, bir mekansal problemin çözümünde karar vericinin

yargıları ile bilgisayar tabanlı programları uzlaştıarak karar verme sürecinin *etkinliğini* iyileştirmesidir. Bu sistemin bir diğer amacı da karar vericinin “*daha iyi*” karar vermesini *desteklemesidir* (Malczewski, 1999a). Karar verme sürecini iyileştirmek için bir MKDS, karar vericinin mekansal problem hakkındaki bilgisini, sezgisini, tecrübesini, girişimini ve yaratıcılığını da dikkate almak durumundadır. Sistem , ayrıca, etkileşimli ve yinelemeli bir biçimde mekansal bir problemin çözümüne olanak sağlamalıdır.

Bir MKDS’nin yapısı, sistemin bileşenleri veya alt sistemleri temel alınarak tanımlanabilir. MKDS genel olarak üç temel bileşenden oluşmaktadır: Mekansal Veritabanı ve Veritabanı Yönetim Sistemleri (VTYS), Model Tabanı ve Model Tabanlı Yönetim Sistemleri (MTYS) ile Diyalog Üretim ve Yönetim Sistemleri (DÜYS) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : MKDS’nin bileşenleri (Malczewski, 1999a).

VTYS verinin depolanması, manipulasyonu, yeni veri üretimi gibi mekansal verilerle ilgili tüm görevleri yapmakla yükümlüdür. VTYS veriye erişimi sağladığı gibi bir karar verme probleminin gereksinim duyduğu veriyi uygun formatta üretmeyi de garanti eder.

MTYS model kütüphanesini içerir ve model tabanının yönetimini üstlenir. MTYS ayrıca farklı modeller arasında bağlantıyı ve geçişi de sağlar.

Bir KDS’nin yapabilirlikleri ise DÜYS ile başlanır. DÜYS bir sistemden çıktı olarak üretilen veri ve bilgilerin diğer bir sisteme girdi verisi olarak üretilmesinin mekanizmalarını oluşturur.

Bu üç bileşen bir MKDS'nin yazılım kısmını oluşturur ve bilgisayarda depolanır. Ayrıca bu aşamada karar verici veya kullanıcı da sistemin bir bileşeni olarak düşünülmelidir. Daha önce de belirtildiği gibi bir KDS'nin temel katkısı bilgisayar ile karar vericinin etkileşimine olanak sağlamasıdır (Malczewski, 1999a).

Tüm bu sözüedilen bileşenlerin alt başlıkları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

■ Mekansal Veritabanı ve Veritabanı Yönetim Sistemleri (VTYS)

○ Veri Tipi

- Konumsal (koordinat)
- Topolojik (Nokta, Çizgi, Alan ve tüm bunlar arasındaki ilişkiler)
- Öznitelik (jeoloji verisi, ulaşım verisi gibi değişik türde veriler)

○ Veri Yönetimi

- Elde etme
- Depolama
- Manipulasyon
- Sorgulama
- Bütünleştirme

■ Model Tabanlı ve Model Tabanlı Yönetim Sistemleri (MTYS)

○ Analizler

- Amaç tabanlı
- Optimizasyon
- Simulasyon

○ İstatistik ve tahmin

- Mekansal veri analizi
- Zaman serileri
- Jeo istatistik

○ Karar vericinin tercihlerinin modellenmesi

■ Diyalog Üretim ve Yönetim Sistemi (DÜYS)

○ Kullanıcı dostu olması

- Tutarlılık
- Yardım ve hata mesajları
- Acemi ve uzman kullanıcı modları

- Çıktı ürününün çeşitliliği
 - Komut satırları
 - Açılır menüler
 - Dialog kutuları
 - Grafik kullanıcı arayüzleri
 - Grafikselleştirme ile ve tablosal gösterim
 - Görselleştirme

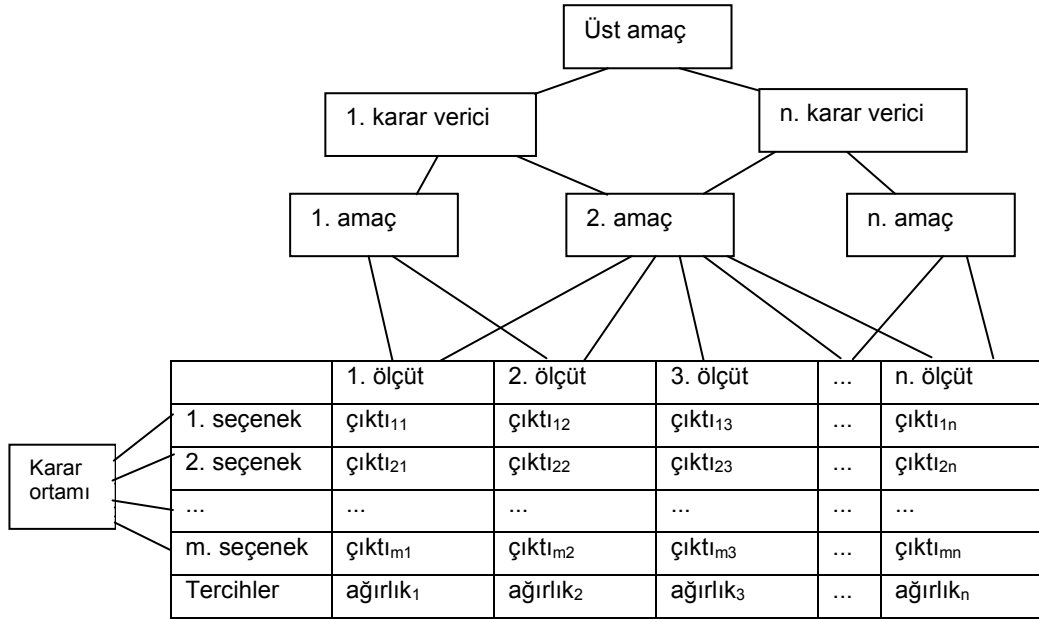
2. Bölüm’de belirtildiği gibi MKDS karar vericilere verecekleri kararlar mekansal bir özellik taşıdığı sürece, karar vermek için gerekli bilgiyi sağlama olanağı sunmaktadır. MKDS, olanaklı olan birçok alternatif karar içinde, karar vericilerin en uygun kararı vermesinde yardımcı olmaktadır. Verinin toplanmasında, modellenmesinde ve alışverişinde, karar vericilere, analitik raporlama, görselleştirme ve trend analizi konularında da destek sağlamaktadırlar (NRC, 2007).

3.2 Çok Kriterli Karar Analizi Kavramı

Literatürde çok kriterli karar analizi kavramı için birçok tanım önerilmiştir. Genel kabul görmüş bir tanımlama Roy (1996) tarafından yapılmıştır. Bu tanımlamaya göre çok kriterli karar analizi, “karar vericinin adaletli bir karara varabilmesi için birçok kriter gözönüne alınarak, seçeneklerin veya senaryoların karşılaştırılmasına olanak sağlayan bir karar destek aracıdır” (Roy, 1996).

Karar analizi literatüründe çok kriterli karar verme problemlerinin yapılandırılması için birçok yaklaşım önerilmiştir (Keeney ve Raiffa, (1976); Saaty, (1980)). Genel olarak çok kriterli karar verme problemleri altı bileşen içerir (Keeney ve Raiffa, 1976; Malczewski, 1999a) ve bakınız (Şekil 3.3):

- a) karar verici veya karar verici gruplarının başarmakla yükümlü oldukları amaç veya amaçlar grubu,
- b) karar verme sürecine değerlendirme kriterlerini baz alarak, tercihleriyle dahil olan karar verici veya karar verici grupları,
- c) Oluşturulan değerlendirme kriterleri (amaçlar ve ölçütler),
- d) Karar seçenekleri ya da karar değişkenleri,
- e) Kontrol edilemeyen değişkenler veya karar verme ortamı,
- f) Çıktılar veya her bir seçenek-ölçüt çiftinin ürettiği sonuçlar.



Şekil 3.3 : Çok kriterli karar analizinin genel çerçevesi (Malczewski, 1999a).

Çok kriterli karar verme işleminin bileşenleri arasındaki genel ilişki Şekil 3.3'te görülmektedir. Bu yapının genel bileşeni satır ve sütunlardan oluşan bir *karar matrisi*dir (Pitz ve McKillip, 1984). Matris, seçenekler ile değerlendirme ölçütleri için karar çıktılarını göstermektedir. Sütun yapısı, karar vericiler ile kararlarını ve değerlendirme ölçütlerini gösteren bir yapıdadır. Bu yapı hiyerarşik bir şekilde düzenlenmiştir. Üst amaç en üstteki genel bir düzeyi belirler. Bu düzeyde karar verme işleminin sonucunda ulaşılabilecek genel durum belirlenir. Karmaşık karar verme problemleri tek bir karar vericiden ziyade karar verici gruplarına gereksinim duyar. Karar vericinin tercihleri, değerlendirme kriterine atanan ağırlık kavramıyla terimlendirilir. Bir kriter ise bir seçeneğin önemini test etmek için uygulanan standart bir yargı veya kuraldır (Hwang ve Yoon, 1981). Kriter, amaçları ve ölçütleri içeren genel bir kavramdır. Bir çok kriterli karar verme problemi amaçları veya ölçütleri ya da her ikisini de içermektedir.

Şekil 3.3'teki karar matrisinin satırları karar seçeneklerini göstermektedir. Verilecek tüm kararlar doğal bir karar ortamı içinde verilmekte ve bazı kararlar karar vericinin kontrolü dışındaki etkenlere bağlı olmaktadır. Buradaki doğal ortam kavramı karar verme ortamının öngörülemez yapısına işaret etmektedir.

Karar çıktıları seçeneklerin değerlendirilmesinde rol oynayan ölçüt grubuna bağlı olmaktadır. Bu bağlamda, her bir satır ve sütunun kesişimindeki değer, bir seçenek ve ilgili ölçütün karar çıktısını betimlemektedir. Sonuç olarak bir karar verme problemi

en iyi seçeneğin tanımlanabilmesi için çıktı gruplarının sıralı bir biçimde oluşturulmasını gerektirir.

3.2.1 Çok kriterli mekansal karar analizinin genel çerçevesi

Temel bir yaklaşımla, çok kriterli mekansal bir karar problemi, ilgili değerlendirme ölçütlerine dayanarak bir veya birden fazla seçenek içerisinde mekansal olarak tanımlanmış bir seçeneğin seçilmesini içerir (Carver, 1991; Heywood ve diğ., 1995; Jankowski, 1995; Keller, 1996; Malczewski, 1996; Malczewski, 1999a). Seçenekler mekansal olarak tanımlanır ve analizin sonuçları bu mekansal düzenlenişe göre şekillenir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) terminolojisi içinde, seçenekler, kriter değerleriyle ilişkilendirilmiş olan noktasal, çizgisel ve alansal objelerin toplamıdır. Çok kriterli mekansal karar analizi mekansal bileşeninden dolayı çok kriterli karar analizinden ayrılır. Bu bağlamda, çok kriterli mekansal karar analizi ölçüt değerleriyle seçeneklerin coğrafi konumlarına da gereksinim duyar. Veriler, bir CBS programı ve çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak işlenir ve karar verme için gerekli bilgiler edinilir. Sonuçta, veriler CBS kullanılarak işlendiğinden, CBS bazlı çok kriterli karar analizi ve çok kriterli mekansal karar analizi terimleri aynı anlamı içerecek şekilde kullanılmaktadır.

Çok kriterli mekansal karar analizi, mekansal veri ile veri gruplarının birbirleriyle birleştirilmesi ve birbirine dönüşümüyle bir bileşke karar çıktısını oluşturan işlemlerden ibarettir. Çok kriterli karar verme süreçleri, girdi harita verisi ile çıktı harita verisi arasındaki ilişkiyi tanımlarlar. Bu süreçler, daha önceden belirlenmiş karar verme kurallarına göre mekansal verilerin kullanımını, manipülasyonunu ve karar vericinin tercihlerini içerir. Mekansal çok kriterli karar analizinin önemli bir özelliği kriter değerlerine dayanan mekansal olguların değerlendirilmesini ve değerlendirme kriterlerine dayanan karar vericinin tercihlerini içermesidir. Bu bağlamda, analizin sonuçları sadece mekansal objelerin dağılımıyla sınırlı kalmamakta aynı zamanda karar verme işleminin içine karar vericinin değer yargıları da katılmaktadır.

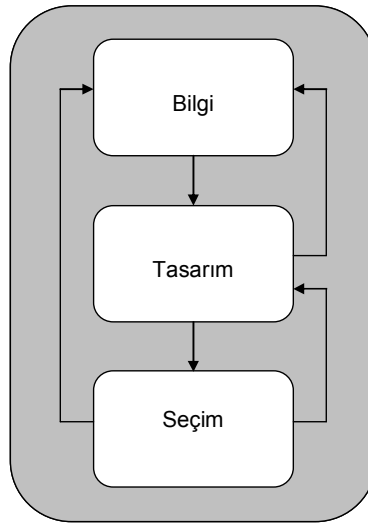
Çok kriterli mekansal karar analizinde iki önemli husus belirlemektedir. Biri, verinin kazanımı, depolanması, işlenmesi ve analizinden sorumlu olan CBS; diğeri ise mekansal veriler ile karar vericinin tercihlerinin toplanıp harmanlanmasından sorumlu olan çok kriterli karar verme işlem ve yöntemleridir. Bu bağlamda, CBS ve

çok kriterli karar verme tekniklerinin en önemli rolü bir mekansal problemin çözümünde karar vericinin etkin ve etkili bir şekilde karar verme işlemini başarmasına destek sağlamaktır. CBS'nin yapabilirliklerinin çok ölçütlü karar verme teknikleriyle bütünleştirilmesi karar verme işleminin üç aşamasında (bilgi, tasarım ve seçim) karar vericiye destek sağlamaktadır (Malczewski, 1999a).

3.2.2 CBS ve karar destek kavramı

CBS'nin temel amacı mekansal karar verme sürecine destek sağlamasıdır. Bir CBS'nin yapabilirlikleri karar verme süreci bağlamında analiz edilebilir. Karar verme sürecinin analizinde kullanılabilecek birçok temel çerçeve mevcuttur. Bunlardan biri de karar analizi literatüründe genel kabul görmüş, Simon (1960) tarafından temellendirilen yaklaşımdır. Simon (1960), karar verme sürecini üç evrede incelemiştir. Bunlar (Şekil 3.4):

- a) Bilgi (Intelligence) (Problemin tanımlanması)
- b) Tasarım (Design) (Seçeneklerin oluşturulması)
- c) Seçim (Choice)'dir. (En iyi seçeneğin seçilmesi)



Şekil 3.4 : Karar verme sürecinin üç evresi.

Karar verme sürecinin bu üç evresi Şekil 3.4'ten görüleceği üzere doğrusal bir akış izlememektedir. Karar verme sürecinin herhangi bir aşamasında geri dönüşler gerekebilmektedir. Örneğin, tasarım aşamasında birçok seçenek planı oluşturulmasına rağmen bu planlar karar probleminin gerekliliklerini karşılamayabilir. Bu durum problem hakkında ek bilgiye sahip olmayı gerektirebilir. Mekansal karar analizinde önemli sorulardan biri şu olmaktadır: Karar vermenin bu

üç evresinde CBS'den özellikle bilgi desteği sağlamada nasıl ve ne dereceye kadar yararlanılabilir? (Malczewski, 1999a; Malczewski, 1999b). İlerleyen alt bölümlerde bu üç evre incelenecektir.

3.2.2.1 Bilgi evresinde CBS

Karar verme süreci bir karar probleminin ortaya koyulmasıyla başlamaktadır. Bir mekansal karar problemi genel olarak mevcut bulunan ve arzulanan mekansal gerçek hayat problemleri arasındaki fark ile ilgilenir. Bu durum karar verici tarafından doldurulması gereken bir boşluk olarak görülmektedir. Kararlar, bir problemin varlığında, bir durumun olması gereken şekilde olmadığında ya da herhangi bir durumun iyileştirilmesi söz konusu olduğunda alınır. Sonuç olarak bilgi evresinde karar olarak adlandırılan durumlar için karar verme ortamının araştırılması gerekmektedir. Bu evrede, karar problemini tanımlamaya yönelik olarak kullanılacak ham veriler: elde edilirler, depolanırlar ve işlenirler. Veri elde edilmesi, depolanması, tekrar kazanımı ve verinin yönetilmesi fonksiyonları gerçek hayat probleminin bir CBS veritabanı içerisinde betimlenmesine olanak sağlar. Bu durumda, gerçek hayat varlıklarının hangilerinin gözlenip, seçilip, elenip, sınıflandırılıp bir veri olarak kaydedilmesi büyük önem kazanmaktadır. Ayrıca bu verilerin hangilerinin mekansal karar problemiyle ilgili olduğu kararı da bu evrede verilmektedir.

Karar verme sürecine bilgi evresindeki destek CBS'den sağlanmaktadır. Mekansal verinin toplanmasında ve analizinde karşılaşılabilecek sorunlar etkili ve etkin bir biçimde CBS ile aşılmaktadır. Mekansal karar vermenin ilk aşamalarında özellikle büyük hacimlerdeki veri ve bilgilerin depolanması ve yönetiminde CBS'ye büyük görevler düşmektedir.

3.2.2.2 Tasarım evresinde CBS

Bilgi evresinde tanımlanan problem için mümkün olan çözümler grubunun geliştirilmesi ve analizi tasarım evresinde yapılandırılır. Bu evrede genel olarak, karar vericiye, vereceği kararlarda destek sağlayacak seçeneklerin üretilmesini sağlayan bir model oluşturulur. Bu model gerçekliğin basitleştirilmiş veya soyutlandırılmış bir gösterimidir. Basitleştirme işlemi gerçekliğin oldukça karmaşık ve birebir kopyalanamaz yapısından ileri gelmektedir. Ayrıca ilgilenilen özel problemten dolayı gerçeklik, konuyla ilgisiz veri ve bilgileri de içermektedir. Mekansal karar verme bağlamında bir model, verilecek karar ile ilgili özelliklerin bir

veritabanı ile model tabanındaki gösterimidir. Bu evrede, karar problemi hakkında elde bulunan veri ve bilgiler bir karar durumu için yapılandırılmalıdır. Mekansal karar seçenekleri CBS’de depolanan veri ve bilgilerin manipulasyonu ve analizinden türetilir.

CBS genel olarak mekansal karar seçeneklerinin tasarımı sürecine destek sağlayan sistemler olarak tanımlanmasına rağmen, birçok CBS programı özellikle karar vericinin gereksinim duyabileceği ileri mekansal analiz ve modelleme konularında eksiktir (Keenan, 2003; Keenan, 2004). Karar seçeneklerinin üretilmesindeki CBS katkısı, bağlantılılık, devamlılık ve yakınlık gibi mekansal ilişkilere bağlı olmaktadır. CBS, özellikle mekansal karar verme sürecinde olası değişik varyasyonlara yer sağlaması açısından yeterince esnek değildir. Bu eksikliği gidermek için bir CBS platformu üzerinde karar verme teknikleri ile CBS fonksiyonlarının bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu bütünleştirme ile ilgili bilgi ilerleyen alt bölümlerde verilecektir.

3.2.2.3 Seçim evresinde CBS

Seçenekler tasarım evresinde üretilmesine rağmen seçeneklerin değerlendirilmesi seçim evresinde yapılmaktadır. Seçim evresi karar vericilerin kararlarını verdikleri evredir. Olanaklı olan birçok seçenek içerisinde en uygununun seçilmesini içerir. Belirlenen bir karar verme kuralı uyarınca, herbir seçenek değerlendirilir ve analiz edilir. Karar kuralları seçeneklerin önem derecelerine göre sıralanmasında kullanılır. Sıralama işlemi karar vericinin tercihlerine göre şekillenir.

Bu evrede CBS, karar vericinin tercihlerinin karar verme süreci içerisine dahil edilmesinde kritik bir öneme sahip olmaktadır. Genel olarak bir CBS, kriterlerin değerlendirilmesi bağlamında önceliğin ve seçimin gösterimine olanak sağlayamamaktadır (Carver, 1991). CBS, karar vericiye değerlendirme kriterlerinin öneminin değiştirilmesinde bir esneklik de sağlamamaktadır. Bu sınırlılık CBS’yi statik bir modelleme ortamı yapmaktadır. Bu bağlamda CBS’den bir karar destek sistemi olarak yararlanabilmek için karar verme tekniklerinin CBS içine dahil edilmesi gerekmektedir (Carver, 1991; Eastman, 1997; Jankowski ve diğ., 1997). Bu durumda, bir CBS’nin karar verme sürecindeki başarısı, süreç içine dahil edilen sistemin bir mekansal karar destek sistemi olarak ne kadar iyi tasarımlanabileceği konusudur. İlerleyen alt bölümlerde çok kriterli mekansal karar destek sistemleri hakkında bilgi verilecektir.

3.2.3 Çok kriterli mekansal karar analizinin sınıflandırılması

Çok kriterli mekansal karar problemleri çok kriterli mekansal karar analizi aşamasında iki temel kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar (Malczewski, 1999b; Hwang ve Yoon, 1981; Yoon ve Hwang, 1995):

- a) Çok Ölçütlü Mekansal Kararlar (Spatial Multiattribute Decisions)
- b) Çok Amaçlı Mekansal Kararlar (Spatial Multiobjective Decisions)

Çok Ölçütlü Mekansal Karar Verme (ÇÖ-MKV) yaklaşımı karar ile ilgili seçenekler grubunun belirgin bir şekilde tanımlanmasıyla belirtilir. Bir ÇÖ-MKV problemi aşağıdaki şekilde formülize edilebilir:

$$X = \{x_{i*} \mid i = 1, 2, \dots, m\} \quad (3.1)$$

X seçenek grubunu gösterirken, x_{i*} karar değişkenlerini belirtmektedir. Buradaki i indisi i.nci seçeneğin konumunu göstermektedir. Basitleştirme açısından herhangi bir seçeneğin konumu için tek bir indis kullanılmıştır.

Seçenekler bir raster CBS veritabanında hücre veya piksel gruplarıyla temsil edilirken, vektör tabanlı veritabanında noktasal, çizgisel veya alansal obje gruplarıyla gösterilirler. Burada herbir seçenek, konumu belirten koordinat verisi ve öznetelikleri belirten ölçüt değeriyle tanımlanmaktadır.

ÇÖ-MKV için gereken girdi verisi tablosal formda düzenlenebilir (Çizelge 3.1). Çizelge 3.1, seçenek-ölçüt yapısını göstermektedir ve karar, değerlendirme veya etki matrisi adlarıyla da anılmaktadır. Matrisin satırları coğrafi varlıkları gösteren seçeneklerden (alternatives) oluşmaktadır. Matrisin her bir hücresi ilgili seçeneklere karşılık gelen ölçüt değerlerini içermektedir.

Çizelge 3.1 : ÇÖ-MKV problemi için ölçüt-seçenek matrisi.

	1. Ölçüt	2. Ölçüt	...	n. Ölçüt
1. Seçenek	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
2. Seçenek	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}
			...	
m. Seçenek	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

ÇÖ-MKV problemiindeki girdi verisi harita katman yapısı ile betimlenmektedir. Veri, n adet veri katmanını içermekte ve katmanlardaki herbir obje bir öznetelik değerine

sahip olmaktadır. İlgili harita katmanındaki her bir obje bir karar seçeneği olarak düşünülmekte ya da karar seçenekleri ilgili objelerin bir kombinasyonu olmaktadır. Burada amaç, bir karar kuralına göre en iyi seçeneği seçebilmek için harita katmanlarını bir araya getirip analiz etmektir. Ayrıca bir seçeneğin seçilmesi karar vericinin tercihlerini de içermektedir. Karar vericinin tercihleri karar kurallarıyla belirlenir. Bunun anlamı, ölçüt çıktılarının, değerlendirme ölçütleriyle ölçütlere atanan tercihlerin kombinasyonundan elde edilmesidir.

ÇÖ-MKV'nin tersine, Çok Amaçlı Mekansal Karar Verme (ÇA-MKV)'de, karar değişkenleri ve karar ölçütleri kavramları arasında bir ayrım vardır. Bu iki bileşen amaç fonksiyonları oluşturularak birbirleriyle ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, seçenekler ÇÖ-MKV'dekinin aksine dolaylı olarak tanımlanmaktadır. ÇA-MKV'de ölçütler karar vericinin amaçlarını formüle etmede ve gerçekleştirmede bir araç olarak görülmektedir (Starr ve Zeleny, 1977; Malczewski, 1999a). Diğer bir deyişle, amaçlar ölçütlerden türetilmektedir. ÇA-MKV için gerekli olan girdi verisi CBS'de harita katmanları şeklinde depolanmaktadır. Her harita katmanı bir seçeneği oluşturan obje gruplarını içermektedir. Seçenekler, amaçlar ile mekansal ortamda bulunan her bir objenin öznitelikleri arasındaki ilişki tanımlanarak harita katmanlarından türetilmektedir. Girdi harita verisi seçenek grubunu elde etmek için işlenmek durumundadır.

Bir ÇA-MKV problemi, k ($k= 1,2,...,q$) bir amacı gösterecek biçimde formülüle edilebilir. Karar vericinin amaçlarının ilgili ölçütlerin bir fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir. Ölçüt-amaç ilişkisi, $f_{ij} = f_j(x_i^*)$ ile gösterilirse, aşağıdaki eşitlikler tanımlanabilir:

$$f_i^* = (f_{i1}, f_{i2}, ..., f_{iq}) \quad i = 1, 2, ..., m \text{ için} \quad (3.2)$$

$$f_j^* = (f_{1j}, f_{2j}, ..., f_{mj}) \quad j = 1, 2, ..., q \text{ için} \quad (3.3)$$

(3.2) ve (3.3), her bir seçenek i 'nin, ilgili ölçütlerin fonksiyonel olarak ilişkili olduğu amaç gruplarına bağlı olarak değerlendirildiğini göstermektedir. ÇA-MKV problemi ÇÖ-MKV problemine benzer bir biçimde matris olarak düzenlenebilir (Çizelge 3.2). Matrisin satırları seçenekler ile gösterilirken, sütunlar amaçları göstermektedir.

Çizelge 3.2 : ÇA-MKV problemi için amaç-seçenek matrisi.

	1. Amaç	2. Amaç	...	q. Amaç
1. Seçenek	f_{11}	f_{12}	...	f_{1q}
2. Seçenek	f_{21}	f_{22}	...	f_{2q}
			...	
m. Seçenek	f_{m1}	f_{m2}	...	f_{mq}

ÇÖ-MKV'ye benzer bir biçimde ÇA-MKV de karar vericinin tercihlerini içermektedir. Tercihler çok amaçlı karar kuralları ile belirlenmektedir. Bu bağlamda ÇA-MKV, olanaklı birçok seçenek içinden belirlenen bir karar kuralı ile en iyi seçeneğin bulunmasını içermektedir.

3.2.4 Çok kriterli mekansal karar destek sistemleri

Çok kriterli mekansal problemler birçok araştırmacı tarafından karar destek sistemlerinin özü olarak tanımlanmaktadır (Keen, 1987; Angehrn, 1992). Bazı araştırmacılar Çok Kriterli Karar Destek Sistemleri (ÇK-KDS)'ni KDS'nin temel uğraşı alanı olarak görürken (Keen, 1987; Eom ve diğ., 1993); bazı araştırmacılar da KDS'nin geliştirilmiş bir biçimi olarak tanımlamaktadırlar (Dyer ve Forman, 1991; Zapatero ve diğ., 1997). KDS'nin tüm tanımlamalarına bakıldığında çok kriterli karar verme işlemine destek sağlamayı amaç edindiği görülmektedir. Bu bağlamda Çok Kriterli Mekansal Karar Destek Sistemleri (ÇK-MKDS) de genel olarak Mekansal Karar Destek Sistemleri olarak terimlendirilmektedir. ÇK-MKDS mekansal karar verme işleminin çok ölçütlü karakteriyle ilgilenmektedir.

3.2.5 Çok kriterli mekansal karar destek sistemlerinin bileşenleri

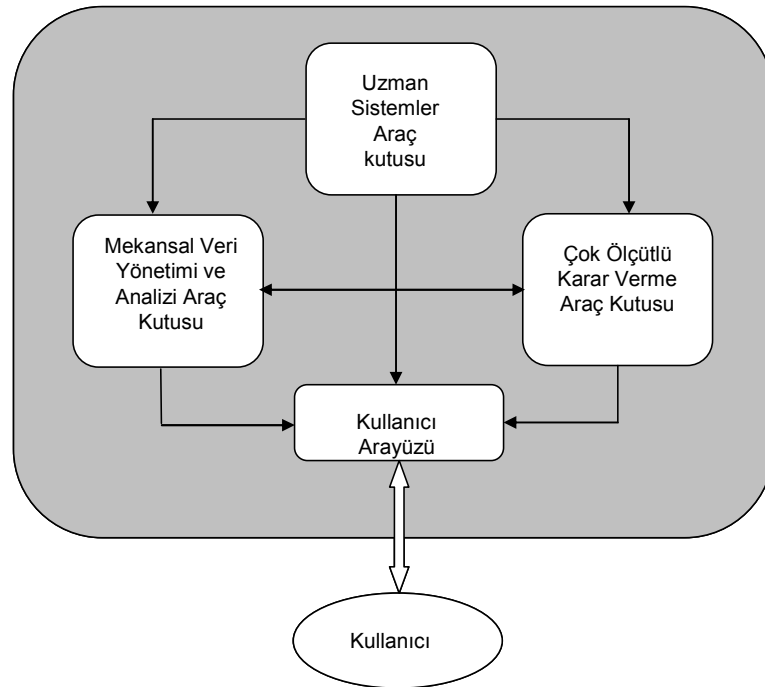
Son yıllarda Çok Kriterli Mekansal Karar Destek Sistemleri (ÇK-MKDS) için birçok genel çerçeve (framework) tanımlanmıştır (Carver, 1991; Church ve diğ., 1992; Eastman ve diğ., 1993; Jankowski, 1995; Jankowski ve diğ., 1997). Genel olarak ÇK-MKDS Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olanakları ile çok kriterli karar verme tekniklerinin bütünleştirilmesinden oluşmaktadır. Genel olarak bir ÇK-MKDS üç ana bileşenden oluşmaktadır:

- a) CBS veritabanı
- b) Çok kriterli modeller
- c) Kullanıcı arayüzü

ÇK-MKDS bileşenleri çok kriterli mekansal karar analizinin bileşenleri bağlamında incelenmektedir. Bu genel çerçeve birçok problem çözme adımını içerir:

- a) veritabanının oluşturulması
- b) çok kriterli yapının geliştirilmesi (amaçlar ve ölçütler ile karar vericinin tercihleri arasındaki bağlantılar)
- c) karar seçeneklerinin üretimi
- d) seçeneklerin değerlendirilmesi
- e) duyarlılık analizinin yapılması
- f) uygulama aşaması için uygun olan seçeneğin seçilmesi

Tüm bu eylemler karar verme evrelerinin (bilgi, tasarım ve seçim) birer alt grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Bu üç evrenin herbiri bilgisayar ortamında birbirinden bağımsız teknolojiler olarak depolanmaktadır. Bu birbirinden bağımsız teknolojiler, ÇK-MKDS ortamında, problem çözme işleminin herbir evresi için kullanıcı dostu bir arayüz aracılığıyla bütünleştirilmiştir. Sistem, belirli görevler için kullanılan araç kutularının (toolboxes) bütünleştirilmesinden oluşmaktadır. Her bir araç kutusu çok kriterli mekansal karar verme işlemine destek sağlayan araçları içermektedir. Şekil 3.5'te ÇK-MKDS'nin genel mimarisi gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : ÇK-MKDS'nin genel mimarisi (Malczewski, 1999a).

Şekil 3.5’te görülen mimari üç temel bileşene sahiptir:

- a) Mekansal Veri Yönetimi ve Analizi Araç Kutusu (CBS-Uzaktan algılama teknikleri, veritabanı yönetim sistemleri, istatistiksel analizler, simulasyon, kartoğrafik modelleme, veri analizi, vb.)
- b) Çok Kriterli Karar Verme Araç Kutusu (tercih modelleme, çok kriterli karar verme kuralları, vb.)
- c) Kullanıcı Arayüzü.

Ayrıca, sistem, Uzman Sistem bileşenine de sahiptir. Burada uzman sistem yaklaşımı ÇK-MKDS’nin temel bileşenlerinin işletilmesi ile bu bileşenlere erişimin iyileştirilmesi aşamalarında kullanılmaktadır.

3.2.5.1 Mekansal veri yönetimi ve analizi araç kutusu

Bir ÇK-MKDS için temel veritabanı, verilerin etkin bir biçimde yönetilmesinde ve analizinde büyük öneme sahiptir. Bu araç kutusu CBS ile veritabanı yönetim sistemlerinin birlikte ve bütünlük bir biçimde çalışmasını gerektirir. Bir ÇK-MKDS’nin tasarımındaki temel görev CBS-Veritabanı Yönetim Sistemleri (VTYS) modeli ile çok kriterli karar verme modelinin arasındaki veri uyum mekanizmasını kurmaktır (Nyerges, 1993).

Mekansal veri yönetimi ve analizi araç kutusu CBS içinde gömülü olan tüm araçları içermektedir. Ayrıca bu sistemler, karar vericinin karar verme ortamını daha iyi analiz etmesine olanak sağlayan veri analiz araçlarını da içermektedir. Bu teknikler, özellikle çok kriterli mekansal karar analizinin bilgi ve tasarım evresinde kullanılan araçlar olarak düşünülmekte ve matematiksel-istatistiksel teknikleri de içermektedir.

3.2.5.2 Çok kriterli karar verme araç kutusu

Çok kriterli karar verme araç kutusu çok kriterli karar modelleri ile tercih modelleme tekniklerini içermektedir. Ayrıca bu araç kutusu ile duyarlılık analizi ve hata yayılım modellemesi de yapılmaktadır. Tercih modelleme teknikleri değerlendirme ölçütleri için hiyerarşik bir yapı kurmanın yanında her bir ölçüt için ağırlıklandırma tekniklerini de içerir. Çok kriterli karar verme modelleri, mekansal karar destek sistemlerine benzer olarak yarı yapısal karar problemlerini çözmede karar vericilere destek sağlamaktadır. Bu modeller bir çok değerlendirme kriterini (ölçütler ve amaçlar) dikkate almayı gerektirmektedir. Bu araç kutusunda kullanılan karar verme

modelleri, mekansal karar destek sistemlerine benzer olarak, kolay kullanıma ve esnekliğe olanak sağlamaktadır. Bunlardan biri kullanılan karar yönteminin basitliği bir diğeri de kullanıcı etkileşimine olanak tanıyan kullanıcı arayüzüdür. Burada kullanılan mekansal modelleme teknikleri gerçekçi, esnek ve kullanıcı tarafından kabul edilebilir olmalıdır. Modeller, karar vericiler için bir kontrol mekanizması sağlamakta ve çözüm işleminde karar vericilerin değer yargılarını da sistemin içine dahil etmektedirler.

3.2.5.3 Kullanıcı arayüzü

Bir kullanıcı arayüzü karar verici açısından bir karar destek sistemidir (Sauter, 1997). Etkin bir kullanıcı arayüzü bir karar destek sistemi için anahtar öneme sahiptir. Kullanıcı arayüzü, sistem ile kullanıcı arasında bir köprü işlevini görmektedir. Veri, komut ve istemler ile etkileşim halinde olmasının yanında sistem tarafından üretilen çıktının organizasyonu için gerekli yöntemleri de içeren bir mekanizmaya sahiptir. Kullanıcı ve sistem arasında etkileşimi sağlamakta ve bilginin eşzamanlı olarak üretilmesinde ve görselleştirilmesinde kilit rol oynamaktadır. Kullanıcı arayüzü karar verme aşamasının tüm evrelerinde karar vericiye destek sağlamaktadır. Bir karar destek sisteminin kullanıcı arayüzü, yüksek çözünürlüklü kartografik gösterime, karar analizinin sonucunda üretilen sonuç verisinin görselleştirilmesine, tablolar ya da diyagramlar halinde raporlanmasına olanak sağlamaktadır.

Çok Kriterli Mekansal Karar Destek Sistemleri (ÇK-MKDS) için kullanıcı arayüzü tasarımının genel prensipleri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Armstrong ve diğ. 1991; Church ve diğ. 1992; Cassettari, 1993; Densham ve Armstrong, 1995; Heywood ve diğ. 1995; Jankowski, 1995; Nyerges ve diğ. 1995).

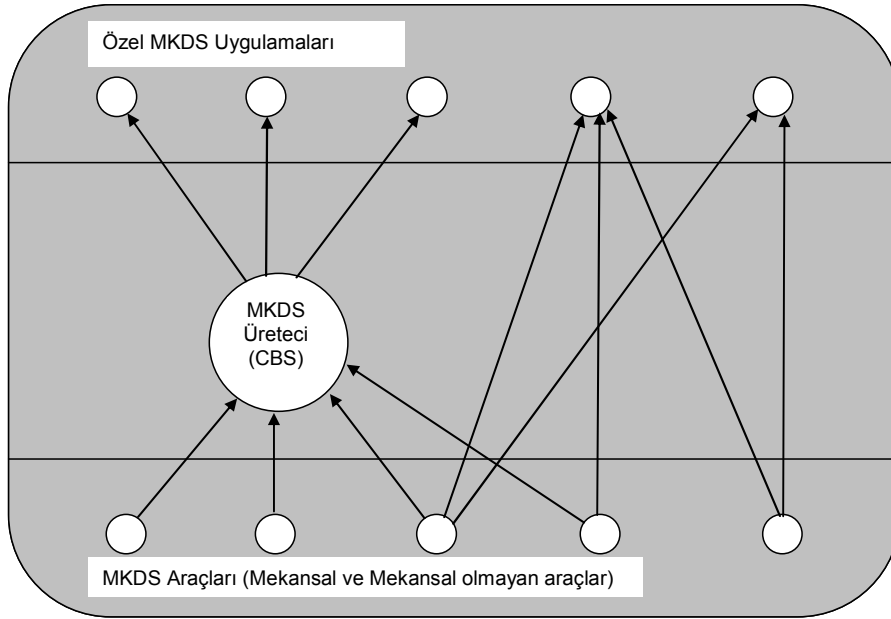
Bir kullanıcı arayüzü aşağıda verilen özellikleri sağladığı ölçüde karar verme analizinin tüm evrelerinde başarıya ulaşmaktadır:

- Erişebilirlik (Kullanıcı ve sistemin birbiriyle erişiminin kullanıcı dostu bir arayüz ile sağlanması),
- Esneklik (İstenmeyen durumların iyileştirilmesi ve karar verme sürecinin sağlıklı bir şekilde başarılmasına olanak sağlaması),
- Etkileşimli yapı (Kullanıcı ve sistem arasında etkin bir bilgi akışının sağlanması),

- Ergonomiklik (Kullanıcı ve sistem arasında etkin bir haberleşme mekanizmasının kurulmasına olanak sağlaması),
- İşlem güdümlü yapı (Anlık olarak gerçekleştirilen uygulamalardan kullanıcının haberdar edilmesi –örneğin anlık olarak gerçekleştirilen uygulamalar için farklı renkte ikon türü işaretlerin ve animasyonların uygulanması).

3.2.6 Çok kriterli mekansal karar destek sistemlerinin yapılandırılması

Sprague (1980) tarafından Karar Destek Sistemleri (KDS) geliştirmek amacıyla genel bir çerçeve tanımlanmıştır. Aynı çalışma Densham (1991) tarafından da Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS) için uyarlanmıştır. Sprague (1980)'de KDS geliştirmede kullanılan üç teknoloji düzeyinden söz edilmiştir: *KDS Araçları (DSS Tools)*, *KDS Üretici (DSS Generator)* ve *Özel KDS Uygulamaları (Specific DSS Applications)* (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : MKDS'nin üç teknoloji düzeyi, (Sprague 1980).

MKDS araçları MKDS üreticinin içerisine dahil edilebileceği gibi özel MKDS uygulamalarında da kullanılabilir. Örneğin bu araçlar, Visual Basic, C++, MapBasic, AML gibi programlama dilleri olabileceği gibi uygulamalar için oluşturulan iletişim yazılımları da olabilir (Devingen Veri Alışverişi (Dynamic Data Exchange (DDE)), Nesne Bağlama ve Katıştırma (Object Linking and Embedding (OLE)), Açık Veritabanı Bağlanırlığı (Open Database Connectivity (ODBC)))

(Malczewski, 1997). Ayrıca SIMULINK vb. benzetim (simulasyon) dilleri ve yazılımları da MKDS araçları içerisine dahil edilmektedir (SIMULINK, 2007). Uygulama Programı Arayüzleri (Application Programming Interfaces (API)), Grafik Kullanıcı Arayüzleri (Graphical User Interfaces (GUI)), görsel arayüzler ile grafik altprogramları da MKDS araçları arasındadır.

Bir MKDS üretici hızlı ve kolay bir biçimde özel bir MKDS uygulamasını yapılandırmak için kullanılan yazılım ve donanım bileşenleri toplamı olarak adlandırılmaktadır. Örneğin, CBS programları ArcInfo (ESRI, 2008), MapInfo (Mapinfo, 2008), GRASS (GRASS, 2008), IDRISI (IDRISI, 2008), veritabanı paketleri (dBase (dbase, 2008), Access (Access, 2007), ORACLE (Oracle, 2008), karar analizi ve optimizasyon yazılımları LINDO (LINDO Systems, 2008), EXPERT CHOICE (Expert Choice, 2008), LOGICAL DECISIONS (Logical Decisions, 2008), CPLEX (ILOG CPLEX, 2008), benzetim yazılımları ile istatistiksel ve geo-istatistiksel yazılımlar MKDS üretici olarak işlev yüklenmektedirler.

Özel MKDS uygulamaları özel karar verme problemlerinin analizi için yapılandırılmaktadır. Bu sistemler, özellikle, karar vericiye yarı yapısal problemlerin çözümünde destek sağlamaktadırlar. Clark Laboratuvarı tarafından geliştirilen IDRISI bu tip özel MKDS'ye güzel bir örnektir (IDRISI, 2008).

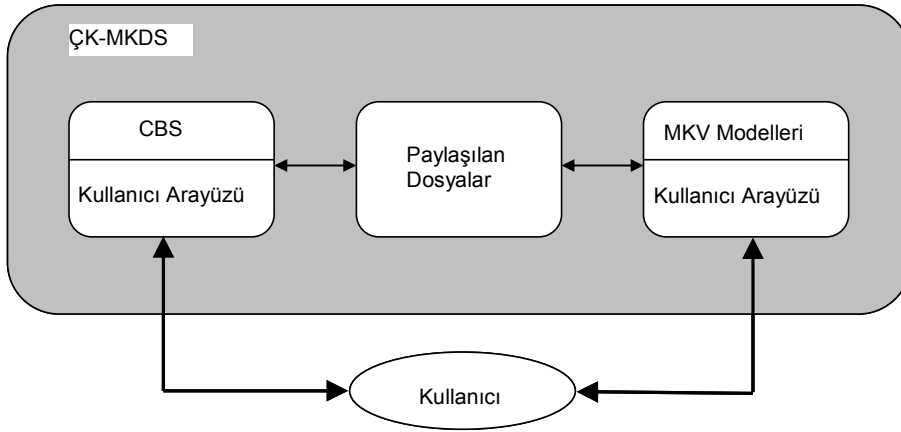
Bir MKDS'nin yapılandırılmasında, uygun MKDS araç ve üreteçlerinin bütünleştirilmesi ve birlikte kullanımı anahtar öneme sahiptir. Farklı ÇK-MKDS'ler farklı araç ve üreteçlerin uygun kombinasyonu sonucunda oluşturulurlar. Bu bağlamda, CBS ve karar modelleme sistemlerinin birbiriyle etkileşimi (coupling) büyük önem kazanmaktadır.

3.2.6.1 CBS ve çok ölçütlü karar verme sistemlerinin etkileşimi

Etkileşim (coupling) bir yazılım paketindeki ilgili fonksiyonların diğer bir yazılım paketi tarafından kontrol edilmesinin derecesi olarak betimlenmektedir (Malczewski, 1999a). Etkileşim, bir sistem içerisinde yazılım paketleri arasındaki fiziksel ve mantıksal ilişkiyi temsil etmektedir. Genel olarak, iki tür etkileşim stratejisi tanımlanmıştır: gevşek yapılı etkileşim (loose coupling) ve sıkı yapılı etkileşim (tight coupling) (Nyerges, 1993; Jankowski, 1995; Malczewski, 1999a; Jun, 2000).

Gevşek yapılı etkileşim

Gevşek yapılı etkileşim, CBS ve Çok Kriterli Mekansal Karar Verme (ÇK-MKV) tekniklerinin bir dosya değişim mekanizması kullanılarak yapılandırılmasını amaçlamaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 : Gevşek yapılı etkileşim (Malczewski, 1999a).

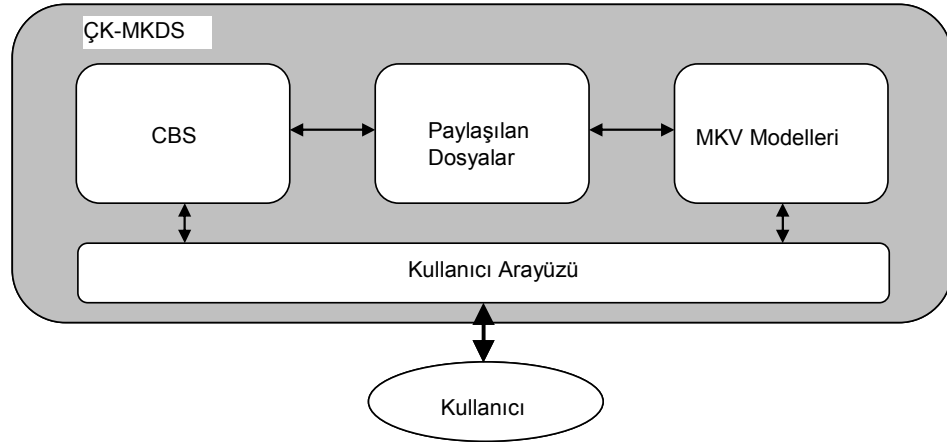
Bu yapı, MKV modellerinin CBS'den bağımsız olarak işletilmesini gerektirir; ayrıca CBS'den veri kaynağı olarak ve sonuçların gösteriminde yararlanır. Bir başka deyişle bu strateji, CBS fonksiyonları ve ÇK-MKV modellerinin, dosya iletimi ile bütünleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Jankowski, 1995).

Veri değişim standartları yazılım-donanım bütünleşmesi ve kullanıcı arayüzü tasarımında anahtar öneme sahiptir. Veri değişim, varolan sayısal verilerin CBS'de kullanılabilecek veri ve dosya yapısına dönüştürülmesi işlemidir. Veri değişim standartları CBS ve ÇK-MKV yazılımları arasında bir köprü işlevi görmektedir. Bir veri iletimi uygulaması her iki sistemde de bir veri ihraç-ithal mekanizmasının bulunmasını gerektirir. Veriler ihraç edildiklerinde kaynak veri formatından iletim formatına dönüştürülür. İletim işlemi genellikle ASCII veri formatında yapılmaktadır (Jankowski, 1995).

Gevşek yapılı etkileşim, modelleme işlemi çok karmaşık olduğunda veya ek programlama dillerine ihtiyaç duyulduğunda yapılandırılmaktadır. Verilerin ön işlemeden geçirilmesine ve sonuçların gösterimine ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilecek etkin bir etkileşim yöntemi olmaktadır. Bu yapı ile yapılandırılan bir ÇK-MKDS maliyet açısından da esneklik sağlamaktadır.

Sıkı yapılı etkileşim

Sıkı yapılı etkileşim stratejisi tek bir veri veya model yöneticisi ile ortak bir kullanıcı arayüzü oluşturularak yapılandırılmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Sıkı yapılı etkileşim (Malczewski, 1999a).

Sıkı yapılı etkileşim stratejisi, bir CBS yazılım ortamı içerisinde ÇK-MKV analiz yordamlarının işletilmesiyle başarılmaktadır (Jankowski, 1995). Bu strateji, iki modülün de eş zamanlı işletilmesine ve ortak bir veritabanını kullanmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bu strateji, derleme program veya programlarının çağırılması ve gereken çok ölçütlü karar fonksiyonunun işletilmesini de gerektirmektedir. Sıkı yapılı etkileşim, kaynak kodları açık CBS mimarisine gereksinim duymaktadır. Mekansal veri iletim standartlarının geliştirilmesi ve GRASS ile IDRISI gibi kaynak kodları açık CBS yazılımların varlığı sıkı yapılı etkileşimi olanaklı kılmaktadır.

Sıkı yapılı etkileşimin avantajı bir karar probleminin tek bir bütünleşik veritabanı üzerinde araçlar tanımlanarak modellenmesine olanak sağlamasıdır. Buna rağmen, hesaplamalar optimal sonuçlar doğurmayabilir. Bu bağlamda standart CBS fonksiyonları açısından model üretmede zorluklarla karşılaşılabilir. Bu dezavantajlar birlikte işlerlik (interoperability) kavramının ÇK-MKDS'ne uygulanmasıyla aşılmaya çalışılır.

3.2.7 Çok ölçütlü karar kuralları

Bir karar kuralı, karar seçeneklerinin sıralanmasını sağlayan bir prosedürdür (Starr ve Zeleny, 1977). Karar verici, karar kuralı yardımıyla seçeneklerin en iyi şekilde nasıl sıralanacağını veya hangi seçeneğin diğerine tercih edileceğini belirlemektedir. Karar kuralı, seçenek bilgisiyle karar vericinin tercihlerini, tümünden bir değerlendirme için

bütünleştirmektedir. Bu tanımlara göre bir çok ölçütlü karar problemi, çıktı gruplarının sıralanmasını ve bu çıktıları sağlayan karar seçeneklerinin tanımlanmasını içermektedir. Çok ölçütlü karar verme analizinin amacı daha önceki kısımlarda da belirtildiği gibi en iyi ya da en çok tercih edilen seçeneğin seçilmesidir. Literatürde çok ölçütlü karar problemini çözmeye yönelik birçok karar kuralı tanımlanmış ve uygulama alanı bulmuştur. Özellikle CBS tabanlı karar vermede toplamli karar kuralları (additive decision rules) en iyi bilinen ve geniş çapta uygulama alanı bulan çok ölçütlü karar verme yöntemleridir. İlerleyen alt bölümlerde bu karar kuralları ile ilgili bilgiler verilecektir.

3.2.7.1 Basit toplamli ağırlıklandırma (simple additive weighting) yöntemi

Basit Toplamli Ağırlıklandırma Yöntemi çok ölçütlü mekansal karar verme işleminde en çok kullanım alanı bulan yöntemlerden biridir. Yöntem, ağırlıklı ortalama kavramına dayanmaktadır. Karar verici herbir ölçüt için göreceli önem ağırlıklarını doğrudan atamaktadır. Herbir seçenek için toplam puan, ilgili ölçüte atanan önem ağırlığı ile ilgili ölçüt için ölçeklendirilmiş değerlerin çarpılmasından bulunmakta ve bu çarpımların tüm ölçütler için toplanmasından oluşmaktadır. Tüm seçenekler için bütün puanlamalar hesaplandıktan sonra en yüksek puana sahip olan seçenek seçilmektedir (Yoon ve Hwang, 1995). Bu yöntem ile herbir seçenek A_i aşağıdaki formüle göre değerlendirilmektedir:

$$A_i = \sum_j \omega_j x_{ij} \quad (3.4)$$

x_{ij} burada, j .nci ölçüte karşılık gelen i .nci seçeneğin puanını, ω_j de normalize edilmiş ağırlığı göstermektedir ve $\sum \omega_j = 1$ olmaktadır. Ağırlıklar ölçütlerin göreceli önemlerini betimlemektedir. En çok tercih edilen seçenek, A_i ($i = 1, 2, \dots, m$)'nin en büyük değerinin tanımlanmasıyla seçilmektedir. CBS tabanlı basit toplamli ağırlıklandırma yöntemi aşağıdaki adımları içermektedir:

- 1) Değerlendirme ölçütlerinin (harita tabakaları) ve seçeneklerin tanımlanması,
- 2) Herbir ölçüt harita tabakasının standartlaştırılması,
- 3) Ölçüt ağırlıklarının (göreceli önem ağırlıkları) tanımlanması,

- 4) Herbir ölçüt harita tabakasının ilgili ağırlıklarla çarpılarak ağırlıklı standartlaştırılmış harita tabakalarının oluşturulması,
- 5) Herbir seçenek için nihai puanlamanın üretilmesi,
- 6) Nihai puanlamaya göre seçeneklerin sıralanması ve en yüksek puana sahip seçeneğin seçilmesi.

Basit toplamli ağırlıklandırma yöntemleri bindirme analizi özelliklerine sahip CBS'ler kullanılarak işletilebilmektedir. Bindirme teknikleri değerlendirme ölçüt haritalarının (girdi haritaları) biraraya getirilmesini ve bileşik harita tabakasının (çıkı harita tabakası) saptanmasını sağlamaktadır. Basit toplamli ağırlıklandırma yöntemleri vektör ve raster tabanlı CBS'lerde kullanım alanı bulmaktadır (Heywood ve diğ., 1995; Eastman, 1997; Malczewski, 1999a).

3.2.7.2 Ağırlıklı çarpım yöntemi

Basit Toplamli Ağırlıklandırma Yöntemi'nde ölçüt değerleri arasındaki toplama işlemi, bir normalizasyon prosedürü ile farklı ölçme birimlerinin boyutsuz bir ölçeğe dönüştürülmesinden sonra uygulanmaktadır. Buna rağmen ölçütler arasındaki ilişki toplama yerine çarpma işlemiyle birbirine bağlanırsa bu dönüşüme gerek duyulmamaktadır. Ağırlıklı Çarpım Yöntemi'nin en büyük özelliği nicel değerlerden oluşan karar matrisi üzerinde normalizasyon işlemi gerektirmemesidir. Seçeneklerin global puanları aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Yoon ve Hwang, 1995; Topçu, 2000)

$$V_i = \prod_j (x_{ij})^{w_j}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.5)$$

Bu yöntemde göreceli önemler, kar ölçütü için pozitif ve maliyet ölçütü için negatif işaretli üs olarak kullanılmaktadırlar. Yöntem normalizasyon işlemi gerektirmemesine karşın üssel işleme olanak sağladığından bütün x_{ij} değerlerinin birden büyük olması gerekmektedir. Herhangi bir ölçüt için birden küçük değerler varsa tüm değerler ihtiyacı karşılayacak şekilde 10^m ile çarpılmalıdır (Yoon ve Hwang, 1995; Topçu, 2000). Basit ve anlaşılır bir karar verme yöntemi olan Ağırlıklı Çarpım Yöntemi karar vericiden göreceli önemler haricinde bilgi istemeyen bir yöntemdir (Topçu, 2000).

3.2.7.3 Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar

Değer/Fayda temelli yaklaşım ölçüt haritalarını (criterion maps) genel bir ölçeğe dönüştürmenin diğer bir yolu olmaktadır. Değer veya Fayda, olanaklı bir karar çıktısına bağlı olan bir sayıdır. Her bir çıktı bir Değer'e veya Fayda'ya sahip olmaktadır. Değer/Fayda fonksiyonu, bir ölçütü farklı seviyelerde değer veya fayda puanlarına dönüştürmektedir. Bu yaklaşım, karar çıktılarıyla karar vericinin göreceli tercihlerini yansıtan bir ölçeği birbiriyle ilişkilendirmektedir. Değer/Fayda temelli bu yaklaşım ilgilenilen ölçütü genellikle 0 ile 1 arasında değişen değerler almak üzere ilişkilendirmektedir. Bu yüzden de fonksiyon ölçüt verilerinin her bir değer aralığı için standartlaştırılmış ölçek değerini veren bir ifade olmaktadır (Malczewski, 1999a).

Değer/Fayda temelli yaklaşım iki temel bileşeni içermektedir: 1) Ölçüt değerlerini bir aralık-değer ölçeğine dönüştürmek için kullanılan ölçüt değer/fayda fonksiyonu; 2) Ölçütlerin birbirleri arasındaki göreceli önemlerini saptamak için uygulanan değiş-tokuş (trade-off) analizi. Bu durumda i . seçenek için değer/fayda, ölçütün değer/faydalarının ağırlıklandırılmış ortalaması olmaktadır. Genel olarak, değer/fayda fonksiyonu yaklaşımları basit toplamli ağırlıklandırma yöntemlerine benzerlik göstermektedir. Bu durumda, basit toplamli ağırlıklandırma yöntemindeki x_{ij} 'nin yerini değer/fayda fonksiyonundan türetilen v_{ij} veya u_{ij} almaktadır. Değer fonksiyonu modeli aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$V_i = \sum_j w_j v_{ij} \quad (3.6)$$

Burada, V_i , i . seçeneğin toplam değerini göstermektedir. v_{ij} , değer fonksiyonu vasıtasıyla ölçülen j . ölçüte karşılık gelen i . seçeneğin değeri olmaktadır. w_j ise j . ölçütün normalize edilmiş değerini göstermekte ve $\sum_j w_j = 1$ bağıntısını sağlamaktadır. Bu durumda, V_i 'nin en yüksek değeri ile tanımlanan seçenek en çok tercih edilen seçenek olmaktadır.

Fayda fonksiyonu modeli de değer fonksiyonu yaklaşımına benzer biçimde formüle edilebilmektedir. Bu durumda değerlerin yerini faydalar almaktadır. Model aşağıdaki biçimde tanımlanmaktadır:

$$U_i = \sum_j w_j u_{ij} \quad (3.7)$$

Değer/Fayda fonksiyonu yaklaşımları için aşağıdaki süreç izlenmektedir:

- 1) Ölçüt grubunun (ölçüt haritalarının) ve olanaklı seçeneklerin saptanması,
- 2) Herbir ölçüt için değer/fayda fonksiyonunun tahmin edilmesi ve ham verilerin değer/fayda harita tabakalarına dönüştürülmesi için bu fonksiyonun kullanılması,
- 3) Ölçütler için ağırlıkların saptanması,
- 4) Ölçüt önem ağırlıklarının değer/fayda harita tabaka değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış değer/fayda harita tabakalarının oluşturulması,
- 5) Ağırlıklandırılmış değer/fayda harita tabaka değerlerinin toplanarak ağırlıklandırılmış toplam değer/fayda haritalarının oluşturulması,
- 6) Belirlenen bu değerlere göre seçeneklerin sıralanması ve en yüksek değer/fayda değerine sahip seçeneğin seçilmesi.

3.2.7.4 TOPSIS yöntemi

İdeal Çözüme Benzerliğe (Görelî Yakınlığa) Göre Tercih Sıralaması Tekniği (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) olarak adlandırılan bu yöntem, pozitif ideal çözüme (v_{+j}) olan uzaklığı en az ve negatif ideal çözüme (v_{-j}) uzaklığı en fazla olan seçeneği karar vericiye sunmaya ve tüm seçenekleri pozitif ideal çözüme benzerliğe göre sıralamaya yardımcı olmaktadır (Yoon ve Hwang, 1995; Topçu, 2000).

v_{+j} tüm ölçütlere göre en iyi performans değerine sahip ideal bir seçeneği temsil ederken; v_{-j} ise tüm ölçütlere göre en kötü performans değerine sahip bir seçeneği göstermektedir.

Yöntemin CBS tabanlı uygulaması aşağıdaki işlem adımlarını içerecek şekilde yapılmaktadır:

- 1) Olanaklı seçenek grubunun belirlenmesi
- 2) Çeşitli ölçüt değerlerinin (x_{ij}) boyutsuz ölçüt değerlerine (v_{ij}) dönüştürülerek herbir ölçüt harita tabakasının standartlaştırılması,

- 3) Herbir ölçüte atanan ağırlıkların (w_j), $\sum_j w_j = 1$ şartını sağlayacak şekilde tanımlanması,
- 4) Standartlaştırılmış ölçüt harita tabakasının içerdiği her v_{ij} değerinin ilgili w_j ağırlığıyla çarpılarak ağırlıklandırılmış ve standartlaştırılmış harita tabakalarının oluşturulması,
- 5) Ağırlıklandırılmış ve standartlaştırılmış harita tabakaları için maksimum değer (v_{+j}) saptanması (Bu değer ideal çözümü saptamaya yardımcı olmaktadır),
- 6) Ağırlıklandırılmış ve standartlaştırılmış harita tabakaları için minimum değer (v_{-j}) saptanması (Bu değer negatif ideal çözümü saptamaya yardımcı olmaktadır),
- 7) Seçeneklerin ideal çözüme olan uzaklıklarının hesaplanması

$$S_{i+} = \left[\sum_j (v_{ij} - v_{+j})^2 \right]^{0.5} \quad (3.8)$$

- 8) Seçeneklerin negatif ideal çözüme olan uzaklıklarının hesaplanması

$$S_{i-} = \left[\sum_j (v_{ij} - v_{-j})^2 \right]^{0.5} \quad (3.9)$$

- 9) Seçeneklerin pozitif ideal çözüme olan benzerliklerinin (C_{i+}) hesaplanması

$$C_{i+} = \frac{S_{i-}}{S_{i+} + S_{i-}} \quad (3.10)$$

0 ile 1 arasında değerler alabilecek olan C_{i+} değeri 1 değerine yaklaştıkça ideal çözüme ulaşılmaktadır.

- 10) Seçeneklerin benzerliğe göre sıralanması

Tüm seçenekler büyükten küçüğe benzerliklerine göre sıralanmakta ve en büyük C_{i+} değerine sahip seçenek en iyi seçenek olarak seçilmektedir.

3.2.7.5 ELECTRE yöntemi

“Elimination et Choix Traduisant la Réalité” (Gerçeği Tercüme Eden Eleme ve Seçim) deyiminin kısaltılmış hali olan ELECTRE yöntemi seçim gerektiren

sorunların çözümü için tasarlanmıştır (Evren ve Ülengin, 1992;Topçu, 2000). ELECTRE, seçeneklerin ikili karşılaştırmasına dayanan uyum tabanlı yöntemlerden biridir. Bu yöntemlerle seçeneklerin sıralanması başarılmakta ve iki seçenek birbiriyle karşılaştırıldığında sadece A seçeneğinin B seçeneğine tercih edilebileceği veya bu durumun tam tersi vurgulanmaktadır. ELECTRE iyi bilinen ve literatürde geniş bir uygulama alanı bulan uyumluluk yaklaşımı olmaktadır.

Bu yöntemin en temel bileşenleri sırasıyla uyumluluk ve uyumsuzluk kümelerine dayanan uyumluluk (concordance) ve uyumsuzluk (discordance) göstergeleridir. Seçeneklerin ikili karşılaştırmaları sonucunda uyumluluk ve gerekirse uyumsuzluk göstergeleri hesaplanabilmektedir. Tüm seçenek çiftleri için bu iki gösterge hesaplandıktan sonra en yüksek uyumluluk değerine sahip seçenek seçilmektedir. Herbir seçenek için toplam puanı hesaplamak amacıyla bu iki göstergeye dayanan birçok eşitlik mevcuttur. Massam (1980) tarafından uyumluluk göstergesine odaklanan toplam puanlama yöntemi önerilmiştir. Buna göre, i . seçenek için değerlendirilen puan uyumluluk katsayılarının (C_i) toplamı olmakta ve aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$C_i = \sum_i c_{ii'} \quad (3.11)$$

Burada $c_{ii'} = (\sum_j w_{jii'} / \sum_j w_j)$ ile belirtilmekte ve $\sum_j w_{jii'}$, karşılaştırılan ölçütlerin ağırlık değerleri toplamı olmaktadır (i . seçeneğin ölçüt puanı karşılaştırıldığı i' . seçeneğin ölçüt puanından daha iyi bir değere sahip olduğunda bu durum geçerli olmaktadır). Ayrıca $\sum_j w_j$ de tüm ağırlık değerlerinin toplamıdır. Yukarıda belirtilen bu karar kuralına göre uyumluluk analizi izleyen aşamaları içermektedir:

- 1) Olanaklı seçeneklerin belirlenmesi,
- 2) Çeşitli ölçüt değerlerinin (x_{ij}) boyutsuz ölçüt değerlerine (v_{ij}) dönüştürülerek herbir ölçüt harita tabakasının standartlaştırılması,
- 3) Herbir ölçüte atanan ağırlıkların (w_j), $\sum_j w_j = 1$ şartını sağlayacak şekilde tanımlanması,
- 4) Herbir seçenek çifti için uyumluluk matrisinin hesaplanması,

- 5) Herbir seçenek için toplam puanı elde etmek amacıyla uyumluluk matrisinin satırlarının toplanması,
- 6) Seçeneklerin C_i 'nin büyükten küçüğe alacağı değerler uyarınca sıralanması ve en büyük C_i değerine sahip seçeneğin en iyi seçenek olarak seçilmesidir.

3.2.7.6 Analitik hiyerarşi yöntemi (AHY)

1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) birden fazla ölçüt içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). AHY, karmaşık problemleri amaç-ölçütler-alt ölçütler-seçenekler hiyerarşisi kurularak çözmeye olanak sağlamaktadır. AHY, genel olarak, problemi parçalara ayırma ve hiyerarşi oluşturma (decomposition), karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması (comparative judgement) ve önceliklerin sentezlenmesi (synthesis of priorities) olmak üzere üç temel prensibe dayanmaktadır (Saaty, 1977; Saaty, 1980). AHY ile ilgili matematiksel kavramlar ve derinlemesine bilgi 4. Bölüm'de ayrıntısıyla verilecektir. Bu bölümde özellikle karar verme kurallarının karşılaştırmasının yapılabilmesi amacıyla özet bilgi vermekle yetinilmiştir.

3.2.8 Çok ölçütlü karar kurallarının karşılaştırılması

Çok ölçütlü karar kurallarıyla ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 3.2.7'de verilmiştir. Sözüedilen bölümde de belirtildiği gibi karar kuralları seçeneklerin en iyi şekilde sıralanmasını veya bir seçeneğin diğerine tercih edileceği durumda bu tercih kararının verilmesine yardımcı olunmasını sağlamaktadır. Çok ölçütlü mekansal karar kuralları bazı temel özelliklere sahip bulunmaktadır. Bunlar:

- 1) Ölçütlerin birbiriyle olan analizine olanak sağlamaları,
- 2) Çok sayıda seçenek içeren problemlerin analizinde karar vericiye yardımcı olmaları ve seçenek grubunu anlamlı boyuta indirgemeleri,
- 3) Mekansal ve mekansal olmayan verilerle karar vericinin tercihlerini bütünleştirmeleri,
- 4) Mekansal karar verme sürecine nesnel ve nesnel olmayan bilgileri entegre etmek açısından esneklik sağlamaları,
- 5) Kabul edilebilir çözümlere ulaşmayı sağlayacak modellere sahip olmaları,

- 6) Birçok prosedür ile karar vericilerin seçenekleri değerlendirmesine olanak sağlamalarıdır (Malczewski, 1999a).

Literatürde çok sayıda çok ölçütlü karar verme yöntemi bulunmasına rağmen karar verici ilgili bir karar verme durumu için en uygun yöntemi tanımlamakta zorluk çekebilmektedir. Bu durumda karar problemi için en uygun karar kuralının seçimi ve amaca uygun olarak kullanımı büyük önem kazanmaktadır.

Bu tez çalışmasında Analitik Hiyerarşi Yönteminin kullanılmasının en temel sebebi bu yöntemin sözüedilen diğer yöntemlerden (Basit Toplamlı Ağırlıklandırma, Ağırlıklı Çarpım, Değer/Fayda Temelli Yöntemler, TOPSIS, ELECTRE) farklı olarak ölçüt ağırlıklarının belirlenmesine olanak sağlamasıdır. Diğer yöntemlerde ise ölçüt ağırlıkları karar verici tarafından ek yöntemler kullanılarak belirlenmekte ve ölçütlerin sıralanmasında hazır girdi verisi olarak kullanılmaktadır. Ölçüt ağırlıklarının bilimsel temellere uygun olarak belirlenmesi bu anlamda AHY'yi ön plana çıkarmaktadır. Ölçüt ağırlıkları Saaty (1980)'in özvektör prensibine dayanarak belirlendiğinden, bu belirlenim bilimsel kriterlere uymakta ve diğer karar kurallarından bu özelliği ile ayrılmaktadır.

Özellikle CBS tabanlı bir karar kuralı seçilirken, karar kuralının, kolay kullanıma sahip olması, doğruluğu, karar verici tarafından algılanma kolaylığı, güçlü teorik temellere dayanması ve CBS tabanlı çok ölçütlü mekansal karar analizi için kullanım kolaylığı gibi ölçütlere dikkat edilmektedir (Malczewski, 1999a). Örneğin kolay kullanım ve zaman maliyeti temel alınırsa sıralama ve puanlama teknikleri, doğruluk ve teorik temellere sahip olma parametresi temel alınırsa ikili karşılaştırma yöntemi karar verme için en uygun yöntemler olmaktadır. Hem yukarıda değinilen özellikleri taşıdığından hem de ikili karşılaştırma temeline dayandığından (özellikle doğruluk ve teorik temellere sahip olma açısından) Analitik Hiyerarşi Yöntemi bu çalışma için en uygun yöntem olmaktadır. Ayrıca AHY'nin temel bileşeni olan ikili karşılaştırma yöntemi aynı anda sadece iki ölçüt arasında karşılaştırma olanağı sağladığından basit, kolay anlaşılır ve kolay kullanılır bir yöntemdir. Tüm bunlara ek olarak bu yöntem Excel gibi çizelgeleme programlarında da işletilebilmektedir (Kirkwood, 1997). Ölçüt ağırlıklandırma süreci bu gibi çizelgeleme programları yardımıyla işletilebildiğinden kullanımda olan CBS programlarına kolaylıkla ithal edilebilmekte ve analiz süreci CBS programları yardımıyla yönetilebilmektedir. Ampirik uygulamalar göstermektedir ki ikili karşılaştırma yöntemi (dolayısıyla AHY) CBS

tabanlı yaklaşımları içeren mekansal karar verme süreci için en etkin yöntemlerden biridir (Eastman ve diğ. 1993; Malczewski, 1999a).

Ayrıca AHY'yi diğer karar kurallarından ayıran bir başka belirgin özelliği de karar probleminin hiyerarşik bir biçimde tanımlanmasına olanak sağlayarak karar problemini basitleştirmesidir. Bu amaçla oldukça karmaşık olan karar problemleri bu hiyerarşik yapılandırılmadan dolayı daha basit bir şekilde yönetilebilmektedir.

Tüm bunlara ek olarak AHY'nin diğer yöntemlerden farklı ve onlara göre üstün olan yanı ölçüt ağırlıklarının bir tutarlılık oranı hesaplanarak bilimsel temellere uygun bir biçimde belirlenmesidir. Bu özelliği ile de AHY diğer yöntemlere göre üstünlük kazanmaktadır.

Bu aşamada sözüedilen diğer karar kurallarının da özellikleri vurgulanmalıdır. Örneğin değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar özellikle karar vericinin tercihleri için matematiksel bir eşitlik elde etmenin zorluğundan dolayı karar verme sürecinde pratik olmayan sonuçlar doğurmaktadır. Değer/fayda fonksiyonlarını değerlendirmek için gereken işlemler oldukça zaman alıcı olmakta ve karar vericinin anlamlı derecede bilgi işlemlerini gerektirmektedir. Ayrıca değer/fayda fonksiyonlarına bağımlı kavramlar gerçek hayatta karşılaşılan mekansal seçim problemlerini tam olarak tanımlayamamaktadır.

Bir diğer karar kuralı olan ELECTRE için şunlar söylenebilir: Uyumluluk yöntemlerinden biri olan ELECTRE'nin avantajı, karar analizinde, nesnel ve nesnel olmayan ölçütleri birlikte ele alma özelliği ile karar vericiden oldukça az miktarda bilgi istemesidir. En büyük dezavantajı ise seçeneklerin tümünün sıralanmasının başarılamayabileceğidir. Bu yöntem analiz için seçeneklerin karşılaştırılmasına gereksinim duyduğundan bir CBS programı içerisinde doğrudan uygulanamayabilir. Bu durum özellikle herbir pikselin veya piksel grubunun birer seçeneği betimlediği raster CBS ortamında geçerli olmaktadır. Bu yüzden ELECTRE gibi uyumluluk yöntemlerinin CBS ortamında uygulanması için özellikle tasarımılanmış program rutinlerine gereksinim duyulmaktadır (Malczewski, 1999a).

TOPSIS yöntemi karar vericinin ideale yakın çözüm bulma isteğini basit varsayımlar altında karşılamakta fakat nitel performans değerlerine uygulanamamaktadır (Topçu, 2000). Bu yöntem raster tabanlı CBS'ler için uygun bir yöntemdir (Malczewski, 1999a; Malczewski, 1996).

Sonuç olarak her karar kuralının karar verme sürecinde avantajı ve dezavantajı vardır. AHY, özellikle ikili karşılaştırma yöntemine dayandığından, ölçüt ağırlıklarını belirleme özelliğinden, bu ağırlıkları bir tutarlılık oranı hesaplanarak bilimsel temellere göre saptadığından ve CBS ortamında analizler için uygun bir yöntem olduğundan bu tez çalışmasında karar verme kuralı olarak seçilmiştir. 4. Bölüm’de AHY ve matematiksel temelleri hakkında bilgi verilecektir.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ VE YER SEÇİMİ ANALİZİ

4.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Karar verme, tüm karar vericiler için büyük önem arzeden eylemlerden biridir. Karar vericiler, karar verme işleminin herhangi bir aşamasında çeşitli problemler ile yüzyüze gelmek durumundadırlar. Örneğin bir afet yöneticisi yeni ve ihtiyaç duyulan bir acil durum merkezi için en uygun yeri, bu yer için gerekli kaynakları ve tesisi işletmek için gereken mali kaynağı araştırmak durumunda kalabilir. Tüm bu karar verme problemleri yapılarından dolayı çok ölçütlüdür. Uygulamada çok ölçütlü mekanizmayı içeren ve karar verme işlemine destek sağlayan birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri Saaty (1977) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi-AHY (Analytic Hierarchy Process)'dir.

AHY geliştirildiği günden beri birçok alanda uygulama olanağı bulmuştur. Yer analizi (Min, 1994), kaynak tahsisi (Cheng ve Li, 2001; Ramanathan ve Ganesh, 1995; Badri, 1999), değerlendirme (Liang, 2003), pazarlama (Davies, 2001), enerji (Kim ve Min, 2004), eğitim (Saaty, 1991a; Tadisina ve diğ, 1991), risk analizi (Millet ve Wedley, 2002; Saaty, 1987), çevresel etki değerlendirme (Ramanathan, 2001), erişebilirlik analizi (Ohta ve diğ, 2007) ve arazi uygunluk analizi (Banai-Kashani, 1989) bu uygulama alanlarından bazılarıdır.

AHY öznel ve nesnel değerlendirme ölçütlerini içeren çok ölçütlü karar problemlerinin çözümünde kullanılan bir yöntemdir (Saaty, 1977).

AHY genel olarak üç temel prensibe dayanmaktadır: problemi parçalara ayırma ve hiyerarşi oluşturma (decomposition), karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması (comparative judgement) ve önceliklerin sentezlenmesi (synthesis of priorities) (Saaty, 1977; Saaty, 1980; Harker ve Vargas, 1987).

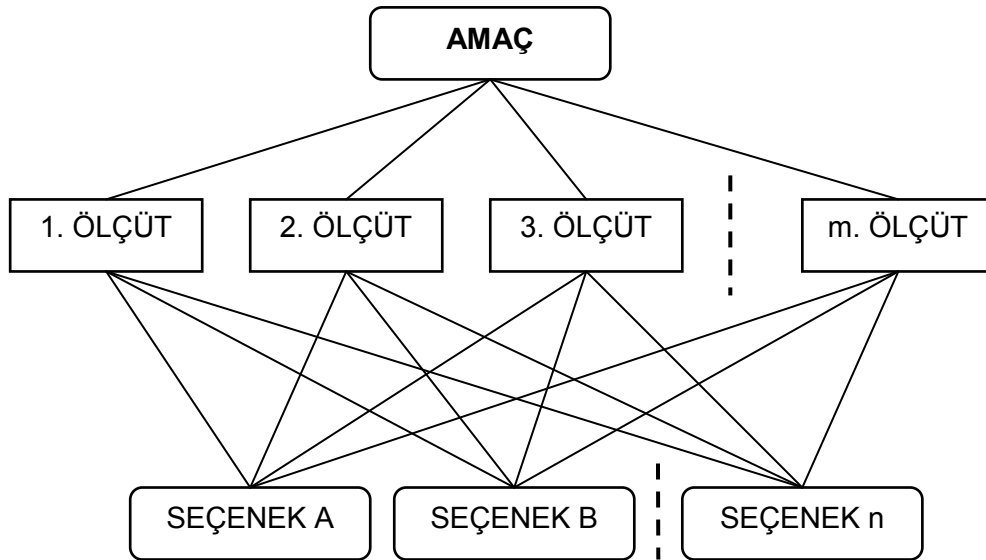
Parçalara ayırma prensibinde hiyerarşik bir yapı yaratılmakta ve problem bu hiyerarşik yapıya göre çözülmektedir. Karşılaştırmalı karar verme aşamasında ölçütler, çiftler şeklinde belirlenmekte ve birbirleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Herbir hiyerarşi düzeyinde belirlenen ağırlıklar genel bir ölçekte

toplanıp sentezlenerek seçeneklerin önceliklendirilmesi aşamasında kullanılmaktadır. Bu üç temel prensibe göre Analitik Hiyerarşi Yöntemi aşağıdaki üç genel adımda oluşturulur.

4.1.1 Karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılması

Bilişsel psikoloji alanında yapılan deneysel çalışmalar insanların bilişsel yeteneklerinin yüksek miktarda veri karşısında zayıf düştüğünü göstermiştir. Bu yüzden insanlar karmaşık problemlerle karşılaştıklarında problemi daha iyi anlayabilmek amacıyla bileşenlerine ayırmışlar ve hiyerarşik olarak yapılandırmışlardır (Miller, 1956).

Analitik Hiyerarşi Yönteminin ilk aşaması karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılmasıdır. Bu aşamada bir karar verme probleminin alt ögelere ayrılması ve bu ögeler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulması amaçlanır. İlgili alt ögeler gruplanıp düzenlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur. Bu yöntemde, genel bir amaç düzeyinden başlanıp daha spesifik olan alt düzeylere doğru aşağıya yönelen bir yapı izlenmektedir. AHY'nin genel yapısı Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Her düzey bir üst veya alt düzeyle ilişkilidir. Amaç ile ölçütler arasında alt-amaçlar olabileceği gibi ölçütler ile seçenekler arasında alt-ölçütler tanımlanarak hiyerarşik yapı genişletilebilir.



Şekil 4.1 : AHY'nin genel yapısı.

Karar verici, hiyerarşik yapıyla, bir problem ile ilgili tüm detayları oldukça eksiksiz bir biçimde tanımlayabilmektedir. Hiyerarşinin, amaç, ölçütler ve seçenekler şeklinde düzenlenmesinin sağlayacağı yararlar aşağıda belirtilmiştir (Saaty, 1994b):

- 1) Karar probleminin doğasında olan karmaşık ilişkilerin tanımlanmasına olanak sağlayarak problemin kavranmasını kolaylaştırır.
- 2) Karar problemini modüler bir yapıya indirgeyerek problemin çözümünde etkinlik sağlar.
- 3) Sağlam ve esnek bir yapıya sahiptir. İyi yapılandırılmış hiyerarşide yapılacak küçük değişiklikler sistemin genel performansını etkilemez.

Tüm bunlara ek olarak hiyerarşik yapının tüm parçaları birbiriyle ilişkili olmakta ve bir faktördeki değişimin diğer faktörler üzerindeki etkisi kolayca görülebilmektedir. AHY'nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik, karar vericiye, karar verme sürecinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Kararlar bu yapıda kurularak, birçok veri türü biraraya getirilebilmekte ve farklı gözüken nesneler arasında karşılaştırma yapılabilmektedir (Saaty, 1994b).

4.1.2 İkili bazda karar elemanlarının karşılaştırılması ve tutarlılık oranı (TO)'nun belirlenmesi

İkili karşılaştırma yöntemi AHY içinde temel bir ölçme biçimidir. Bu işlem, özellikle herhangi bir anda karar verme aşamasında sadece ikili veri gruplarının birbirleriyle olan ilişkisine yöneldiğinden karar vermenin karmaşıklığını önemli derecede azaltmaktadır. İkili karşılaştırma yöntemi üç işlem adımını içerir. Bunlar:

- Hiyerarşinin her aşamasında bir karşılaştırma matrisinin oluşturulması
- Herbir hiyerarşi düzeyi için ağırlıkların hesaplanması
- Tutarlılık oranının belirlenmesi

Amaç, ölçüt ve alt ölçütler belirlendikten sonra, ölçüt ve alt ölçütlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karar verici, bir düzeydeki öğelerin, hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan öğeler açısından görece önemlerini saptayacak şekilde Çizelge 4.1'de görülen değerler ve tanımlara dayalı bir puanlama yapar.

Çizelge 4.1 : AHY ikili karşılaştırma ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile çok çok güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

Karar verici Çizelge 4.1’de belirtilen önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisini oluşturur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : İkili karşılaştırma matrisi.

	1. Ölçüt	2. Ölçüt	3. Ölçüt	...	n. Ölçüt
1. Ölçüt	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
2. Ölçüt	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
3. Ölçüt	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
:	:	:	:	...	:
n. Ölçüt	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

İkili karşılaştırma matrisinin elemanları terslik (reciprocal) kuralına uymaktadır. Örneğin, birinci ölçütün ikinci ölçüt üzerindeki önem derecesi 2 değerini alırken ikinci ölçütün birinci ölçüt üzerindeki önem derecesi $\frac{1}{2}$ yani 2’nin tersi olmaktadır:

$$a_{ji} = 1 / a_{ij} \quad (4.1)$$

Tüm ikili karşılaştırma matrisleri yukarıda sözü edilen kurallar uyarınca oluşturulduktan sonra ağırlık vektörü hesaplanır. Ağırlık vektörü Saaty (1980)’nin özvektör prosedürüne göre hesaplanır. Ağırlık vektörünün hesaplanması iki temel

adımı içerir: Birincisi, ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi; ikincisi, normalize edilen değerlerden ağırlıkların hesaplanmasıdır.

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun elemanları, o sütunun toplam değerine bölünür. Böylece $A_w = [a_{ij}^*]_{n \times n}$ olarak adlandırılan ve her sütundaki değerler toplamı 1'e eşit olan bir "Normalleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi" elde edilir.

Normalleştirme işlemi tüm $j = 1, 2, \dots, n$ için aşağıdaki eşitliğe göre yapılır:

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.2)$$

Elde edilen A_w matrisinde, her bir satırda yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınır. Ağırlıklar, tüm $i = 1, 2, \dots, n$ değerleri için aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^*}{n} \quad (4.3)$$

Bu aritmetik ortalama (1 x m) boyutlu matrisin ilgili satırını oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak, m boyutlu w ağırlık vektörü elde edilir:

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T \quad (4.4)$$

Saaty (1980)'e göre ağırlık vektörü w ile ikili karşılaştırma matrisi A arasında aşağıdaki eşitlik mevcuttur (Saaty, 2008):

$$A w = \lambda_{\max} w \quad (4.5)$$

$\lambda_{\max}$ değeri A matrisinin en büyük özdeğeri olarak adlandırılır. Bu terim ikili karşılaştırma matrisinin elemanları ile ağırlık vektörünün elemanlarının çarpılmasından oluşur.

$\lambda_{\max}$ değeri AHY içinde önemli bir parametredir ve Tutarlılık Oranı (TO)'nın (Consistency Ratio (CR)) hesaplanmasında bir temel katsayı olarak işlev görür (Saaty, 1991b; Saaty, 1994a; Chen, 2006). TO'nun hesaplanabilmesi için öncelikle

bir Tutarlılık Katsayısı (TK)'nın hesaplanması gerekir. Saaty (1980)'e göre TK'nın hesaplanması için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir:

$$TK = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.6)$$

n, burada, değerlendirilen ölçüt sayısını göstermektedir. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için;

$$\lambda_{\max} = n \quad (4.7)$$

olmalıdır. Başka bir deyişle, $\lambda_{\max}$ değeri n değerine ne kadar yaklaşırsa, yapılan ikili karşılaştırmaların o kadar tutarlı olduğu düşünülür (Saaty, 1991b).

Hesaplanan Tutarlılık Katsayısı (TK)'ndan anlamlı yorumlamalar yapabilmek amacıyla Saaty (1980) tarafından Tutarlılık Oranı (TO) terimi tanımlanmıştır:

$$TO = \frac{TK}{RK} \quad (4.8)$$

Burada RK, Rastlantısal Katsayı (Random Index) olarak adlandırılmaktadır. RK rastlantısal olarak belirlenmiş ikili karşılaştırma matrisinden türetilmiş bir katsayı değeridir. Çizelge 4.3'te Saaty (1980) tarafından seçilen ölçüt sayısına göre türetilmiş RK değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Rastlantısal katsayı (RK) değerleri, Saaty (1980)'den türetilmiştir.

	n=10 için türetilmiş Rastlantısal Katsayı (RK) değerleri									
n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RK	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.49

Çizelge 4.3'ten de görüleceği gibi RK değerleri karşılaştırılan ölçüt sayısına bağlı olmaktadır. Ölçüt sayısı arttıkça RK değerleri de artmaktadır. Saaty (1980) tarafından, ayrıca, TO için bir üst limit de belirlenmiştir. Eğer $TO < 0.1$ olursa bu oran ikili karşılaştırmaların kabul edilebilir bir düzeyde olduğunu göstermektedir. Eğer $TO \geq 0.1$ ise bu oranın değeri ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğunu gösterir ki tüm işlemin en baştan tekrarlanması gerekir. Başka bir deyişle, ikili karşılaştırma matrisinin elemanları tekrar gözden geçirilmeli ve bu işlemlerden sonra yeni bir tutarlılık oranı hesaplanmalıdır.

4.1.3 Önceliklerin sentezlenmesi

Problemin çözümünün son aşaması tüm düzeyleri kapsayacak bir bileşik ağırlıklandırmanın yapılmasıdır. Bu işlem hiyerarşinin her düzeyinde herhangi bir ağırlığın belirli bir sırada diğer hiyerarşi düzeyindeki ilgili ağırlıkla çarpılmasından oluşmaktadır. İkinci düzeyden en alt düzeye kadar bu işlem adım adım devam ettirilmekte ve en son aşamada bir bileşik ağırlık vektörü elde edilmektedir.

Sonuç olarak, AHY karar verme eyleminin her aşamasında karar vericilere verecekleri kararlarda destek sağlamaktadır. AHY, karar vericinin bir karar verme problemi üzerindeki çeşitlilik arzeden yargılarını, en iyi kararı verebilmek için sistematik bir biçimde organize etmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (Saaty ve Niemira, 2006). Bu bağlamda, karar verme eyleminin sonuç ürünleri açık ve net bir biçimde türetilmektedir.

4.2 Yer Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Bir yer seçimi kararı birçok seçeneğin tanımlanmasını, analizini, değerlendirilmesini ve seçimini içerir. Fabrikalar, depolar, mağazalar, terminaller ve acil durum servisleri yer seçimi yapılacak tesisler arasındadır. Yer seçimi işlemi doğal olarak bir gereksinime cevap verecek değişkenlerin belirlenmesiyle başlamaktadır. Bir yer seçimi kararı da “en iyi” yerleşimin araştırılmasıyla verilmektedir (Yang ve Lee, 1997).

Yer seçimi, tanımlanan bir arazi kullanımı için uygun bir alanın belirlenmesinde kapsamlı bir biçimde saptanmış amaç ve faktörlerin birlikte düşünülmesini gerektirmektedir. Örneğin endüstriyel bir tesis için yer seçimi işlemi ekonomik, sosyal, teknik ve çevresel disiplinlerce tanımlanmış bir dizi faktörü içermektedir. Özellikle tüm bu faktörlerin bir yer seçimi için birlikte düşünülmesi bu işlemi oldukça karmaşık hale getirmektedir (Jun, 2000).

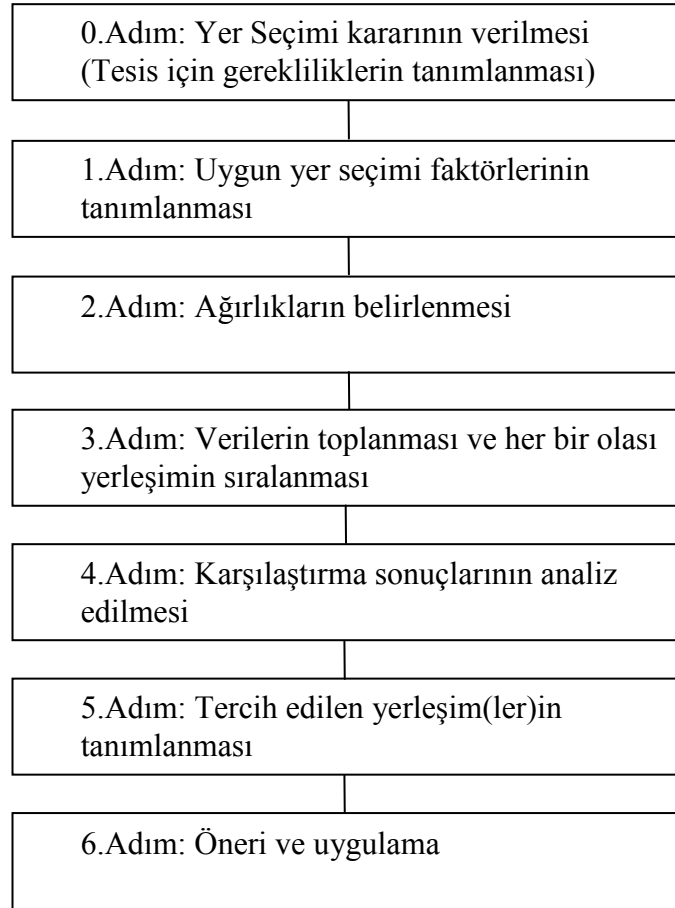
Yer seçimi kararları özellikle son yıllarda akademik çevrelerce ve iş çevrelerince artan bir ilgi ile karşılanmaktadır. Yer seçimi problemleri ekonomi, mühendislik ve coğrafya gibi birçok değişik altyapıdaki araştırmacı için çözülmesi gereken problemler olarak görülmektedir (Ghosh ve Harche, 1993).

Yer seçimi problemi sonuç ürün olan karar vermede anahtar rol oynayan ölçütleri içeren bir çok ölçütlü karar verme problemidir. Bir tercih modeli oluşturularak karar

vericilerin tercihlerinin değerlendirilmesi amacıyla birçok kuram ve yöntem geliştirilmiştir. Literatürde en çok tercih edilen yaklaşım olarak analitik hiyerarşı yöntemi büyük bir uygulama alanı bulmaktadır (Saaty, 1990a; Saaty, 1994a).

Bir tesis için yer seçimi birçok yeni yerleşim yerinin, birçok ölçütün ve birçok evrenin birlikte düşünülmesini gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bunlara ek olarak yer seçimi kararları dinamik bir ortamda verilmektedir. Bazı anahtar faktörler beklenilmeyen olaylardan ötürü değişime uğrayabilmektedir. Ayrıca, çok ltl karar analizi altında, seçenekler üzerinde birden fazla yerleşim yeri baskın olabilmektedir. Her olası yerleşim yeri kendi ağırlığı oranında bir avantaja sahip olmakta ve son karar tüm faktörlerin bir bileşimi olarak verilmektedir. Bu bağlamda yer seçimi problemi analitik hiyerarşı yaklaşımı açısından elverişli bir uygulama alanı olmaktadır. Analitik hiyerarşı yöntemi ile ilgili derinlemesine bilgi Saaty (1990b)'den edinilebilir. Ayrıca Bölüm 4.1'de yöntemle ilgili kavramsal bilgi verilmektedir.

Analitik hiyerarşı yöntemindeki ikili karşılaştırma, yer seçimini etkileyen faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesinde ve nitel/nicel faktörlere dayalı olarak olası yerleşim yerlerinin önceliklendirilmesinde uygulanan anahtar bir adımdır. zm süreci aynı anda sadece iki faktörün değerlendirilmesine odaklandığından, karar verici -mutlak tercihinden çok görelili tercihini analize dahil ettiğinden- daha esnek davranabilmektedir. Herbir faktörün görelili önem dereceleri Saaty (1994b) tarafından verilen bir önem lğine göre yapılandırılmaktadır. AHY'nin yer seçiminde kullanılmasına ilişkin zm süreci şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : AHY'nin yer seçiminde kullanılmasına ilişkin çözüm süreci.

Kurulan AHY modeli uygun yer seçimi faktörlerinin tanımlanmasıyla başlamaktadır. Bu faktörler belirlenen bir genel amacın altında hiyerarşik olarak yapılandırılmaktadır. Saaty (1990a) tarafından hiyerarşinin oluşturulması ve faktörlerin seçiminde önemli ilkeler önerilmiştir. Bunlar:

- 1) Problemi mümkün oldukça kapsamlı ve net bir biçimde tanımlamak,
- 2) Problemin dışındaki diğer faktörleri de ele almak,
- 3) Çözüme katkısı olabilecek sorunları ve ölçütleri tanımlamak,
- 4) Problem ile ilişkili olan katılımcıları çözüme dahil etmektir.

Yang ve Lee (1997)'de önerilen AHY yer seçimi modelinde dört temel varsayım üzerinde durulmuştur. Bunlar:

- 1) Yer seçimi işlemi belli bir modele uygun olarak yapılandırılmalı ve veriler tam ve mümkün olduğunca eksiksiz bir analiz yapabilmek için yeterli olmalıdır.

- 2) Çözüm sürecine katılan karar vericiler- olası yerleşim yerlerinden anlamlı seçimler yapabilmeleri için- seçim sürecinden önce bir veya birden fazla coğrafi bölge hakkında güçlü tercihlere sahip olmalıdırlar.
- 3) Karar vericiler karar verme sürecini etkileyen yerleşim yeri ile ilgili değişkenler hakkında bilgi sahibi olmalıdırlar.
- 4) Karar vericiler uzmanlık alanlarıyla ilgili edindikleri bilgileri çözüm süreciyle bütünleştirmek amacını gütmelidirler.

AHY'nin yer seçimindeki temel katkısı bir faktör veya ölçütün diğeriyle karşılaştırılmasında karar vericilerin tutarsızlıkları saptamaya yönelik bir iç sürece sahip olmasıdır. AHY, faktörlerin ikili karşılaştırılması sürecinde uzman görüşlerinin tutarlılığının test edilmesine olanak sağlamaktadır (Banai-Kashani, 1989).

Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan AHY'yi özellikle yer seçimi analizinde CBS'den ayırmak olanaksızdır. Son yıllarda bilgisayar donanım ve yazılım bileşenlerindeki teknolojik gelişmeler ile CBS, özellikle mekansal tanımlamalar ve manipulasyonlar için yararlı bir bilgisayar tabanlı sistem olarak belirmektedir. Siddigui ve diğ. (1996) tarafından AHY ve CBS bütünleştirmesi katı atık yer seçimi analizine uygulanmış ve mekansal AHY kavramı tanımlanmıştır. AHY bu çalışmada alansal betimlemeye olanak sağlayan raster hücrelerin önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Mekansal AHY kavramı CBS olanak ve araçlarıyla AHY'yi bütünleştiren bir kavramdır. CBS'de depolanan veri ve bilgiler ile karar vericilerin bu veri/bilgiler üzerindeki tercihleri biraraya getirilerek oluşturulmuştur.

Mekansal AHY'nin işleyişi izleyen beş adımı içerir. Bunlar:

- 1) Problem ile ilişkili olan amaç ve faktörlerin belirlenmesi,
- 2) Bu amaç ve faktörlerin bir karar hiyerarşisi oluşturacak şekilde yapılandırılması,
- 3) Hiyerarşik olarak yapılandırılmış olan bileşenlerin görelî önemlerinin belirlenmesi,
- 4) Tüm bu görelî önem değeri puanlamalarının seçenekler için bir uygunluk katsayısı hesaplamak amacıyla biraraya getirilmesi,
- 5) Hesaplanan uygunluk katsayısına göre mekansal olarak belirlenen objelerin (kapalı alanlar) sıralanması.

Ayrıca bir altıncı adım olarak -özellikle katı atıklar için yer belirlemesi çalışmalarına özel olarak- katı atıkların depolanmasına uygun ve yeterli büyüklükte alanın tanımlanması da gerekmektedir. Mekansal AHY’de temel amaç, yer seçimine konu olan alanları tanımlamak ve süreci etkileyen ağırlıkları oranında sıralamaktır.

AHY’nin yer seçiminde etkili olduğu bir diğer uygulama alanı da endüstri bölgelerinin seçimidir. Jun (2000) ve Eldrandaly ve diğ. (2003)’te CBS, uzman sistemler ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHY’nin birlikte kullanımı araştırılmıştır. Endüstri bölgeleri için yer seçimi, karar vericilerin karşılaşılabilecekleri karmaşık karar problemlerinden biridir. Süreç teknik gerekliliklerin yanında ekonomik, sosyal, çevresel ve politik gereklilikleri de içermektedir. Karmaşık doğasından dolayı bu süreç CBS, uzman sistemler ve çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin bütünleşik olarak yapılandırılmasını gerektirmektedir. Yapılandırma işlemi 3. Bölüm’de açıklanan bağlaşımlardan uygun olanı kullanılarak başarılabilmektedir.

Endüstri bölgeleri için yer seçimi süreci varolan veya gelecekte gereksinim duyulabilecek bir gerekliliğin saptanmasıyla başlamaktadır. Bu farkındalık coğrafi olarak ilgilenilmesi olası bir alanın tanımlanmasını içeren bir dizi aktiviteyi tetiklemektedir. Aşağıda belirtilen bazı sorunlar, yer seçimi sürecinin karmaşıklığını arttırmaktadır (Keeney, 1980):

- 1) kriterleri sağlayan birçok yerleşim yerinin varlığı,
- 2) birbiriyle çelişen amaçların getirdiği gereklilikler,
- 3) nitel amaçların nicel değişkenlerle belirtilmesindeki zorluklar,
- 4) paydaşların ve önceliklerinin farklılıkları,
- 5) gelecekte karşılaşılması olası sorunlar hakkındaki belirsizlikler.

Eldrandaly ve diğ. (2003) önerdikleri yaklaşımda iki evreyi tanımlamışlardır. Bunlar:

- 1) Yerleşim yerlerinin gösterimi evresi
- 2) Yer seçimi için değerlendirme evresi.

Yerleşim yerlerinin gösterimi evresinde uzman sistemler farklı ölçütler için önerilen değerlerin sağlanması aşamasında kullanılmaktadır. CBS’den ise uzman sistemlerle belirlenen değerleri en iyi karşılayan alternatif yerleşimlerin saptanmasında yararlanılmaktadır (Junggoth ve diğ., 2008). Bu evre üç işlem adımını içerir. Bunlar:

- 1) Karar verici yer seçimi yapılacak tesisin çeşidini ve bu tesisin ilintili olduğu coğrafi bölgeyi tanımlar.
- 2) Belirlenen tesisin çeşidine göre uzman sistem, yerleşim yerlerinin gösterimi için uygunluk ölçütlerini (fiziksel, çevresel, mekansal ölçütler) önerir. Karar verici, uzman sistemler tarafından önerilen değerlerin kabul edilmesinde veya yeniden düzenlenmesinde bir opsiyona sahiptir.
- 3) Uzman sistemler tarafından önerilen değerleri kullanan CBS ilgili coğrafi bölge için olası yeni yerleşim yerlerinin gösterimini yapar. Bu modülün çıktısı ileri bir değerlendirme için olası yeni yerleşimleri içeren bir listedir.

Yer seçimi için değerlendirme evresinde AHY, mekansal olmayan ölçütlere dayanarak, alternatif yerleşim yerlerini birbiriyle karşılaştırarak en uygun yerleşim yerinin tanımlanmasında kullanılır. Bu evre iki işlem adımını içermektedir:

- 1) Uzman sistemler tarafından önerilen mekansal olmayan faktörler (yaşamsal koşullar, iş olanakları vb.) ve bunların birbirine göre önem/ağırlıkları değerlendirmeye alınmaktadır. Karar verici uzman sistemlerden gelen önerileri kabul etmede veya önerileri düzenlemede opsiyona sahiptir.
- 2) AHY bileşeni aday yerleşim yerlerinin önem dereceleri/ağırlıkları baz alınarak ileri düzeyde değerlendirme aşamasında kullanılır. Bu modülün çıktısı aday yerleşim yerlerinin uygunluk derecesine göre sıralanmış bir listesidir.

AHY, ayrıca radyoaktif atıklar için en uygun yerlerin belirlenmesi aşamasında da kullanım alanı bulmaktadır. Birçok farklı kaynaktan elde edilen veriler (hidrolojik, jeolojik ve çevresel veriler) bir mekansal veritabanında depolanmakta, işlenmekte ve analiz edilmektedir. Analitik hiyerarşi yöntemi, olası yerleşim yerlerini saptama, görüntüleme ve değerlendirme aşamalarında kullanılmaktadır. Nükleer katı atıklar için olası uygun yerleşim yerleri, saptanan faktör ve kısıtlar baz alınarak hesaplanan bir uygunluk katsayısına göre belirlenmektedir. Bu faktörler arazi kullanımı, eğim, jeoloji, su alanlarına, anayollara ve yerleşim birimlerine olan uzaklıklar ile parsel büyüklüğü olmaktadır. AHY herbir faktörün birbiriyle olan göreceli önem/ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Huang ve diğ., 2006; Mohd Din ve diğ., 2008).

AHY katı atık ve endüstri bölgeleri için yer seçiminde kullanılmasının yanında dağıtım tesislerinin yer seçimi analizinde de söz sahibi olmaktadır (Ko, 2005). Dağıtım tesisleri için yer seçiminde ilgili ölçütler olarak nüfus, ulaşım ve pazar olanakları, yerleşim yerlerinin özellikleri ve maliyet ele alınmış ve AHY tüm bu ölçütlerin ayrı ayrı ağırlıklandırılması ile en uygun yerleşimin seçilmesinde kullanılmıştır.

Partovi (2006)'da hem dış (yerleşim özellikleri, tüketici istekleri vb.) hem de iç (kritik iç süreçler) ölçütler tanımlanarak stratejik olarak yer seçimi için bir analitik hiyerarşi modeli tanımlanmıştır. Çalışmada, kullanıcı tercihlerine göre şekillenen ve bir yer seçimi işleminde AHY ile analitik ağ modelini birlikte kullanan bir model tasarlanmıştır.

Ayrıca AHY'nin yer seçimiyle ilgili tüm bu uygulama alanlarına ek olarak doğal kaynak yönetimi ve çevresel yönetim alanında internet tabanlı uygulamaları da literatürde yer almaktadır (Zhu and Dale, 2001). Zhu ve Dale (2001)'de JavaAHP kavramı tanımlanmış ve problem yapılandırma, ikili karşılaştırma, sentez, duyarlılık analizi, rapor üretimi ve model entegrasyonu aşamalarıyla oluşturulan internet tabanlı bir sistem tasarlanmıştır.

Yukarıda değinilen AHY destekli yer seçimi uygulamalarına ek olarak fuar alanı seçimi (Chen, 2006), mağaza yeri (Burnaz ve Topçu, 2006) ve hastane yeri seçimi (Ohta ve diğ., 2007) de verilebilir. Ayrıca AHY'nin bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi esnek sistemlerle bütünleştirilmesinin yer seçimine uygulandığı çalışmalar da mevcuttur (Kaboli ve diğ., 2007; Kuo ve diğ., 2002; Ertugrul ve Karakaşoğlu, 2008; Badri, 1999; Cao, 2006).

Bu bölümde AHY'nin yer seçiminde kullanımına ilişkin bilgiler verilmiştir. Görüldüğü gibi literatürde AHY'nin yer seçiminde kullanımına olanak sağlayan birçok uygulama ve analiz mevcuttur. Literatür incelendiğinde AHY'nin özellikle afet yönetiminde acil durum servisleri için yer seçimi aşamasına uygulanmasına yönelik yayın sayısı çok azdır (Vaidya and Kumar, 2006). Tez çalışmasının bu eksikliği giderecek yapıda bir çalışma olduğu düşünülmektedir. Olay/olguya özgü olarak belirlenecek olası ölçütlerin uygulamadan uygulamaya değişiklik göstereceği açıktır. Bu çalışmada afet yönetiminde özellikle itfaiye istasyonları için yer seçimi sürecinde olası ölçütler belirlenmiş ve olası yerler için ağırlıklandırma yapılmıştır.

Bu ağırlıklandırma itfaiye personelinin ve afet yönetimi konusunda uzman akademik görevlilerin görüşleri alınarak (belirlenen ölçütlerin ikili karşılaştırması yapılarak) yapılandırılmıştır. İzleyen bölümde itfaiye istasyonları için olası yeni yerleşimlerin AHY yardımıyla CBS ortamında belirlenmesine ilişkin uygulama aşamaları verilmiştir.

5. UYGULAMA

Bu çalışmada itfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesi aşamasında gözönüne alınabilecek ölçütler saptanmış, 4. Bölüm’de kavramsal temelleri aktarılan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) (Saaty, 1980) kavramından yararlanılarak her bir ölçüt için ağırlıklar belirlenmiş ve belirlenen ölçüt ağırlıklarına dayanarak CBS ortamında en uygun yer analizi yapılmıştır. Ayrıca oluşturulan modelin duyarlılığını test etmek amacıyla yine CBS ortamında ölçüt ağırlıklarının göreceli kombinasyonlarını baz alarak bir duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen duyarlılık analizi ile ilgili kavramsal bilgi 5. Bölüm’de verilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmalar ile karar vericilere -özellikle itfaiye istasyonları gibi acil durum servislerinin en uygun yerlerinin belirlenmesinde- verecekleri kararlarda destek sağlayacak bir sistem üzerine odaklanılmıştır. Çalışmanın uygulama aşamasında izlenen adımlar şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Çözülecek problemin/amacın belirlenmesi (bu çalışmaya özel olarak itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi eylemi).
- 2) Kaynak taraması yapılarak ve ilgilenilen bölgenin şartları da gözönüne alınarak itfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesinde etkili olabilecek olası ölçütlerin belirlenmesi.
- 3) Verilerin elde edilmesi ve amaca uygun formatta düzenlenerek CBS ortamına aktarılması.
- 4) Parça parça olan veri gruplarının bir çalışma bölgesi oluşturacak şekilde düzenlenmesi ve her bir ölçüte (tabaka) karşılık gelen vektörel verilerin raster veri formatında betimlenmesi.
- 5) Raster veri gruplarının sınıflandırılması.
- 6) AHY’nin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak belirlenen ölçütlerin uzman yardımı alınarak (üniversitede afet planlaması konusunda uzman öğretim üyeleri ile itfaiye teşkilatının araştırma, planlama ve koordinasyon birimindeki uzmanların görüş ve değerlendirmelerinden yararlanarak) ikili karşılaştırma (tercih) matrislerinin oluşturulması.

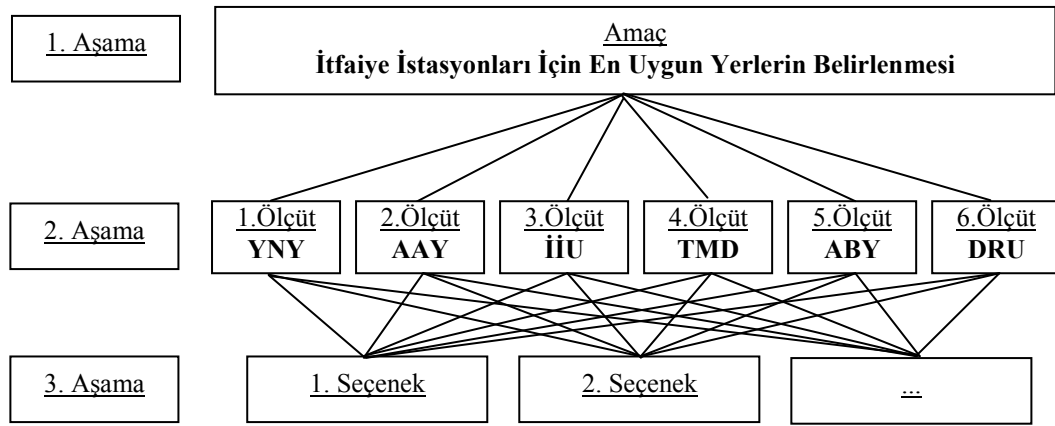
- 7) Grup karar vermeye yönelik olarak akademisyenler ve itfaiyecilerin ölçüt değerlendirme potansiyelleri baz alınarak iki ayrı değerlendirme yapılması.
- 8) Akademisyenlerin ve itfaiyecilerin görüşleri alınarak oluşturulan tercih matrisinden yararlanarak özdeğer ve özvektör değerlerinin hesaplanması.
- 9) AHY'nin sonuçların sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili herbir ölçüt için önem/ağırlık değerlerinin akademisyenlerce ve itfaiyecilerce ayrı ayrı belirlenmesi.
- 10) Herbir ölçüt için saptanan önem/ağırlıkların CBS ortamına aktarılması ve ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin elde edilmesi.
- 11) Oluşturulan modelin duyarlılığını test etmek ve modeli doğrulamak amacıyla herbir ölçüt için CBS ortamında duyarlılık analizlerinin gerçekleştirilmesi.
- 12) Yeni itfaiye istasyon yerlerinin belirlenmesinde karar vericilere destek sağlayan bir sistemin önerilmesi.

Çalışmanın uygulama aşamasında öncelikle çözümü sağlanacak problemin veya amacın belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın birinci aşamasında “İtfaiye İstasyonları İçin En Uygun Yerlerin Belirlenmesi” bir amaç olarak saptanmıştır. Tzeng ve Chen (1999) ile Yang ve diğ. (2007) itfaiye istasyonlarının olası uygun yerlerinin belirlenmesinin belli yararlar sağlayacağını belirtmişlerdir: a) acil durum müdahale zamanını iyileştirmek amacıyla itfaiye istasyonu ile olay yeri arasındaki uzaklığı mümkün olduğunca kısaltmak; b) varolan itfaiye istasyonlarının kaynaklarını etkin kullanmak amacıyla planlanan yeni itfaiye istasyon yerlerinin belirlenmesinde servis alanı örtüşmelerini en aza indirmek; c) bir çalışma bölgesinde işletim maliyetleri de gözönüne alındığında mantıklı ve kabul edilebilir sayıda itfaiye istasyonu önermek.

Problemin çözümünün ikinci aşamasında, bu amacı gerçekleştirmek için gerekli ölçütler, daha önceden yapılmış çalışmalardan (proje, rapor, makale) yararlanarak ve çalışma bölgesinin yapısı baz alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla altı ölçüt saptanmıştır (İBB, 1989; Badri ve diğ. 1998). Bunlar:

- 1) Yüksek Nüfus Yoğunluğu (YNY)
- 2) Anaarterlere Yakınlık (AAY)
- 3) İtfaiye İstasyonuna Uzaklık (İİU)
- 4) Tehlikeli Madde Depolarına Yakınlık (TMD)
- 5) Ahşap ve Tarihi Binalara Yakınlık (ABY)
- 6) Deprem Riskinin Yüksek Olduğu Yerlere Uzaklık (DRU)

şeklinde belirtilmiştir (Şekil 5.1). Uygulamanın bundan sonraki kısımlarında analiz ve sorgulamalarda kolaylık sağlaması açısından herbir ölçütün üç harften oluşan kısa adı kullanılacaktır.



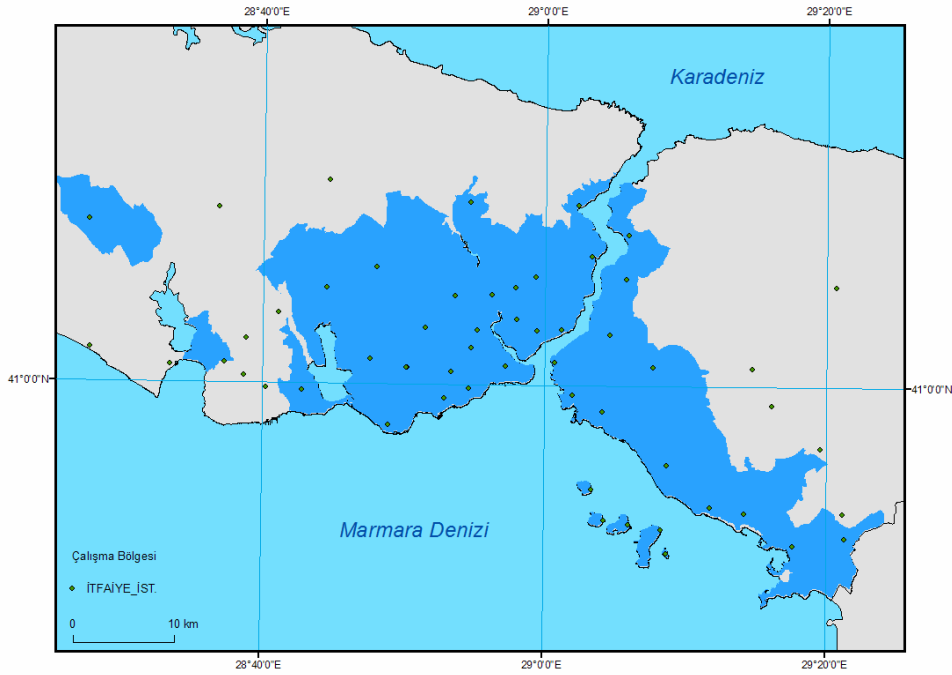
Şekil 5.1 : Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterimi.

Şekil 5.1’den de görüldüğü gibi uygulamanın birinci aşaması bir amacın belirlenmesini içermektedir. İkinci aşamada ölçütler saptanıp ağırlıklandırılarak üçüncü aşamadaki seçeneklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bölüm 4.1.1’de karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılması aşamasında Şekil 4.1 baz alınarak amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterimi başarılmıştır. Uygulamaya CBS açısından bakıldığında herbir ölçüt CBS’de amaca uygun formatta hazırlanan tabakalara karşılık gelmektedir. Herbir ölçütün birbiriyle ağırlıklı toplama işlemine tabi tutulması sonucunda seçenek veya seçenek grupları belirlenen piksel boyutunda CBS ortamında türetilmektedir.

Bu çalışmada bir pikselin boyutu 50x50 m’lik bir alanı kapsayacak şekilde belirlenmiş ve analizlerde bu piksel boyutu baz alınmıştır. Çalışmada üretilen raster veri mahalle bazında üretilmiştir. Özellikle mahalle sınırlarında, seçilen 50x50 m’lik piksel boyutundan dolayı, bir piksel bazen komşu iki mahalleye aitmiş gibi işlem görebilmektedir. Bu durumda her iki mahalle sınırındaki bu farklılık bir piksel boyutunu geçmemekte; yani mahalle sınırlarında en fazla 50x50 m²’lik bir alan diğer

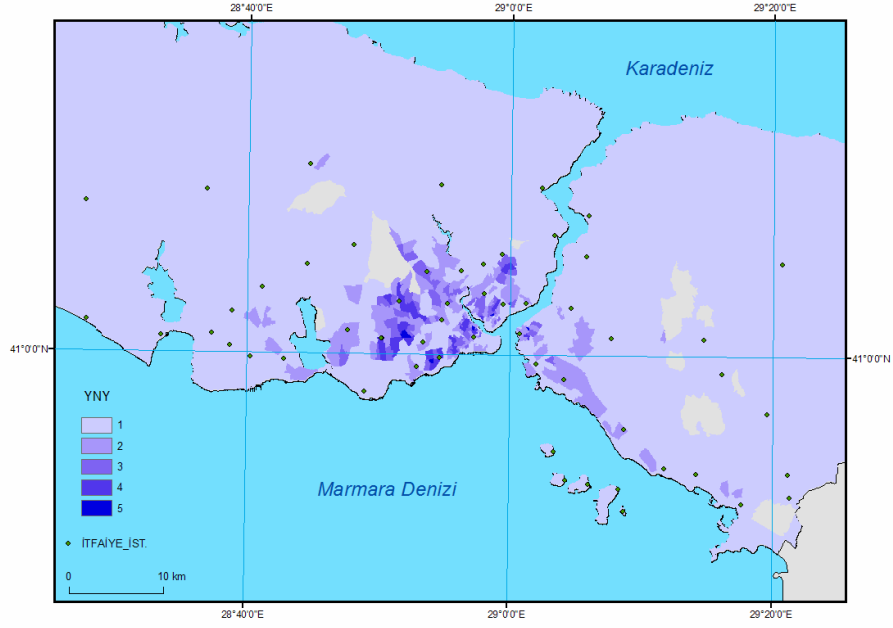
mahalleye ait piksel verisi olarak değerlendirilebilmektedir. Mahallenin toplam alanına oranlandığında mahalle sınırlarında oluşan bu durum ihmal edilecek düzeyde kalmaktadır.

Projede çalışma bölgesi olarak İstanbul İli'nde Avrupa ve Anadolu Yakası'nın her iki kesiminde nüfusun yoğun olduğu yerlerle, 2002 tarihli J.I.C.A. verisinin (J.I.C.A. ve I.B.B., 2002) üretiminde temel alınan 3030 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu'nun kapsadığı belediye sınırı temel alınmıştır. (Şekil 5.2). Şekil 5.2'de aynı zamanda 2008 yılı itibariyle varolan itfaiye istasyonları da gösterilmektedir.



Şekil 5.2 : Proje çalışma alanı.

Uygulamada Yüksek Nüfus Yoğunluğu (YNY) ölçütü için öncelikle İstanbul İli'ne ait mahalle bazında nüfus verisi elde edilmiş (Özcan, 2008) ve varolan vektörel veri, mahalle bazında net nüfus yoğunluğu temel alınarak raster veri tipine dönüştürülmüştür. Elde edilen raster veri 1 ile 5 değeri arasında ve 1 en düşük değeri; 5 ise en yüksek değeri alacak şekilde tekrar sınıflandırılmıştır (Şekil 5.3).



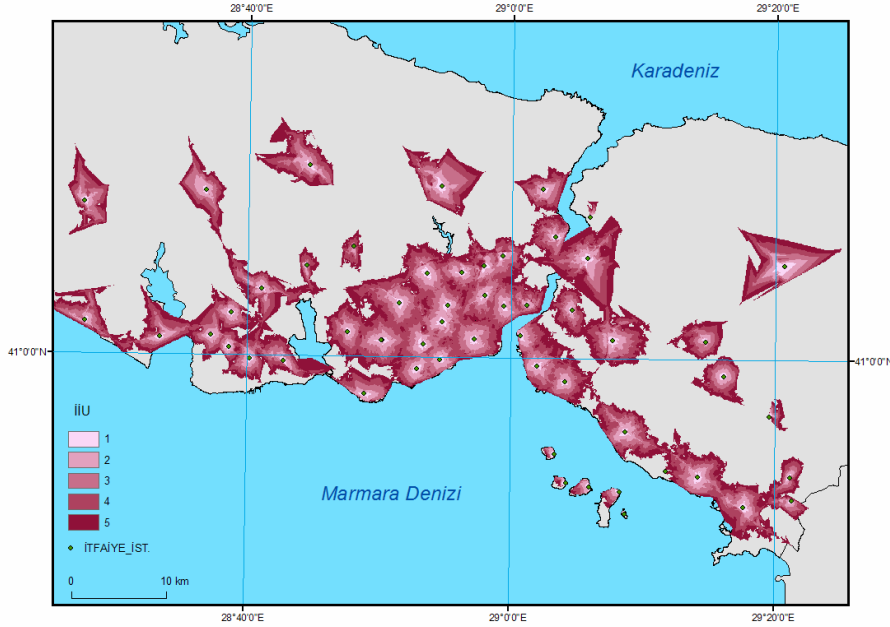
Şekil 5.3 : Sınıflandırılmış YNY verisi.

Anaarterlere Yakınlık (AAY) verisi olarak İstanbul İli'ne ait otoyol ve anayol orta hatları aynı tabakada birleştirilmiş (J.I.C.A. ve I.B.B., 2002) ve yol orta hattından 300 metre uzaklığa kadar olan alan raster veri tipine dönüştürülerek 1 ile 5 değeri arasında tekrar sınıflandırılmıştır. 5 değeri yol orta hattına yakın olan bandın değeri olurken 1 değerine kadar azalan değerler yol orta hattından olan uzaklaşmaları göstermektedir (Şekil 5.4).



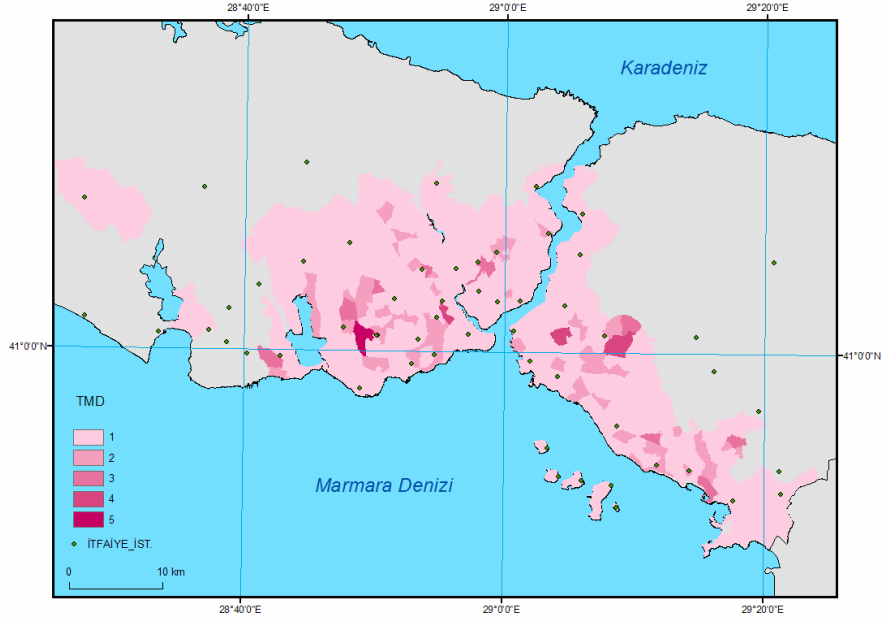
Şekil 5.4 : Sınıflandırılmış AAY verisi.

Gerçekleştirilen uygulamada varolan İtfaiye İstasyonuna Uzaklık (İİU) da bir ölçüt olarak alınmıştır. ArcInfo yazılımının Network Analyst eklentisi kullanılarak bir ağ veri seti oluşturulmuştur. Kullanılan yol verisi otoyol, anayol ve arayollar şeklinde düzenlenmiş ve öznitelik tablosu her bir yol segmenti için ortalama hızlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Otoyol, anayol ve arayollar için sırasıyla 90 km/s, 60 km/s ve 20 km/s 'ye sahip hızlar sisteme bir parametre olarak girilmiştir. Bu hız verilerine dayanarak varolan her bir itfaiye istasyonu için bir dakikadan beş dakikaya kadar beş farklı alanı kapsayan servis (erişim) alanı analizi yapılmıştır. Vektörel olarak üretilen erişim alanları raster veri tipine dönüştürülmüştür. Üretilen raster veri tekrar sınıflandırma işlemine tabi tutularak her bir itfaiye istasyonunun merkezinden servis alanının sınırına doğru 1 değerinden 5 değerine kadar olan değerler atanmıştır (Şekil 5.5).



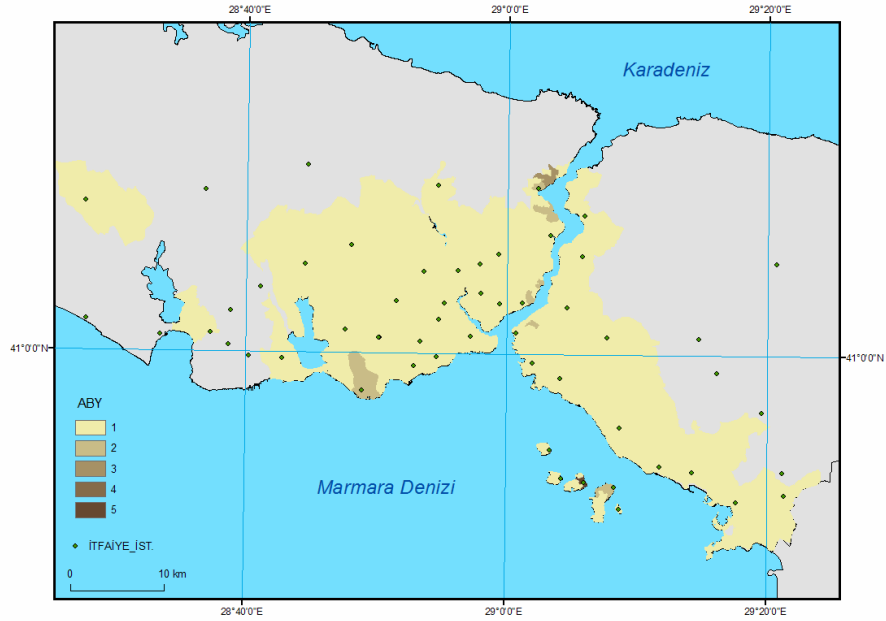
Şekil 5.5 : Sınıflandırılmış İİU verisi.

Tehlikeli Madde Depoları (TMD) da sistemde bir ölçüt olarak incelenmiştir. Mahalle bazında tehlikeli madde depolarının ve akaryakıt istasyonlarının sayıları baz alınarak (J.I.C.A. ve I.B.B., 2002) Şekil 5.6'da görülen raster veri türetilmiş ve sisteme bir ölçüt olarak dahil edilmiştir. Üretilen raster veri 1 değerinden 5 değerine kadar ve ilgili mahalledeki tehlikeli madde depolarının sayısı baz alınarak tekrar sınıflandırılmıştır.



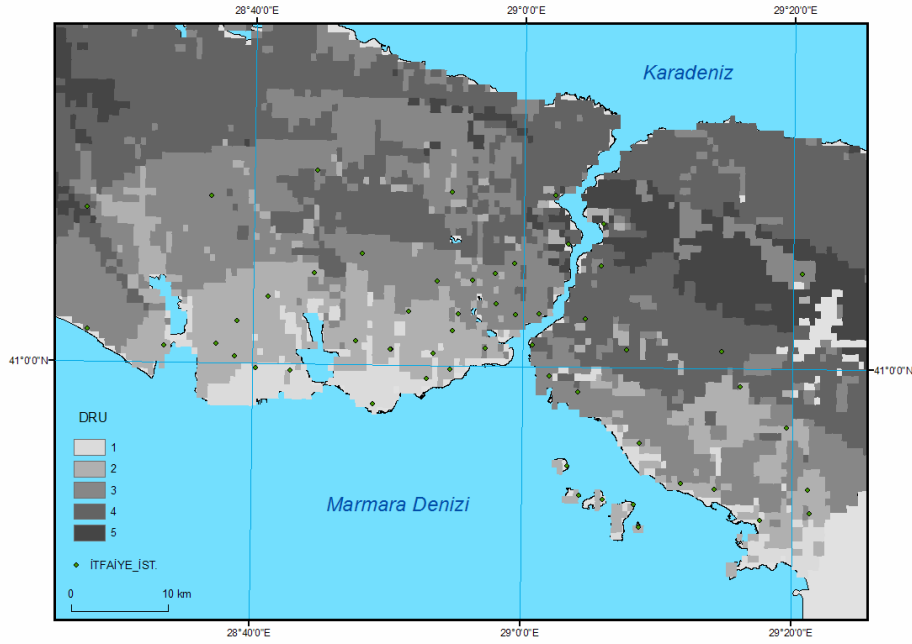
Şekil 5.6 : Sınıflandırılmış TMD verisi.

Tehlikeli madde depolarına benzer biçimde Ahşap Bina Yoğunluğu (ABY) verileri de mahalle bazında elde edilmiş (J.I.C.A. ve I.B.B., 2002) ve raster veri tipine dönüştürülerek tekrar sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 5.7)



Şekil 5.7 : Sınıflandırılmış ABY verisi.

Ayrıca bir diğer ölçüt olarak Deprem Riskinin Yüksek Olduğu Yerlere Uzaklık (DRU) dikkate alınmıştır. HAZTÜRK (Karaman, 2008) projesi kapsamında analizlerde kullanılmış olan deprem risk verisi raster formatta elde edilmiş ve tekrar sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Sınıflandırılmış DRU verisi.

Belirlenen tüm bu ölçütler için verilerin elde edilmesi ve ilgili dönüşümlerin yapılmasından sonra ölçütlerin önceliklerinin/ağırlıklarının Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) (4. Bölüm) ile belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Bu aşamada herbir ölçüt için daha önceden belirli olmayan öncelik/ağırlıkların bir grup kararına dayanarak ve konsensüs sağlanarak tutarlı bir biçimde belirlenmesi ve teorik temellere sahip olması çok büyük önem arz etmektedir. Bu işlemi destekleyecek şekilde ilgili ölçütlerin ikili karşılaştırılmasına dayanan sorular paketi değerlendirici iki grup tarafından değerlendirmeye tabi tutulmuş ve 4. Bölüm’de teorik temelleri verilen AHY’nin ikili karşılaştırma ölçeğine göre bir ölçütün diğeri üzerindeki baskınlık derecesi uzman görüşü alınarak saptanmıştır (Çizelge 5.1). Karşılaştırma ölçeği ile ilgili bilgi Bölüm 4.1.2’de İkili Bazda Karar Elemanlarının Karşılaştırılması ve Tutarlık Oranı (TO)’nun Belirlenmesi kısmında verilmiştir.

Çizelge 5.1 : AHY ikili karşılaştırma ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile çok çok güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

İstanbul Teknik Üniversitesi'nden afet planlaması konusunda uzman 10 öğretim üyesi ile İtfaiye Teşkilatı'nın Araştırma, Planlama ve Koordinasyon (APK) biriminde ve İstinye Grup Amirliği'nde görevli 6 uzmanın görüş ve değerlendirmelerinden yararlanarak AHY ikili karşılaştırma (tercih) matrislerinin oluşturulması sağlanmıştır. Çizelge 5.2'de afet yönetimi konusunda uzman bir öğretim üyesinin AHY ikili karşılaştırma değerleri verilmektedir. İkili karşılaştırma matrisinin yapısıyla ilgili bilgi Bölüm 4.1.2'nin içerisinde Çizelge 4.1'de ayrıca verilmiştir.

Çizelge 5.2 : İlgili ölçütlerin ikili karşılaştırma (tercih) matrisi.

ÖLÇÜTLER	YNY	AAY	IIU	TMD	ABY	DRU
YNY	1	3	6	1	1	5
AAY	0.333	1	5	0.25	0.25	3
IIU	0.167	0.2	1	0.25	0.33	3
TMD	1	4	4	1	3	6
ABY	1	4	3	0.333	1	5
DRU	0.2	0.333	0.333	0.167	0.2	1

Çizelge 5.2'den de görüleceği üzere herbir ölçütün kendisine göre olan baskınlık derecesi 1 olmakta ve oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi terslik kuralına da uymaktadır (Denklem 4.1). Örneğin köşegen değerlerin solunda yeralan değerler köşegenin sağında kalan değerlerin tersi olmaktadır. AHY'nin teorik temelleri 4. Bölüm'de ayrıntısıyla verildiğinden ayrıca burada tekrar değinilmeyecektir.

Öğretim üyelerinin ve itfaiyecilerin herbirinden elde edilen ikili karşılaştırma matrisi elemanları ayrı ayrı değerlendirilmiş ve en son ağırlıklandırmanın yapılması amacıyla herbir değerlendirici baz alınıp ikili karşılaştırma matrisinin ilgili hücreleri için geometrik ortalamalar hesaplanarak ortak bir grup ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te akademisyenler ve itfaiyecilerin değerlendirmelerinden geometrik ortalama ile elde edilen grup ikili karşılaştırma matrisleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 : Akademisyenlerce oluşturulan grup ikili karşılaştırma matrisi.

ÖLÇÜTLER	YNY	AAY	IIU	TMD	ABY	DRU
YNY	1	1.172	1.893	0.295	1.374	1.896
AAY	0.853	1	1.506	0.342	1.522	1.557
IIU	0.528	0.664	1	0.336	1.009	0.960
TMD	3.393	2.922	2.973	1	3.693	4.156
ABY	0.728	0.657	0.992	0.271	1	1.104
DRU	0.527	0.642	1.041	0.241	0.906	1

Çizelge 5.4 : İtfaiyecilerce oluşturulan grup ikili karşılaştırma matrisi.

ÖLÇÜTLER	YNY	AAY	IIU	TMD	ABY	DRU
YNY	1	3.354	5.249	1.395	3.356	5.651
AAY	0.298	1	2.300	0.345	1.576	2.806
IIU	0.191	0.435	1	0.276	0.460	1.576
TMD	0.717	2.898	3.625	1	2.423	3.578
ABY	0.298	0.634	2.173	0.413	1	2.012
DRU	0.177	0.356	0.634	0.280	0.497	1

Değerlendirmeye katılan akademisyenler ve itfaiyeciler tarafından oluşturulan grup ikili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi, normalize edilen değerlerden lamda değerleri ve tutarlılık indisi hesaplamaları sonucunda (Denklem, 4.2; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7; 4.8) akademisyenler için tutarlılık oranı 0.007; itfaiyeciler için ise bu oran 0.015 olarak elde edilmiştir. Hesaplanan her iki tutarlılık oranının 0.1 değerinden küçük olduğu gözlenmiş ve bu değerlerin tutarlı bir biçimde ve bilimsel kriterlere uygun bir şekilde elde edildiği belirlenmiştir (Bölüm 4.1.2).

Tüm bu hesaplamalar sonucunda herbir ölçüt için akademisyenlerin ve itfaiye görevlilerinin değerlendirmeleri uyarınca öncelik/ağırlık değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6).

Çizelge 5.5 : Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları.

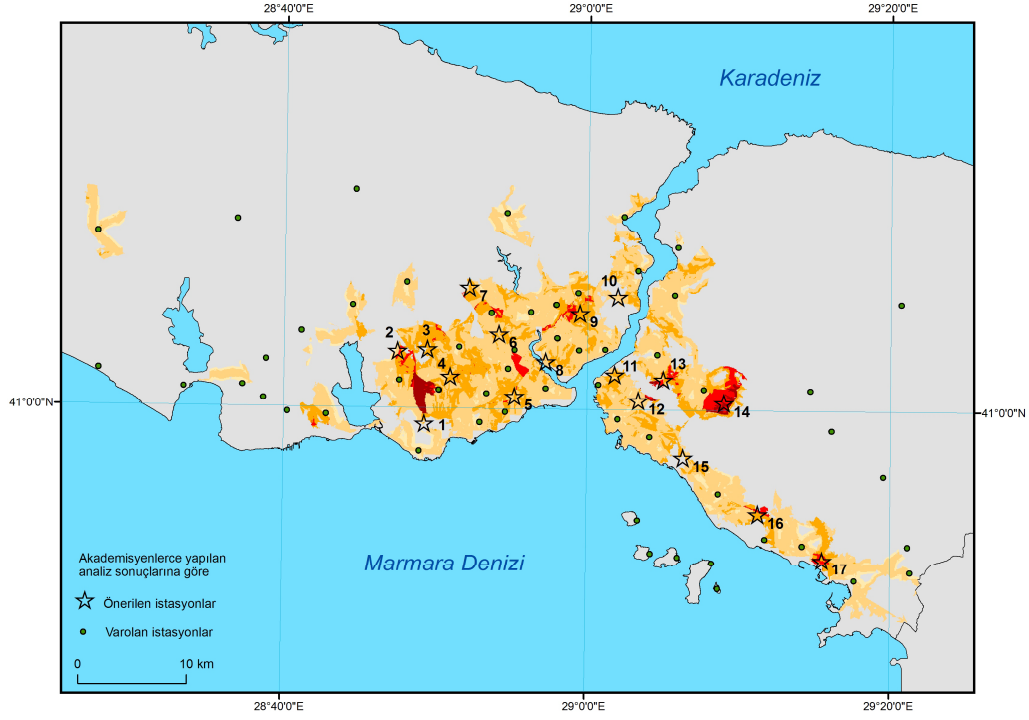
ÖLÇÜTLER	AĞIRLIKLAR
TMD	0.40 (%40)
YNY	0.16 (%16)
AAY	0.15 (%15)
IIU	0.10 (%10)
ABY	0.10 (%10)
DRU	0.09 (%9)

Çizelge 5.6 : İtfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıkları.

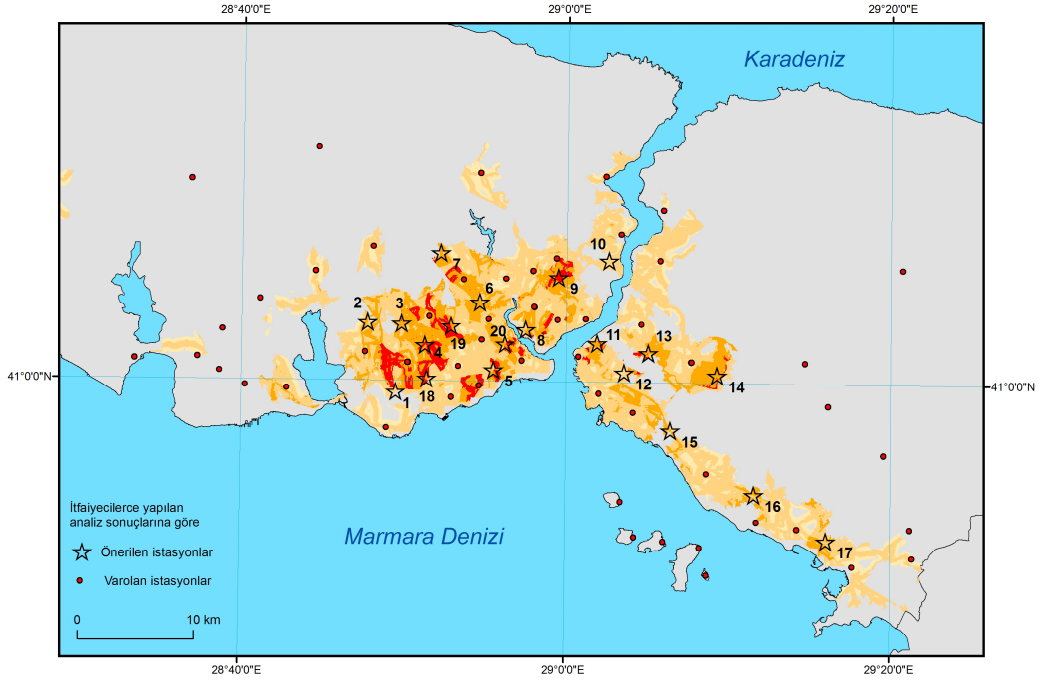
ÖLÇÜTLER	AĞIRLIKLAR
YNY	0.36 (%36)
TMD	0.26 (%26)
AAY	0.14 (%14)
ABY	0.11 (%11)
IIU	0.07 (%7)
DRU	0.06 (%6)

İtfaiye görevlileri yüksek nüfus yoğunluğuna akademisyenlerden daha yüksek önem/ağırlık verirken; tehlikeli madde depolarına akademisyenler itfaiyecilere göre daha yüksek önem/ağırlık atamışlardır. Diğer ölçütlerde küçük farklar dışında (%3 farka kadar) önemli bir değişiklik saptanmamış ve her iki değerlendirici grup kalan diğer ölçütlere yaklaşık aynı değerleri atamışlardır. Ölçütlere atanan bu ağırlıklar daha sonra ArcGIS yazılımında girdi verisi olarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Akademisyenler ile itfaiyecilerce belirlenen ağırlıklar için iki farklı analiz yapılmıştır. Analizlerde ArcGIS yazılımının ArcMap 9.2 platformunun Spatial Analyst eklentisi ile ArcToolbox araç kutusu kullanılmıştır. Analizde kullanılan herbir ölçüt (YNY, TMD, AAY, ABY, IIU, DRU) ArcGIS yazılımında birer tabaka ile betimlenmiştir. Kullanılan herbir ölçüt raster veri formatına dönüştürülmüştür (Şekil 5.3-5.8). Raster veri formatında betimlenen ölçütlerin ortak bir analize tabi tutulabilmesi amacıyla herbir ölçüt Reclassify (yeniden sınıflandırma) işlemine sokulmuştur. Reclassify işlemiyle herbir ölçüte 1 ile 5 arasında değişen değerler atanmıştır. Bu işlemler yapıldıktan sonra ArcToolbox araç kutusunun mekansal analiz araçları (Spatial Analyst Tools)'nın altında ağırlıklandırılmış toplam (Weighted Sum) aracı kullanılarak bindirme analizi yapılmıştır. Herbir ölçüt girdi raster verisi olarak temel alınmış ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi baz alınarak üretilen ölçüt ağırlıkları ağırlıklandırılmış toplama işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen analiz sonuçları akademisyenlerce ve itfaiye görevlilerince belirlenen ölçüt ağırlıklarına göre sırasıyla Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da gösterildiği şekilde oluşmuştur.



Şekil 5.9 : Akademisyenlere göre yapılan analiz ve önerilen istasyonlar



Şekil 5.10 : İtfaiyecilere göre yapılan analiz ve önerilen istasyonlar

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da varolan itfaiye istasyonları, önerilen itfaiye istasyonları ve çalışma bölgesi gösterilmektedir. Önerilen itfaiye istasyonları ile ilgili gerekçeli sonuçlar 6. Bölüm’de; elde edilen bu sonuçlarla ilgili ilçelerin de gösterildiği ayrıntılı harita çıktıları Şekil B.90 ve Şekil B.91’de verilmektedir.

Akademisyenler ve itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan analizlerden (Şekil 5.9 ve Şekil 5.10) sonra oluşturulan modelin duyarlılığını test etmek ve modeli doğrulamak amacıyla her bir ölçüt için CBS ortamında duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

Dantzig (1963) duyarlılık analizinin amacını şu şekilde belirtmektedir: “Duyarlılık analizi karar verme modellerinin uygulanmasında ve etkin bir biçimde kullanılmasında temel bir kavram olarak belirmektedir. Duyarlılık analizinin amacı, parametrelerin değişimi altında en uygun çözümün kararlılığını ve tutarlılığını değerlendirmektir”. Duyarlılık analizinde küçük ağırlık değişimlerine maruz bırakılan bir ölçütün değişimleri izlenerek herhangi bir ölçüt için kritik değerler belirlenmektedir. Karar verici de ilgilendiği çok ölçütlü karar verme probleminin hangi kritik kısmına daha fazla önem vermesi gerektiğini duyarlılık analizi ile saptamaktadır. İlgili ölçütlere uygulanacak duyarlılık analizi için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Triantaphyllou ve Sanchez, 1997; Triantaphyllou, 2000):

$$\omega_j = (1 - \omega_i) * \left(\frac{\omega_j^0}{(1 - \omega_i^0)} \right) \quad (5.1)$$

ω_j ; j . ölçütün duyarlılık analizinde kullanılacak yeni ağırlık değerini göstermektedir. ω_i ise duyarlılık analizinde ağırlık artımına veya azaltımına tabi tutulan i . ölçütün yeni ağırlık değeridir. ω_i^0 ve ω_j^0 ağırlık değerleri ise sırasıyla i . ve j . ölçütlerin duyarlılık analizine tabi tutulmadan önceki ağırlık değerleri olmaktadır.

Yukarıdaki formülasyona göre YNY ölçütü için $\omega_i = 0.2$ (%20) ağırlık değerine göre AAY ölçütünün yeni ağırlık değeri $\omega_j = 0.137$ olarak hesaplanmaktadır:

$$(1 - 0.2) * \left(\frac{0.144}{(1 - 0.158)} \right) = \omega_j = 0.137$$

Bu çalışmada her bir ölçüt baz alınarak (YNY, AAY, IIU, TMD, ABY, DRU) ilgili tüm diğer ölçütler için %0 ile %100 arasında olmak üzere ve %20’lik ağırlık değerlerini göre duyarlılık analizi değerleri hesaplanmış ve hesaplanan tüm değerler EK A’da verilmiştir.

Akademisyenlerce saptanan ağırlıklara göre CBS ortamında 42 adet duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. İtfaiye görevlilerince belirlenen ağırlıklara göre de CBS

ortamında ilgili ara değerler baz alınarak 47 adet duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Analizdeki her bir ölçütün kendisi de dahil olmak üzere %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 şeklinde belirlenen ağırlık değişimlerine göre diğer ölçüt ağırlıklarının kendi ağırlıkları oranında değiştirilmesi ve toplam ağırlık yüzdesinin % 100 olması sağlanmıştır. EK B’de CBS ortamında gerçekleştirilen tüm duyarlılık analizi sonuçları verilmektedir. Buna göre Şekil B.1 ile Şekil B.7 arasındaki analiz sonuçları YNY ölçütü için akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlık değişimleri baz alınarak yapılan değerlendirmeyi göstermektedir. Şekil B.8 ile Şekil B.14 arası analizler AAY ölçütünün; Şekil B.15 ile Şekil B.21 arası analizler İİU ölçütünün; Şekil B.22 ile Şekil B.28 arası analizler TMD ölçütünün; Şekil B.29 ile Şekil B.35 arası analizler ABY ölçütünün; Şekil B.36 ile Şekil B.42 arası analizler ise DRU ölçütünün akademik değerlendirmeye göre belirlenen ölçüt ağırlık değişimlerini göstermektedir.

Benzer biçimde Şekil B.43 ile Şekil B.50 arası analizler YNY ölçütünün; Şekil B.51 ile Şekil B.58 arası analizler AAY ölçütünün; Şekil B.59 ile Şekil B.66 arası analizler İİU ölçütünün; Şekil B.67 ile Şekil B.74 arası analizler TMD ölçütünün; Şekil B.75 ile Şekil B.81 arası analizler ABY ölçütünün; Şekil B.82 ile Şekil B.89 arası analizler ise DRU ölçütünün İtfaiye Görevlilerince belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan analiz sonuçlarını göstermektedir.

YNY ölçütünün akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan duyarlılık analizlerinde şu hususlar öne çıkmaktadır: YNY ölçütünün model içindeki ağırlığı akademisyenlerce %16 olarak belirlenmiş ve ölçütün kendi ağırlık değeri de dahil olmak üzere %0 ile %100 arasında %20’lik ağırlık değerlerine göre YNY ölçütü için toplam 7 adet duyarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan duyarlılık analizlerinden modelin YNY ölçütü için %30’luk ağırlık değişimine duyarlılık gösterdiği saptanmıştır. YNY ölçütünün ağırlığı %16 olduğuna göre ağırlık değerinin yaklaşık %0’a kadar olan kısmı ile %30’a kadar olan kısmı YNY ölçütü için duyarlılık aralığı olarak belirlemektedir. Ölçüte atanan %40, %60, %80 ve %100 gibi yüksek ağırlık değerleri üretilen sonuç harita üzerinde değişikliğe sebep olmaktadır. İstanbul Anadolu yakası için belirlenen yeni itfaiye istasyonlarının olası yerleri YNY ölçütünün ağırlığının artması sonucu Avrupa yakasında yoğunlaşma eğilimi göstermektedir. Nüfus yoğunluğunun ağırlığının artırılması sonucu oluşan bu durum modelin doğru bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Duyarlılık analizi sonucunda

YNY ölçütü için belirlenen yaklaşık %30'luk duyarlılık aralığı analizin duyarlılığını betimlemektedir. Grup karar vermeye dayanan ölçüt ağırlığı belirleme işleminde bir ölçütün (örneğin burada YNY ölçütü) ağırlığı zamanla değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin bu çalışmada %16'lık ağırlık değerine sahip YNY ölçütü için ağırlık değerlerinin %0 ve %30 olması halinde dahi model güvenli bir şekilde çalışmaktadır. Bu sonuç da grup kararı ile belirlenen ölçüt ağırlığının doğru ve güvenilir bir biçimde belirlendiğini ve modelin doğru ve tutarlı bir biçimde işlediğini göstermektedir. Eğer belirlenen duyarlılık aralığı küçük ağırlık değişimlerine cevap vermiş olsaydı (örneğin ölçütün ağırlık değerinden %2-3 azalan veya %2-3 artan yönde bir duyarlılık aralığı oluşsaydı) bu durumda mümkün olduğunca çok sayıda duyarlılık analizi yapmak gerekecek ve çok küçük ağırlık değişimlerine önem vermek durumunda kalınacaktı. Bu ölçüt için belirlenen kritik değerler (azalan ve artan yönde) çok küçük bir aralığa sahip olacağından karar verme probleminde olası küçük ağırlık değişimleri için model duyarlılığını kaybedebilecekti. Burada ise yaklaşık olarak %15 azalan yönde ve %15 artan yönde bir duyarlılık aralığı olduğundan gerçekleşen modelin olası küçük ağırlık değişimlerinden etkilenmediği sonucu çıkmakta ve oluşturulan model tutarlılık arz etmektedir.

Akademisyenlerce değerlendirmeye tabi tutulan Anaarterlere Yakınlık (AAY) ölçütü için de YNY ölçütünde değinilen konulara benzer şeyler söylenebilir. AAY ölçütünün model içindeki ağırlığı akademisyenlerce %14 olarak belirlenmiş ve bu ölçüt için de %20'lik ağırlık değerleri baz alınarak 7 adet duyarlılık analizi yapılmıştır. AAY ölçütü için duyarlılık aralığının yaklaşık % 30'lar mertebesinde olduğu yapılan duyarlılık analizi sonucu belirlenmiştir (yaklaşık % 15 azalan ve % 15 artan yönde). Özellikle AAY ölçütünün %40'ı aşan ağırlık değerleri sonuç ürünü anlamsız hale getirmektedir. Burada yola yakınlık parametresi baz alındığından ve İstanbul'un iki yakasındaki anayol ve otoyol ağı değerlendirmeye tabi tutulduğundan % 40'ı aşan ağırlık değerlerinde İstanbul'un iki yakası için de ilgilenilen bölgenin hemen hemen tümünü kaplayan seçenekler (sonuç ürün olan haritada analiz sonucu belirlenen piksel veya piksel grupları) oluşmakta ve analiz sonucu anlamsızlaşmaktadır. Bu sonuç da özellikle AAY parametresi için ağırlık değerlerinin doğru, güvenilir ve tutarlı bir biçimde belirlendiğini göstermektedir.

Akademisyenlerce değerlendirmeye tabi tutulan bir diğer ölçüt %10'luk ağırlık değeriyle model içinde yer alan varolan İtfaiye İstasyonuna Uzaklık (İİU) ölçütüdür.

İİU ölçütü için de toplam 7 adet duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu ölçütün değerlendirilmesi sonucunda duyarlılık aralığı %30'lar mertebesinde bulunmuştur. Oluşturulan model, ölçütün özellikle %40 ağırlık değerinden daha fazla olan değerlerine aşırı cevap vermekte ve varolan itfaiye istasyonları için özellikle beş dakikalık erişim alanı dışında kalan alanların hemen hemen hepsi seçenek veya seçenek grubunu oluşturmakta ve sonuç ürün anlamsız hale gelmektedir. Elde edilen bu sonuç da İİU parametresinin model içinde doğru, güvenilir ve tutarlı bir ölçüt olarak yer aldığına göstergesi olmaktadır.

Tehlikeli Madde Depoları (TMD) ölçütü de akademisyenlerce değerlendirme analizinin içinde %40'lık ağırlık değeriyle yer almaktadır. TMD ölçütü için toplam 6 adet duyarlılık analizi yapılmıştır (ölçütün kendi ağırlığı %40 olduğundan toplamda 6 adet duyarlılık analizi uygulanmıştır). Bu ölçüt için duyarlılık aralığı toplamda %20 olarak belirlenmiştir (%30 ve %50 ağırlık değerleri arasında). Ölçütün model içerisindeki %30'luk değerinden daha az değerleri ile % 50'nin üzerindeki değerleri sonuç ürünü anlamsızlaştırmaktadır. Bu sonuç da özellikle TMD ölçütü için ağırlık değerlerinin mümkün olduğunca incelikli olarak belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Yine de ölçüt, %20'lik bir duyarlılık aralığı içinde yer aldığından, karar vericilerin olası ağırlık değerlendirme değişikliklerine optimum cevap verecek şekilde ağırlıklandırılmış olmakta ve bu durum da modelin doğru, güvenilir ve tutarlı bir biçimde kurulduğunu göstermektedir.

Akademisyenlerce değerlendirilen bir diğer ölçüt de model içinde % 10'luk ağırlık değeriyle yer alan Ahşap Bina Yoğunluğu (ABY) olmaktadır. ABY ölçütü için kendi ağırlık değeri de dahil olmak üzere toplam 7 adet duyarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan duyarlılık analizinde ABY ölçütü için duyarlılık aralığı kendi ağırlığı %10 olduğundan azalan yönde %10 (%0 ağırlık değeri için yapılan duyarlılık analizi) ve artan yönde de %40 olarak belirlenmiştir. Özellikle %40 ağırlık değerinden daha fazla olan değerler için yapılan duyarlılık analizleri sonucu anlamsızlaştırmaktadır. Burada uygulanan duyarlılık analizinin model içinde optimum cevabı vermesi açısından şunlar söylenebilir: Özellikle ABY ölçütünün %20'lik ağırlık değeri arttırımına modelin belli duyarlılık aralığında cevap vermesi beklenir. Eğer ABY ölçütü belirlenen ağırlık değerleriyle arttırılırken (%20'lik ağırlık arttırım değerleri) ve diğer ölçütler kendi ağırlıkları oranında tüm ölçütlerin toplamı %100 olacak şekilde azaltılırken, elde edilen sonuç üründe herhangi bir değişiklik gözlenmiyorsa

kullanılan ölçütün model içinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı sonucu çıkmaktadır. Burada gözlenen durum ise, ABY ölçütü model içindeki ağırlık değişimlerine cevap verdiğinden, duyarlılık aralığının artan yönde %30'lar mertebesinde olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda model, ABY ölçütü için karar verici/değerlendiricilerin olası ağırlık değişimlerine cevap verecek şekilde oluşturulmuş olmakta ve model küçük ağırlık değişimlerinden etkilenmemektedir.

Deprem Riskinin Yüksek Olduğu Yerlere Uzaklık (DRU) ölçütü de model içinde % 9'luk ağırlık değerine sahip olarak değerlendirilmiştir. DRU ölçütü için kendi ağırlık değeri de dahil olmak üzere 7 adet duyarlılık analizi yapılmıştır. Ölçütün duyarlılık analizinde %0 ağırlık değerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu durum ölçütün azalan yönde en azından % 10'luk bir duyarlılık aralığına sahip olduğunu göstermektedir. Ölçütün artan yönde ağırlık değişiminde özellikle %20'lik ağırlık değerinden daha büyük değerlerinde sonuç üründe değişimler gözlenmiştir. Bu sonuç, DRU ölçütünün artan ve azalan yönde %10 ağırlık değişim değeri olmak üzere toplamda %20'lik bir duyarlılık aralığına sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle ölçütün yüksek ağırlık değerlerinde (%60, %80, %100 gibi) olası bir itfaiye istasyonu için yeni yerlerin, DRU ölçütünün baskınlığından dolayı, ilgilenilen bölgeyi hemen hemen kapladığı gözlenmekte ve sonuç ürün anlamsızlaşmaktadır. Bu bağlamda özellikle ölçütün sahip olduğu %9'luk ağırlık değerinin %0 ve %20 değerlerini alması modelin genel işleyişini ve modelden elde edilen sonuç ürünü etkilememektedir. Yaklaşık %20'lik değere sahip bir duyarlılık aralığı DRU ölçütü için optimum sonuçları üretebilecek bir duyarlılık aralığıdır. Karar verici/değerlendiricilerin bu ölçütü değerlendirmedeki %2-3 oranında sapmaları veya bu oranlarda kararlarını değiştirmeleri durumunda da model %20'lik duyarlılık aralığından dolayı optimum bir biçimde işlemektedir. Bu bağlamda DRU ölçütü için yapılan duyarlılık analizleri de modelin doğru, güvenilir ve tutarlı bir biçimde kurulduğunu göstermektedir.

Ayrıca, İstanbul İtfaiye Teşkilatı'nın Araştırma Planlama Koordinasyon (APK) birimindeki görevliler ile İstinye Grup Amirliği'nde görevli itfaiyecilerin değerlendirmeleri uyarınca incelenen altı ölçüt için duyarlılık analizleri yapılmıştır. İtfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlık değerleri baz alınarak yapılan bu duyarlılık analizlerinde akademisyenlerce yapılandırılan duyarlılık analizlerine benzer yol izlenmiştir. Herbir ölçütün kendi ağırlık değeri de dahil olmak üzere %0 ağırlık

değerinden %100 ağırlık değerine kadar olan %20'lik ağırlık değerlerine modelin ürettiği cevaplar incelenmiştir. Ayrıca herbir ölçütün kendi ağırlık değerinden olan küçük sapmaları ve herbir ölçüt için kritik değerleri belirlemek amacıyla ara ağırlık değerlerinde de duyarlılık analizleri yapılmıştır (Yapılan tüm duyarlılık analizleri EK B'de sunulmuştur). Bu bağlamda itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarının duyarlılık analizleri için şunlar söylenebilir: Belirlenen her altı ölçüt için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Yapılandırılan analizlerde özellikle beş ölçüt için (YNY, AAY, İİU, TMD ve DRU) toplamda yaklaşık %12-13 ağırlık değerine sahip bir duyarlılık aralığı belirlenmiştir (ölçüt ağırlığından azalan ve artan yönde yaklaşık %5-6 ağırlık değerleri elde edilmiştir). ABY ölçütü için ise duyarlılık aralığı ölçütün kendi ağırlık değerinden azalan yönde %10 ve artan yönde %30 olmak üzere yaklaşık %40 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar da itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarının mümkün olduğu kadar incelikli bir şekilde belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. İtfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarının olası küçük değişimlerine (%5-6 ağırlık değişimleri) model duyarlılık arz etmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, acil durum servislerinin yer seçiminin CBS ortamında belirlenmesinde, AHY ile CBS'nin bütünleşik olarak kullanımı araştırılmıştır. Acil durum servislerinden olan itfaiye istasyonları için yer seçiminin başarılmasına yönelik olarak bir AHY-CBS yer seçimi modeli oluşturulmuş, altı ölçüt (YNY, AAY, İIU, TMD, ABY, DRU) belirlenmiş, iki karar verici grubun (akademisyenler ve itfaiyeciler) görüş ve değerlendirmeleri baz alınarak bu ölçütler AHY kavramından yararlanılarak önceliklendirilmiş/ağırlıklandırılmıştır (5. Bölüm). İki ayrı karar verici grubun ağırlıklandırma ve değerlendirmeleri sonucunda 5. Bölüm'de harita formatında sunulan sonuç ürünler oluşturulmuştur (Şekil 5.9; Şekil 5.10). Akademisyenlerce ve itfaiyecilerce değerlendirmeye tabi tutulan ölçütler için belirlenen ağırlıklar Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir. İki ayrı değerlendirici grubun özellikle ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında birbirinden ayrıldıkları sonucuna varılmıştır. Buna göre: YNY ölçütünün, her iki değerlendirici gruba göre, ağırlık değerinde oluşan fark %20; TMD ölçütü için oluşan fark %14; AAY ölçütü için oluşan fark %1; İIU ölçütü için oluşan fark %3; ABY ölçütü için oluşan fark %1 ve DRU ölçütü için oluşan fark %3 olarak belirlenmiştir. Ölçüt ağırlıklandırma sonuçlarından ve bunlardan elde edilen farklardan da görüleceği gibi iki karar verici/değerlendirici grubun özellikle YNY ve TMD ölçütlerinin ağırlıklandırma aşamasında birbirlerinden ayrıldıkları gözlenmiştir. Diğer ölçütler arasında en fazla %3'lük bir fark bulunmaktadır.

Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesine ek olarak, oluşturulan modelin duyarlılığını test etmek ve modeli doğrulamak amacıyla CBS ortamında duyarlılık analizleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen duyarlılık analizleri sonucunda elde edilen bulgular ve analiz sonuçları 5. Bölüm'de ve EK B'de ayrıntısıyla verilmektedir. Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan duyarlılık analizleri sonucunda duyarlılık aralığı %30'lar mertebesinde oluşurken; itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan duyarlılık analizleri sonucunda duyarlılık aralığı %12-13'ler mertebesinde oluşmuştur. Duyarlılık aralığının belirli

değişimleri için literatürde belli bir değer verilmemesine rağmen burada oluşan durumda itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarının olası küçük değişimlerine (herbir ölçüt için artan ve azalan yönde %5-6 gibi ağırlık değişimleri) model duyarlılık göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar da itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarının mümkün olduğunca incelikli bir biçimde belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmada, 5. Bölüm’de belirtilen ölçütler de gözönüne alınarak kabul edilebilecek sayıda yeni itfaiye istasyonu için en uygun yerler önerilmiştir. Buna göre belirlenen çalışma alanı içerisinde (Şekil 5.2) 23 adeti Avrupa Yakası’nda, 12 adeti Anadolu Yakası’nda olmak üzere 35 adet mevcut itfaiye istasyonu analize dahil edilmiştir. Çalışma bölgesi içinde bulunan 35 istasyonun uluslararası standart olan 5 dakika erişim zamanını sağlamadığı saptanmıştır. Mevcut istasyonlar için erişim analizi yapıldığında bu istasyonların erişim alanları arasında herhangi bir örtüşme olmadığı sonucuna da varılmıştır. Bu çalışmada, bundan dolayı, mevcut istasyonların yerlerinin değiştirilmesinden çok yeni istasyon yerlerinin önerilmesi üzerinde durulmuştur. Mevcut istasyonlar ile önerilen istasyonların uygun bir dağılım oluşturmaya özellikle dikkat edilmiştir. Önerilen yeni istasyon yerleri noktasal olmaktan çok mahalle bazlıdır. Özellikle nüfusun ve yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde boş alan, hazine/belediye arazisi gibi alanların bulunabilmesi oldukça zor olduğundan, bu işlem, uygulayıcılara önerilen bölge/mahalle içinde en uygun yerin tahsis edilmesine bağlı olmaktadır.

Tez çalışmasında, akademisyenlerce (Şekil 5.9) ve itfaiyecilerce (Şekil 5.10) belirlenen ölçüt ağırlıkları sonucu yapılandırılan analizler ayrı ayrı yorumlanmış, yeni istasyon yeri önerileri belirtilmiş ve her iki analizden elde edilen öneriler karşılaştırılmıştır. Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 teorisyenler (akademisyenler) ile uygulayıcıların (itfaiyeciler) acil durum servislerinin yer seçimine bakış açılarının da farklılığını göstermesi açısından önemlidir. Bu durumda şu şekilde bir yorum yapılabilir: Akademisyenler açısından tehlikeli madde depolarının (TMD) bulunduğu yerlere yakın olan bölgelere/mahallelere -TMD’nin model içindeki ağırlığı % 40 olduğundan dolayı- itfaiye istasyonu yapılması gerekliliği ortaya çıkarken (Şekil 5.9); itfaiyecilere göre ise nüfusun fazla olduğu yerler yüksek yangın tehlikesi arzetymekte ve yangına maruz kalan nüfus daha büyük önem kazanmaktadır (Şekil

5.10). Şekil 5.9'un oluşmasında baskın olan ölçüt TMD olurken Şekil 5.10'un oluşmasında baskın olan ölçüt YNY olmaktadır.

Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan analizin yorumlanması sonucunda önerilen istasyonlar gerekçeleriyle birlikte aşağıdaki gibi oluşmaktadır (Şekil 5.9):

Bakırköy, Bahçelievler ve Küçükçekmece ilçelerinin kesişimi baz alınarak Kartaltepe, Yenibosna Merkez ve Ataköy 7-8-9-10. kısım Mahalleleri'nin kesişiminde bulunan bölge yeni itfaiye istasyonu olarak önerilmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 1 numaralı istasyon). Bu durum özellikle Yenibosna mahallesinde tehlikeli madde tesislerinin yoğun olarak bulunmasından ileri gelmektedir. Bu sayede bu mahallelerin yakınında bulunan Sefaköy ve Kocasınan istasyonlarının erişim alanlarının iyileştirilmesi sağlanacaktır. Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıklarından olan TMD %40 gibi yüksek bir oranla analize dahil edildiğinden bu alanda yeni bir istasyona gereksinim duyulmakta ve bu alana yeni bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir. Ayrıca tesis edilecek bu istasyon ana arterlere de yakın olacağından itfaiye müdahalesini iyileştireceği ve etkinleştireceği de açıkça görülmektedir.

Bağcılar İlçesi Mahmutbey Mahallesi ile Küçükçekmece İlçesi İkitelli Mahallesi'nin kesişim sınırı alanına, İkitelli Mahallesi'nin net nüfus yoğunluğu yüksek olduğundan ve bu mahallede organize sanayi bölgesi ile tehlikeli madde depoları bulunduğundan dolayı yeni bir istasyon önerisinde bulunmaktadır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 2 numaralı istasyon). Bu nedenle Yenibosna ile Halkalı Mahalleri'ne de optimum hizmet verilmesi sağlanacaktır.

Bağcılar İlçesi'nde bulunan Güneşli, Kirazlı ve Yenimahalle Mahalleleri'nin kesişim alanına, bu mahallelerin net nüfus yoğunlukları yüksek olduğundan ve Kocasınan ile Bağcılar itfaiye istasyonlarının erişim alanının dışında kaldığından, yeni bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 3 numaralı istasyon).

Bağcılar İlçesi Yıldıztepe ve Yenigün Mahalleleri ile Güngören İlçesi Güneştepe Mahallesi'nin kesişim alanına yeni bir istasyon tesis edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 4 numaralı istasyon). Özellikle bu üç mahallenin net nüfus yoğunluklarının oldukça yüksek olması ile Kocasınan,

Merter ve Bağcılar istasyonlarına destek verilebilmesi bu sonuca ulaşmada etkin rol oynamıştır.

Ayrıca, Fatih İlçesi Seyit Ömer, Uzun Yusuf, İbrahim Çavuş ve Deniz Abdal Mahalleri'nin kesişim alanına bir istasyon tesis edilmesi uygun görülmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 5 numaralı istasyon). Fatih İlçesi ve özellikle adı geçen mahalleler oldukça yüksek net nüfus yoğunluğuna sahip olduğundan bu karar verilmiştir. Bu sayede Zeytinburnu ve Fatih istasyonlarının itfai olaylara müdahaleleri de iyileştirilebilecektir. Ek olarak tehlikeli madde tesisleri açısından yüksek yoğunluğa sahip Eyüp İlçesi Topçular Mahallesi'ne de bu amaçla etkin bir hizmet verilecek ve Bayrampaşa ile Eyüp istasyonlarına destek sağlanacaktır.

Gaziosmanpaşa İlçesi Yıldıztabya, Sarıgöl ve Bağlarbaşı Mahalleleri'nin kesişim alanına da bir istasyon tesis edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 6 numaralı istasyon). Bu kararda özellikle Gaziosmanpaşa İlçesi'nin ve adı geçen mahallelerin net nüfus yoğunlukları rol oynamıştır. Ayrıca Eyüp, Gaziosmanpaşa ve Alibeyköy istasyonlarının erişim alanlarının ve itfai olaya müdahale sürelerinin etkinleştirilmesi de bu şekilde sağlanacaktır.

Ek olarak Gaziosmanpaşa istasyonunun erişim alanının dışında kaldığından ve yüksek net nüfus yoğunluğuna sahip olduğundan Gaziosmanpaşa İlçesi'nde bulunan Uğur Mumcu, Sultançiftliği ve 50.Yıl Mahalleleri'nin kesişim alanına ek bir istasyon tesis edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 7 numaralı istasyon).

Beyoğlu İlçesi'nde bulunan Kaptanpaşa, Kulaksız ve Küçük Piyale Mahalleleri'nin kesişim alanına da bir istasyon tesis edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 8 numaralı istasyon). Özellikle yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bu mahalleler, Şişli ve Beyoğlu istasyonlarının erişim alanlarının dışında kaldığından bu istasyona kesinlikle ihtiyaç vardır. Tesis edilecek istasyon ile Şişli ve Beyoğlu istasyonlarının erişim alanı dışında kalan Haliç sahil kesimine etkin bir itfai müdahalenin sağlanması amaçlanmaktadır.

Kağıthane İlçesi'nde Kağıthane ve Seyrantepe istasyonlarının erişim alanlarının iyileştirilmesi amacıyla Gültepe, Çağlayan, Harmantepe ve Hürriyet Mahalleri'nin kesişim alanına bir istasyon tesis edilmesi önerilmiştir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 9 numaralı istasyon). Sözü edilen bu mahallelerdeki net nüfusun yüksek

olması ve Çağlayan Mahallesi'nin tehlikeli madde tesislerini içermesi bu kararda etkin rol oynamıştır.

Bir diğer istasyon yeri önerisi olarak Sarıyer İlçesi Fatih Sultan Mehmet Mahallesi uygun görülmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 10 numaralı istasyon). Özellikle bu mahallenin son yıllarda artan nüfusu bu mahalleye ve dolayısıyla yakın çevresine yeni bir istasyonun tesis edilmesini gerekli kılmıştır. Özellikle Boğaziçi'nin bu kesiminde İstinye ve Beşiktaş istasyonları olmak üzere sadece iki istasyon hizmet vermektedir. Yeni istasyon önerisinin Boğaziçi sahil kesimine etkin bir itfai müdahalenin sağlanması açısından önemi büyük olacaktır.

Üsküdar İlçesi Burhaniye, İcadiye ve Altunizade Mahalleleri'nin kesişim alanında da bir itfaiye istasyonunun tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 11 numaralı istasyon). Bu amaçla Üsküdar ve Çengelköy istasyonlarının erişim alanlarının dışında kalan bölgelerle Boğaziçi Köprüsü'nün Anadolu Yakası sahil kesimine etkin bir hizmet verilebilecektir.

Ayrıca Üsküdar İlçesi Ünalın, Bulgurlu ve Acıbadem Mahalleleri'nin kesişim alanına ek bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 12 numaralı istasyon). Bu bölge özellikle Üsküdar, Kadıköy ve Erenköy istasyonlarının erişim alanlarının dışında kalmakta ve bu bölgeye kesinlikle bir istasyon tesis edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Ümraniye İlçesi İnkilap, Atatürk ve İstiklal Mahalleleri'nin kesişim alanına bir istasyon tesis etmek gerekliliği ortaya çıkmaktadır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 13 numaralı istasyon). Özellikle bu mahallelerin net nüfus yoğunluklarının yüksek olması sebebiyle bu bölgede bir itfaiye istasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede Çengelköy ve Ümraniye istasyonlarının erişim alanlarının dışında kalan bölgeye itfaiye hizmetinin etkin bir biçimde verilmesi sağlanacaktır.

Ümraniye İlçesi'nde bulunan Yukarı ve Aşağı Dudullu Mahalleleri'nin kesişim alanına özellikle bu iki mahallede mevcut bulunan tehlikeli madde depolarının varlığından dolayı bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 14 numaralı istasyon). Bu sayede Ümraniye istasyonunun erişim alanının dışında kalan ve risk arzeden yerleşim yerleri de kapsanacak ve etkin bir itfai müdahale sağlanmış olacaktır.

Kadıköy İlçesi İçerenköy Mahallesi ile Maltepe İlçesi Aydınevler ve Altıntepe Mahalleleri'nin kesişim alanına, özellikle Erenköy ile Maltepe istasyonlarının erişim alanı dışında kalan bölgelere etkin ulaşımın sağlanması açısından, yeni bir istasyonun tesis edilmesine büyük bir ihtiyaç duyulmaktadır (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 15 numaralı istasyon).

Kartal İlçesi'nde bulunan Cevizli, Soğanlık ve Esentepe Mahalleleri'nin kesişim alanına bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 16 numaralı istasyon). Bu sayede Kartal ve Maltepe istasyonları tarafından ulaşılamayan bölgelere de ulaşılabilecek ve etkin bir itfai müdahalede bulunulabilecektir.

Pendik İlçesi'nde bulunan Fevzi Çakmak, Kaynarca ve Çamçeşme Mahalleleri'nin kesişim alanına yeni bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.9 ve Şekil B.90'da 17 numaralı istasyon). Bu amaçla Pendik ve Tuzla istasyonlarının erişim alanı dışında kalan bölgelere etkin bir itfai müdahale sağlanacaktır.

Akademisyenlerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan analiz sonucunda elde edilen Şekil 5.9 yorumlandığında görülmektedir ki tesis edilmesi önerilen istasyonlar -10 adeti Avrupa Yakası'nda 7 adeti Anadolu Yakası'nda olmak üzere toplam 17 adet olmaktadır.

Şekil 5.9'a benzer bir biçimde itfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıkları baz alınarak yapılan analiz sonucunda elde edilen Şekil 5.10 da önerilecek yeni itfaiye istasyonları açısından yorumlanmıştır:

Özellikle Anadolu Yakası için Şekil 5.9 yorumlandığında önerilen itfaiye istasyonları Şekil 5.10 için de geçerli olmaktadır (önerilen 7 adet itfaiye istasyonu). İtfaiyecilerce belirlenen ölçüt ağırlıklarına göre yapılandırılan sonuç ürün (Şekil 5.10) yorumlandığında Avrupa Yakası açısından Şekil 5.9 için önerilen 10 itfaiye istasyonuna ek olarak 3 istasyonun önerilmesi uygun bulunmuştur:

Özellikle Bahçelievler İlçesi'nde bulunan Şirinevler, Bahçelievler ve Siyavuşpaşa Mahalleleri'nin kesişim alanına bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.10 ve Şekil B.91'de 18 numaralı istasyon). Şekil 5.10'da bu bölge yangın açısından yüksek riske maruz kalabilecek bir bölge olarak belirlenmiştir. Bu amaçla Kocasinan ve Merter istasyonlarının erişim alanları dışında kalan bölgelere de etkin

bir itfai müdahale sağlanabilecektir. Bu yer seçimi kararında özellikle adigeçen mahallelerin yüksek net nüfus yoğunluğu büyük rol oynamaktadır.

Esenler İlçesi'nde bulunan Menderes, Fevzi Çakmak, Mimar Sinan ve Nene Hatun Mahalleleri'nin kesişimine bu mahallelerin oldukça yüksek net nüfus yoğunluğuna sahip olmalarından dolayı bir istasyon tesis edilmesi gerekmektedir (5. Bölüm; Şekil 5.10 ve Şekil B.91'de 19 numaralı istasyon). Bu sayede Bağcılar ve Bayrampaşa istasyonlarının erişim alanlarının dışında kalan bölgelere etkin bir itfai müdahale olanağı elde edilecektir.

Fatih İlçesi'nde bulunan Derviş Ali Mahallesi'nde de yeni bir istasyona ihtiyaç duyulmaktadır (5. Bölüm; Şekil 5.10 ve Şekil B.91'de 20 numaralı istasyon). Özellikle bu bölgede net nüfus yoğunluğunun çok yüksek olması bu kararın verilmesinde büyük rol oynamıştır. Bu sayede Fatih, Bayrampaşa ve Eyüp istasyonlarının erişim alanlarının dışında kalan alanlara da etkin bir itfai müdahale sağlanabilecektir.

Şekil 5.9 ile Şekil 5.10'un yorumlanması sonucunda önerilen yeni istasyon yerleri büyük oranda birbiriyle uyumaktadır. Sadece Avrupa Yakası'nda -özellikle Şekil 5.10'da- baskın olan ölçüt YNY (Yüksek Nüfus Yoğunluğu) olduğundan yukarıda gerekçeleriyle belirtilen ek 3 istasyona (18, 19 ve 20 numaralı istasyonlar) daha gereksinim duyulmuştur. Bunun sonucunda Şekil 5.10'da önerilen itfaiye istasyonları, 13 adeti Avrupa Yakası'nda 7 adeti Anadolu Yakası'nda olmak üzere, 20 adet olarak önerilmektedir.

Analizler ve yapılan analizlerin yorumlanması sonucunda görülmektedir ki özellikle İstanbul İli için yeni itfaiye istasyonları açısından yer seçimi kaçınılmazdır. İleriye dönük projeksiyon sağlaması açısından analizlerde kullanılacak verilerin çözünürlüğünün ve güncelliğinin kesinlikle artırılması; ayrıca şehrin yapılaşma ve nüfus artışı yönüne paralel olarak tekrar yapılandırılması gerekmektedir.

Yapılandırılan analizlerden yine görülmektedir ki ölçüt ağırlıklarının doğru, güvenilir ve bilimsel bir biçimde belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir. Acil durum/afet yönetiminde ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi önemli bir eylem olduğundan, bu durumda bir öneri olarak, ölçüt ağırlıklandırılması işlemi teorisyenler ve uygulayıcıların dışında sivil otoritenin de görüşleri alınarak genişletilebilir. Genel bir uzlaşa sağlanması ve ölçüt ağırlıklarının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi amacıyla her

farklı grubun değerlendirmeleri biraraya getirilerek genel bir ölçüt ağırlıklandırma süreci de izlenip analizler bunun üzerine yapılandırılabilir. Ayrıca ölçüt ağırlıklandırmasına katılacak kişi ve kişi gruplarının ölçüt ağırlıklandırma süreci zamansal değişimlere göre de değerlendirmeye tabi tutulup ağırlık değişimleri incelenebilir. Değerlendirmeye katılan kişi sayıları arttırılarak özellikle AHY açısından ölçüt ağırlandırma sürecindeki olası değişimler de gözlenebilir. Tüm bunlar uygulandıktan sonra CBS ortamında analizler yapılarak itfaiye istasyonları için yeni yer önerisinde bulunulabilir.

Bu çalışmada belirlenen ölçütler ve bu ölçütlere dayanarak gerçekleştirilen ağırlıklandırma süreci itfaiye istasyonları için yer seçimine yönelik olarak oluşturulmuştur. Yer seçimi modelleri uygulamaya özel problemlerdir ve değişkenleri/ölçütleri incelenen probleme göre farklılık gösterir. Gerçekleştirilen çalışma ambulans, polis gibi acil durum servislerinin yer seçimine (konuşlandırma) yönelik olarak da genişletilebilir. Bu durumda sözü edilen bu servisler için en uygun yer seçiminin başarılması; yer seçimini etkileyecek ölçütlerin belirlenmesine, ölçütlerin bilimsel kriterlere göre önceliklendirilmesi/ağırlıklandırılmasına bağlı olmaktadır.

Özellikle acil durum/afet yönetimi, CBS, karar verme, yer seçimi ve duyarlılık analizi literatürü tarandığında görölmektedir ki yapılan bu çalışma özellikle ölkemiz açısından büyük bir boşluğu dolduracaktır. Bu bağlamda, acil durumlar daha bütüncül bir şekilde yönetilecek, model içindeki kritik ölçütler daha sağlıklı bir biçimde belirlenecek, CBS'nin analiz ve görselleştirme özelliklerinden yararlanılarak acil durum yönetiminde karar verme süreci daha da iyileştirilecek, kaynakların etkin kullanımı başarılacak, stratejik kararlar çok daha etkin bir biçimde alınacak ve can/mal kaybı mümkün olduğunca azaltılacaktır.

KAYNAKLAR

- Access, 2007. Microsoft Corporation: Access 2007, <http://www.microsoft.com>.
- Angehrn, A.A., 1992. Supporting Multicriteria Decision Making: New Perspectives and New Systems, In: Holtham (Ed.), *Executive Information Systems and Decision Support*, London: Chapman & Hall, pp. 124-141.
- Armstrong, M.P., Densham, P.J., Lolonis, P., 1991. Cartographic Visualisation and User Interfaces in Spatial Decision Support Systems, Proceedings of GIS/LIS, Atlanta, GA, pp. 321-330.
- Asghar, S., Alahakoon, D., and Churilov, L., 2005. A Modular Approach to Decision Support Systems for Disaster Management Within Framework of Cyberinfrastructure, Proceedings of 8th International Conference of the Association of Information Systems, Brazil.
- Ashgar, S., Alahakoon, D., and Churilov, L., 2006. A Dynamic Integrated Model for Disaster Management Decision Support Systems, *International Journal of Simulation*, Vol. 6, No. 10 and 11, pp. 95-114.
- Badri, M., 1999. Combining the AHP and GP for Global Facility Location-allocation Problem, *International Journal of Production Economics*, 62 (3), pp. 237-248.
- Badri, M.A., Mortagy, A.M., Alsayed, C.A., 1998. A Multi-objective Model for Locating Fire Stations, *European Journal of Operational Research*, Vol. 110, pp. 243-260.
- Banai-Kashani, R., 1989. A New Method for Site Suitability Analysis: The Analytic Hierarchy Process, *Environmental Management*, Vol. 13 (6), pp. 685-693.
- Bhunumurthy, V., Rao, G.S., Karnatak, H.C., Mamatha, S., Roy, P.S., Radhakrishnan, K., 2008. Emergency Management-A Geospatial Approach, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part B4, Beijing.
- Borysiewicz and Potemski, New Generation of Emergency Response and Real-Time Decision Support Systems, Models and Techniques for Health and Environmental Hazard Assessment and Management, CoE Manhaz, Institute of Atomic Energy.
- Burnaz, S., and Topcu, Y.I., 2006. A Multiple-Criteria Decision-making Approach for the Evaluation of Retail Location, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 14, pp. 67-76.

- Cao, J., He, J., and Wang, W.**, 2006. Emergency Service Center Location Model with Combining the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming, Proceedings of the International Symposium on Safety Science and Technology, October 24-27, Hu'nan, China.
- Carver, S.J.**, 1991. Integrating Multi-criteria Evaluation with Geographic Information Systems, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. **5**, pp. 321-339.
- Cassettari, S.**, 1993. *Introduction to Integrated Geo-Information Management*, London: Chapman & Hall.
- Castle, C.J.E.**, 2006. KXSDSSES: A GIS-Based Spatial Decision Support System for Emergency Services: London's King's Cross Redevelopment, *PhD Upgrade Report*, Department of Geography University College London.
- Castle, C.J.E., and Longley, P.A.**, 2005. A GIS-Based Spatial Decision Support System for Emergency Services: London's King's Cross St. Pancras Underground Station, *Geo-Information for Disaster Management*, Part **10**, pp. 867-881, Springer Berlin Heidelberg.
- Chen, C-F.**, 2006. Applying the Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach to Convention Site Selection, *Journal of Travel Research*, Vol. **45**, pp. 167-174.
- Cheng, E.W.L., and Li, H.**, 2001. Information Priority-setting for Better Resource Allocation Using Analytic Hierarchy Process, *Information Management and Computer Security*, Vol. **9**, No. 2, pp. 61-70.
- Church, R.L., Loban, S.R., Lombard, K.**, 1992. An Interface for Exploring Spatial Alternatives for a Corridor Location Problem, *Computers and Geoscience* **8** (10), pp. 1095-1105.
- Cova, T.J.**, 1999. GIS in Emergency Management, In: *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management*, P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W. Rhind (eds.), John Wiley & Sons, New York, pp. 845-858.
- Cova, T.J., and Church, R.L.**, 1997. Modeling Community Evacuation Using GIS, *International Journal of Geographical Information Science* **11**, pp. 763-84.
- Cowen, D.**, 1988. GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences?, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. **54**, pp. 1551-1555.
- Crossland, M.D., Wynne, B.E., Perkins, W.C.**, 1995. Spatial Decision Support Systems: An Overview of Technology and a Test of Efficacy, *Decision Support Systems* **14** (1995); pp. 219-235.
- Cutter, S.L.**, 2001. *American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters*, Washington DC., Joseph Henry Press/National Academy Press.
- Cutter, S.L.**, 2003. GI Science, Disasters, and Emergency Management, *Transactions in GIS*, Vol. **7**(4), pp. 439-445.

- Dantzig, G.B.**, 1963. *Linear Programming and Extensions*, Princeton University Press, Princeton, NJ. USA.
- Davies, M.**, 2001. Adaptive AHP: A Review of Marketing Applications with Extensions, *European Journal of Marketing*, Vol. **35**, Nos. 7/8, pp. 872–893.
- dBase**, 2008. dBase Products, <http://www.dbase.com>.
- de Silva, F.N.**, 2001. Providing Spatial Decision Support for Evacuation Planning: A Challenge in Integrating Technologies, *Disaster Prevention and Management*, Vol. **10**, Number 1, pp. 11-20.
- de Silva, F.N., and Eglese, R.W.**, 2000. Integrating Simulation Modelling and GIS: Spatial Decision Support Systems for Evacuation Planning, *Journal of the Operational Research Society*, **51**, pp. 423-430.
- de Silva, F.N, Pidd, M., Eglese, R.**, 1993. Spatial Decision Support Systems for Emergency Planning: An Operational Research/Geographical Information Systems Approach to Evacuation Planning, *International Emergency Management and Engineering Conference*. San Diego, Society for Computer Simulation, pp. 130–3
- Densham, P.J.**, 1991. Spatial Decision Support Systems, In: D.J. Maguire, M.F. Goodchild, and D.W. Rhind (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, Harlow, Essex, England: Longman, pp. 403-412.
- Densham, P.J., and Armstrong, M.P.**, 1995. Human-Computer Interaction Considerations for Visual-Interactive Locational Analysis, In: T. Nyerges, D. Mark, R. Laurini, and M. Egenhofer (Eds.), *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic, pp. 179-196.
- Densham, P.J., and Goodchild, M.F.**, 1989. Spatial Decision Support Systems: A Research Agenda, In Proceedings, GIS/LIS'89, Orlando, FL, Vol. **2** (Bethesda, MD: American Congress on Surveying and Mapping), pp. 707-716.
- Densham, P.J., and Rushton, G.**, 1987. Decision Support System for Locational Planning, In: R. G. Golledge and H. Timmermans (Eds.), *Behavioral Modelling in Geography and Planning*, New York: Croom Helm, pp. 56-90.
- Densham, P.J., and Rushton, G.**, 1988. Decision Support Systems for Locational Planning, In: *Behavioral Modeling in Geography and Planning*, edited by R.G. Colledge, and H.J.P. Timmermans (New York: Croom Helm), pp. 56-90.
- Drabek T E, Hoetmer G J** (eds), 1991. Emergency management: principles and practice for local government, *International City Management Association*, Washington DC,.
- Dunn, C.E., Newton, D.**, 1992. Optimal Routes in GIS and Emergency Management Applications, *Area* **24**, pp. 259-267.

- Dyer, R.F., and Forman, E.H.**, 1991. *An Analytic Approach to Marketing Decisions*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Dymon, U.J.**, 1990. The Role of Emergency Mapping in Disaster Response, *Quick Response Research Report #42*. Colorado, Natural Hazards Research and Applications Information Center.
- Eastman, J.R.**, 1997. *IDRISI for Windows*, Version 2.0: tutorial exercises, Worcester, MA: Graduate School of Geography, Clark University.
- Eastman, J.R., Kyem P.A.K., and Toledano, J.**, 1993. A Procedure for Multi-objective Decision Making in GIS Under Conditions of Competing Objectives, *Proceedings, EGIS'93*, pp. 438-447.
- Eastman, J.R., Kyem, P.A.K., Toledano, J., and Jin, W.**, 1993. *GIS and Decision Making*, Geneva: The United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).
- Eldrandaly, K., Eldin, N., and Sui, D.**, 2003. A COM-based Spatial Decision Support System for Industrial Site Selection, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol. 7, No. 2, pp. 72-92.
- Eom, S., Lee, S., Kim, J.**, 1993. The Intellectual Structure of Decision Support Systems, *Decision Support Systems* 10 (1), pp. 19-35.
- Ertugrul, I., and Karakaşoğlu, N.**, 2008. Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 39, pp. 783-795.
- ESRI**, 1999. GIS for Emergency Management, An ESRI White Paper, USA.
- ESRI**, 2001. GIS for Homeland Security, An ESRI White Paper, USA.
- ESRI**, 2008. ArcInfo 9.2: Complete Desktop GIS for the GIS Professional, <http://www.esri.com>.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992, *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*, Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- Expert Choice, Inc.**, 2008. Expert Choice: Collaborative Decision Support Software and Services, <http://www.expertchoice.com>.
- FEMA**, 2006. Principles of Emergency Management, Independence Study, February, www.fema.gov.
- FEMA**, 2004a. National Incident Management Systems, March, www.fema.gov.
- FEMA**, 2004b. National Response Plan, August, www.fema.gov.
- FEMIS (Federal Emergency Management Information Systems)**, 2007. <http://www.pnl.gov/femis>.
- Franzese, O., and Sorensen, J.**, 2004. Fast Deployable System for Consequence Management: The Emergency Evacuation Component, *ITS Safety and Security Conference*, Miami Beach, FL.
- French, S., and Turoff, M.**, 2007. Decision Support Systems, *Communications of the ACM*, Vol. 50, No: 3.

- GDIN**, 1997. Harnessing Information and Technology for Disaster Management, *Disaster Information Task Force Report*.
- Ghosh, A., and Harche, F.**, 1993. Location-allocation Models in the Private Sector: Progress, Problems, and Prospects, *Location Science*, Vol. **1**, No:1, pp. 81-106.
- GRASS**, 2008. *GRASS 6.3.0: Geographic Resources Analysis Support System (GRASS)*, <http://grass.itc.it>.
- Green, W.G. III.**, 2002. *Four Phases of Emergency Management*, Electronic Encyclopedia of Civil Defense and Emergency Management.
- Gunes, E., and Kovel, J.P.**, 2000. Using GIS in Emergency Management Operations, *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. **126**, No. 3, ASCE.
- Haddow, G.D., and Bullock, J.A.**, 2006. *Introduction to Emergency Management*, Second Edition, Elsevier Inc. USA.
- Harker, P.T., and Vargas, L.**, 1987. The Theory of Ratio Scaled Estimated: Saaty's Analytical Hierarchy Process, *Management Science*, **33** (11), pp. 1385-1403.
- Heywood, I, Oliver, J., Tomlinson, S.**, 1995. Building an Exploratory Multicriteria Modelling Environment for Spatial Decision Support, In: P. Fisher (Ed.), *Innovations in GIS 2*, London: Taylor & Francis, pp. 127-136.
- HMTAP**, 2006. HAZUS-MH Applications to Support Rapid Need Assessments and Response Operations, *HMTAP 301 Final Report*, www.hazus.org.
- Hopkins, L.**, 1984. Evolution of Methods for Exploring Ill-defined Problems, *Environment and Planning B* **11** (3), pp. 339-348.
- Huang, L.X., Sheng, G., and Wang, L.**, 2006. GIS-based Hierarchy Process for the Suitability Analysis of Nuclear Waste Disposal Site, *Environmental Informatics Archives*, Vol. **4**, pp. 289-296.
- Hwang, C-L., and Yoon, K.P.**, 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Berlin: Springer-Verlag.
- IDRISI**, 2008. Meeting The Challenges of Environmental Decision Making with GIS, Clark Labs, Clark University, <http://www.clarklabs.com>.
- ILOG CPLEX**, 2008. ILOG CPLEX: Mathematical Programming Optimizer, <http://www.ilog.com/products/cplex>.
- Innovative GIS**, 2003. Applying MapCalc Map Analysis Software: Mapping Wildfire Response <http://www.innovativegis.com/basis>.
- İBB**, 1989. *Kritik Risk Bölgeleri ve İstasyon Yerleri*, Cilt 7, İBB Yangın Güvenliği ve Yangından Korunma Araştırması, İTÜ.
- İTÜ AYM**, 2001. *Acil Durum Yönetimi İlkeleri*, İTÜ Afet Yönetim Merkezi, Kitap Serisi No: 1.
- Jain, S., and McLean, C.R.**, 2006. An Integrating Framework for Modeling and Simulation for Incident Management, *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, Vol. **3**, Issue 1, Article. 9.

- Jankowski, P.**, 1995. Integrating Geographic Information Systems and Multicriteria Decision Making Methods, *International Journal of Geographic Information Systems* **9** (3), pp. 251-273.
- Jankowski, P., Nyerges T.L., Smith, A., Moore, T.J., and Howard, E.**, 1997. Spatial Group Choice: A SDSS Tool for Collaborative Spatial Decision-making, *International Journal of Geographic Information Systems* **11** (6), pp. 566-602.
- JICA ve IBB.**, 2002. *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması*, Son Rapor.
- Jun, C.**, 2000. Design of an Intelligent Geographic Information System for Multicriteria Site Analysis, *URISA Journal* **12** (3); pp. 5-17.
- Junggoth, R., Wirojanagud, W., Pitaksanurat, S., and Kane, K.**, 2008. Analysis of Integrated Expert Geographic Information Systems for Secured Landfill Sites, *Journal of Applied Sciences*, Vol. **8** (4), pp. 562-573.
- Kaboli, A., Aryanezhad, M.B., Shahanaghi, K., and Niroomand, I.**, 2007. A New Method for Plant Location Selection Problem: A Fuzzy-AHP Approach, *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Canada, October, 7-10, pp. 582-586.
- Karaman, H.**, 2008. Sonuç Bazlı Risk Yönetimi ve Deprem Kayıp Tahmini Analizi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keen, P.G.W.**, 1987. Decision Support Systems: The Next Decade, *Decision Support Systems* **3** (3), pp. 253-265.
- Keenan, P.B.**, 2002. Geographic Information Systems, In H. Bigdoli (Ed.), *Encyclopedia of Information Systems*, San Diego, CA: Academic Press.
- Keenan, P.B.**, 2003. Spatial Decision Support Systems, In: *Decision Making Support Systems: Achievements and Challenges for the New Decade*, Hershey, Idea Group Publishing, Chapter III, pp. 28-39.
- Keenan, P.B.**, 2004. Using a GIS as a DSS Generator, DSSResources.COM. 12/17/2004.
- Keeney, R.L.**, 1980. *Siting Energy Facilities*, New York, Academic Press.
- Keeney, R.L. and Raiffa, H.**, 1976. *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, New York, Wiley.
- Keller, C.P.**, 1996. Decision Making Using Multiple Criteria, NCGIA Core Curriculum, Unit 57, Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, <http://www.geog.ubc.ca>.
- Kim, S.C. and Min, K.J.**, 2004. Determining Multi-criteria Priorities in the Planning of Electric Power Generation: The Development of an Analytic Hierarchy Process for Using the Opinions of Experts, *International Journal of Management*, Vol. **21**, No. 2, pp. 186–193.
- Kirkwood, C.W.**, 1997. *Strategic Decision Making: Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets*. Belmont, CA: Duxbury Press.

- Ko, J.**, 2005. Solving a Distribution Facility Location Problem Using an Analytic Hierarchy Process Approach, *ISAHP2005*, Honolulu, Hawaii.
- Kuo, R.J., Chi, S.C., and Kao, S.S.**, 2002. A Decision Support System for Selecting Convenience Store Location Through Integration of Fuzzy AHP and Artificial Neural Networks, *Computers in Industry*, Vol. **47**, pp. 199-214.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N.**, 2001. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, *Akdeniz, İ.İ.B.F. Dergisi*, Sayı:1, 83-105.
- Kwan, M-P., and Lee, J.**, 2005. Emergency Response After 9/11: The Potential of Real-Time 3D GIS For Quick Emergency Response in Micro-Spatial Environments, *Computers, Environment And Urban Systems* **29** pp. 93–113.
- Liang, W.Y.**, 2003. The Analytic Hierarchy Process in Project Evaluation: An R & D Case Study in Taiwan, *Benchmarking*, Vol. **10**, No. 5, pp. 445–456.
- LINDO Systems**, 2008. LINDO Systems: Optimization Software, <http://www.lindo.com>.
- Logical Decisions**, 2008. Logical Decisions: Software, Consulting, and Training for Better Decision Making, <http://www.logicaldecisions.com>.
- Malczewski, J.**, 1997. Spatial Decision Support Systems, NCGIA Core Curriculum in GIScience, <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u127/u127.html>.
- Malczewski, J.**, 1996. A GIS-based Approach to Multiple Criteria Group Decision Making, *International Journal of Geographic Information Systems* **10** (8), pp. 955-971.
- Malczewski, J.**, 1999a. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons Inc. U.S.A. ISBN: 0471329444.
- Malczewski, J.**, 1999b. Spatial Multicriteria Decision Analysis, In: J-C. Thill (Ed.), *Multicriteria Decision-making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach*, Brookfield, VT: Ashgate Publishing, pp. 7-48.
- MapInfo Corporation**, 2008. *MapInfo Professional*, <http://www.mapinfo.com>.
- Massam, B.H.**, 1980, *Spatial Search*, Oxford: Pergamon Press.
- Miller, G.A.**, 1956. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, *Psychological Review*, Vol **63**, pp. 81-97.
- Millet, I., and Wedley, W.C.**, 2002. Modelling Risk and Uncertainty with the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, Vol. **11**, No. 2, pp. 97–107.
- Min, H.**, 1994. Location Analysis of International Consolidation Terminals Using the Analytic Hierarchy Process, *Journal of Business Logistics*, Vol. **15**, No. 2, pp. 25–44.

- Mohd Din, M.A., Wan Jaafar, W.Z., Obot, M.M., Wan Hussin, W.M.A.**, 2008. How GIS Can Be a Useful Tool to Deal With Landfill Site Selection, *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*, December 4-6, Hanoi, Vietnam.
- NRC (National Research Council)**, 2002. *Making Nation Safer: The Role of Science and Technology in Countering Terrorism*, National Research Council, The National Academies Press, Washington DC, USA.
- NRC (National Research Council)**, 2003. *IT Roadmap to a Geospatial Future*, Washington DC., The National Academies Press.
- NRC (National Research Council)**, 2007. *Successful Response Starts with a Map: Improving Geospatial Support for Disaster Management*, Committee on Planning for Catastrophe, National Research Council on National Academics, The National Academies Press, Washington DC, USA.
- NVision Inc**, 2005. Real-time Emergency Action Coordination Tool (REACT), <http://www.nvs-inc.com/index.php>.
- Nyerges, T.L.**, 1993. Understanding The Scope of GIS: Its Relationship to Environmental Modeling, In: M. Goodchild, B. Parks, and L. Steyaert, (Eds.), *Environmental Modeling With GIS*, Oxford University Press, pp. 75-93.
- Nyerges, T.L., Mark, D., Laurini, R., Egenhofer, M.**, 1995. *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Ohta, K., et al**, 2007. Analysis of the Geographical Accessibility of Neurosurgical Emergency Hospitals in Sapporo City Using GIS and AHP, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. **21** (6), pp. 687-698.
- Oracle**, 2008. Oracle Corporation: Oracle Database 11g, <http://www.oracle.com>.
- Özcan, H.**, 2008. İstanbul'da Kentsel Yayılmanın Yapay Sınır Ağları ile Öngörülmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Partovi, F.Y.**, 2006. An Analytic Model for Locating Facilities Strategically, *Omega*, Vol. **34**, pp. 41-55.
- Pitz, G.F., and McKillip, J.**, 1984. *Decision Analysis for Program Evaluations*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Ramanathan, R.**, 2001. A Note On the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment, *Journal of Environmental Management*, Vol. **63**, pp. 27-35.
- Ramanathan, R., and Ganesh, L.S.**, 1995. Using AHP for Resource Allocation Problems, *European Journal of Operational Research*, Vol. **80**, pp. 410-417.
- RODOS**, 2005. Real-time On-line DeciOn Support (RODOS) system, www.rodos.fzk.de/RodosHomePage/RodosHomePage/Overview. V. PV6.0

- Roy, B.**, 1996. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Saaty, T.L.**, 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Saaty, T.L.**, 1977, A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol: **15**, pp. 234-281.
- Saaty, T.L.**, 1987. Risk – Its Priority and Probability: The Analytic Hierarchy Process, *Risk Analysis*, Vol. **7**, pp. 159–172.
- Saaty, T.L.**, 1990a. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operational Research*, Vol. **48**, pp. 9-26.
- Saaty, T.L.**, 1990b. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, RWS Publication, 2nd edition, Pittsburgh, PA.
- Saaty, T.L.**, 1991a. Modelling the Graduate Business School Admission Process, *Socio-Economic Planning Science*, Vol. **25**, pp. 155–162.
- Saaty, T.L.**, 1991b. Some Mathematical Concepts of The Analytic Hierarchy Process, *Behaviormetrika*, No. **29**, pp. 1-9.
- Saaty, T.L.**, 1994a. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with Analytic Hierarchy Process*, Vol VI, RWS Publications, USA.
- Saaty, T.L.**, 1994b. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *Interfaces*, Vol. **24**, No. 6, pp. 19-43.
- Saaty, T.L., and Niemira, M.P.**, 2006. A Framework for Making a Better Decision: How to Make More Effective Site Selection, Store Closing and Other Real Estate Decisions, *Research Review*, Vol. **13**, No. 1, pp. 1-4
- Saaty, T.L.**, 2008. Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors: The Analytic Hierarchy/Network Process, *RACSAM*, Vol. **102** (2), pp. 251-318.
- Sauter, V.L.**, 1997. *Decision Support Systems: An Applied Managerial Approach*, John Wiley and Sons.
- Sea Island Software Inc** 2007. Hurricane Evacuation, <http://www.hurrevac.com>.
- Siddiqui, M.Z., Everett, J.W., and Vieux, B.E.**, 1996. Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration, *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, Vol. **122**, No. 6.
- Simon, H.A.**, 1960. *The New Science of Management Decisions*, New York: Harper & Row.
- SIMULINK**, 2007. Simulink 7.2, MATLAB, MathWorks, <http://www.mathworks>.
- Sprague, R.H.**, 1980. A Framework For The Development of Decision Support Systems, *Management Information Sciences Quarterly* **4** (1), pp. 1-26.
- Sprague, R.H., and Carlson, E.D.**, 1982. *Building Effective Decision Support Systems*, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, ISBN: 0717285154.
- Starr, M.K., and Zeleny, M.**, 1977. MCDM: State and Future of the Arts, In: M.K. Starr and M. Zeleny (Eds.), *Multiple Criteria Decision Making*, Amsterdam: North-Holland, pp. 5-29.

- Tadisina, S.K., Troutt, M.D., and Bhasin, V.**, 1991. Selecting a Doctoral Program Using the Analytic Hierarchy Process – The Importance of Perspectives, *Journal of Operational Research Society*, Vol. **12**, No. 8, pp. 631–638.
- Thompson S., Altay, N., Green III, W.G., and Lapetina, J.**, 2006. Improving Disaster Response Efforts with Decision Support Systems, *International Journal of Emergency Management*, Vol. **3** No: 4, pp. 250-263.
- Topçu, Y.İ.**, 2000. Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Triantaphyllou, E.**, 2000. Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, *Applied Optimization*, Vol. **44**, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Triantaphyllou, E. ve Sanchez, A.**, 1997. A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-criteria Decision-Making Methods, *Decision Sciences*, Vol. **28**, Number 1, pp. 151-194.
- Tufekci, S.**, 1995. An Integrated Emergency Management Decision Support System For Hurricane Emergencies, *Safety Science* **20**, pp. 39-48.
- Turban E.**, 1990. *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, Second Edition, Macmillan Publishing Company, NewYork, USA.
- Turban, E., and Aronson, J.E.**, 1998. *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall, ISBN: 0137409370.
- Tzeng, G.H., Chen, Y.W.**, 1999. The Optimal Location of Airport Fire Stations: A Fuzzy Multi-objective Programming and Revised Genetic Algorithm Approach. *Transportation Planning and Technology*, **23**, pp. 37-55.
- Vaidya, O.S., and Kumar, S.**, 2006. Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications, *European Journal of Operational Research*, Vol. **169**, pp. 1-29.
- Wallace, W.A., and Balogh, F.**, 1985. Decision Support Systems for Disaster Management, *Public Administration Review*, Special Issue.
- Waugh, W.L.**, 2000. *Living with Hazards Dealing with Disasters: An Introduction to Emergency Management*, M.E. Sharpe Inc., NewYork, USA.
- Yang, J., and Lee, H.**, 1997. An AHP Decision Model for Facility Location Selection, *Facilities*, Vol. **15**, No: 9/10, pp. 241-254.
- Yang, L., Jones, B.F., Yang, S-H.**, 2007. A Fuzzy Multi-objective Programming for Optimization of Fire Station Locations Through Genetic Algorithms, *European Journal of Operational Research*, Vol. **181**, pp. 903-915.
- Yoon, K.P., and Hwang, C-L.**, 1995. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-104, Thousands Oaks, CA: Sage.

- Zapatero, E.G., Smith, C.H., and Weistroffer, H.R.**, 1997. Evaluating Multiple-Attribute Decision Support Systems, *Journal of Multicriteria Decision Analysis* **6** (4), pp. 201-214.
- Zhu, X., and Dale, A.P.**, 2001. JavaAHP: A Web-based Decision Analysis Tool for Natural Resource and Environmental Management, *Environmental Modelling & Software*, Vol. **16**, pp. 251-262.

EKLER

EK A: ÇİZELGELER

EK B: HARİTALAR

EK A: ÇİZELGELER

Çizelge A.1 : YNY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
AA Y	0.144	0.172	0.137	0.103	0.069	0.034	0.000
İİU	0.101	0.120	0.096	0.072	0.048	0.024	0.000
TMD	0.399	0.474	0.379	0.284	0.190	0.095	0.000
ABY	0.103	0.123	0.098	0.074	0.049	0.025	0.000
DRU	0.094	0.111	0.089	0.067	0.045	0.022	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.2 : AAY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.185	0.148	0.111	0.074	0.037	0.000
AA Y	0.144	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
İİU	0.101	0.118	0.095	0.071	0.047	0.024	0.000
TMD	0.399	0.466	0.373	0.280	0.187	0.093	0.000
ABY	0.103	0.121	0.097	0.072	0.048	0.024	0.000
DRU	0.094	0.110	0.088	0.066	0.044	0.022	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.3 : İİU ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.176	0.141	0.106	0.070	0.035	0.000
AA Y	0.144	0.161	0.129	0.096	0.064	0.032	0.000
İİU	0.101	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
TMD	0.399	0.444	0.355	0.266	0.178	0.089	0.000
ABY	0.103	0.115	0.092	0.069	0.046	0.023	0.000
DRU	0.094	0.104	0.083	0.063	0.042	0.021	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.4 : TMD ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%30	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.264	0.211	0.184	0.158	0.105	0.053	0.000
AAY	0.144	0.240	0.192	0.168	0.144	0.096	0.048	0.000
IIU	0.101	0.168	0.135	0.118	0.101	0.067	0.034	0.000
TMD	0.399	0.000	0.200	0.300	0.400	0.600	0.800	1.000
ABY	0.103	0.172	0.137	0.120	0.103	0.069	0.034	0.000
DRU	0.094	0.156	0.125	0.109	0.094	0.062	0.031	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.5 : ABY ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.177	0.141	0.106	0.071	0.035	0.000
AAY	0.144	0.161	0.129	0.097	0.064	0.032	0.000
IIU	0.101	0.113	0.090	0.068	0.045	0.023	0.000
TMD	0.399	0.445	0.356	0.267	0.178	0.089	0.000
ABY	0.103	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
DRU	0.094	0.105	0.084	0.063	0.042	0.021	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.6 : DRU ölçütü için duyarlılık analizi (akademisyenlere göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.158	0.175	0.140	0.105	0.070	0.035	0.000
AAY	0.144	0.159	0.128	0.096	0.064	0.032	0.000
IIU	0.101	0.112	0.089	0.067	0.045	0.022	0.000
TMD	0.399	0.440	0.352	0.264	0.176	0.088	0.000
ABY	0.103	0.114	0.091	0.068	0.046	0.023	0.000
DRU	0.094	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.7 : YNY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%30	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.000	0.200	0.300	0.400	0.600	0.800	1.000
AAY	0.135	0.213	0.170	0.149	0.128	0.085	0.043	0.000
IIU	0.068	0.107	0.085	0.075	0.064	0.043	0.021	0.000
TMD	0.265	0.417	0.333	0.292	0.250	0.167	0.083	0.000
ABY	0.112	0.175	0.140	0.123	0.105	0.070	0.035	0.000
DRU	0.056	0.089	0.071	0.062	0.053	0.035	0.018	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.8 : AAY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%8	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.421	0.388	0.337	0.253	0.169	0.084	0.000
AAY	0.135	0.000	0.080	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
IIU	0.068	0.078	0.072	0.063	0.047	0.031	0.016	0.000
TMD	0.265	0.306	0.282	0.245	0.184	0.122	0.061	0.000
ABY	0.112	0.129	0.119	0.103	0.077	0.052	0.026	0.000
DRU	0.056	0.065	0.060	0.052	0.039	0.026	0.013	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.9 : İIU ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%15	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.391	0.332	0.313	0.235	0.156	0.078	0.000
AAY	0.135	0.145	0.123	0.116	0.087	0.058	0.029	0.000
IIU	0.068	0.000	0.150	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
TMD	0.265	0.284	0.241	0.227	0.170	0.114	0.057	0.000
ABY	0.112	0.120	0.102	0.096	0.072	0.048	0.024	0.000
DRU	0.056	0.060	0.051	0.048	0.036	0.024	0.012	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge A.10 : TMD ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%33	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.496	0.397	0.332	0.297	0.198	0.099	0.000
AAY	0.135	0.184	0.147	0.123	0.110	0.074	0.037	0.000
IIU	0.068	0.092	0.074	0.062	0.055	0.037	0.018	0.000
TMD	0.265	0.000	0.200	0.330	0.400	0.600	0.800	1.000
ABY	0.112	0.152	0.121	0.102	0.091	0.061	0.030	0.000
DRU	0.056	0.077	0.061	0.051	0.046	0.031	0.015	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

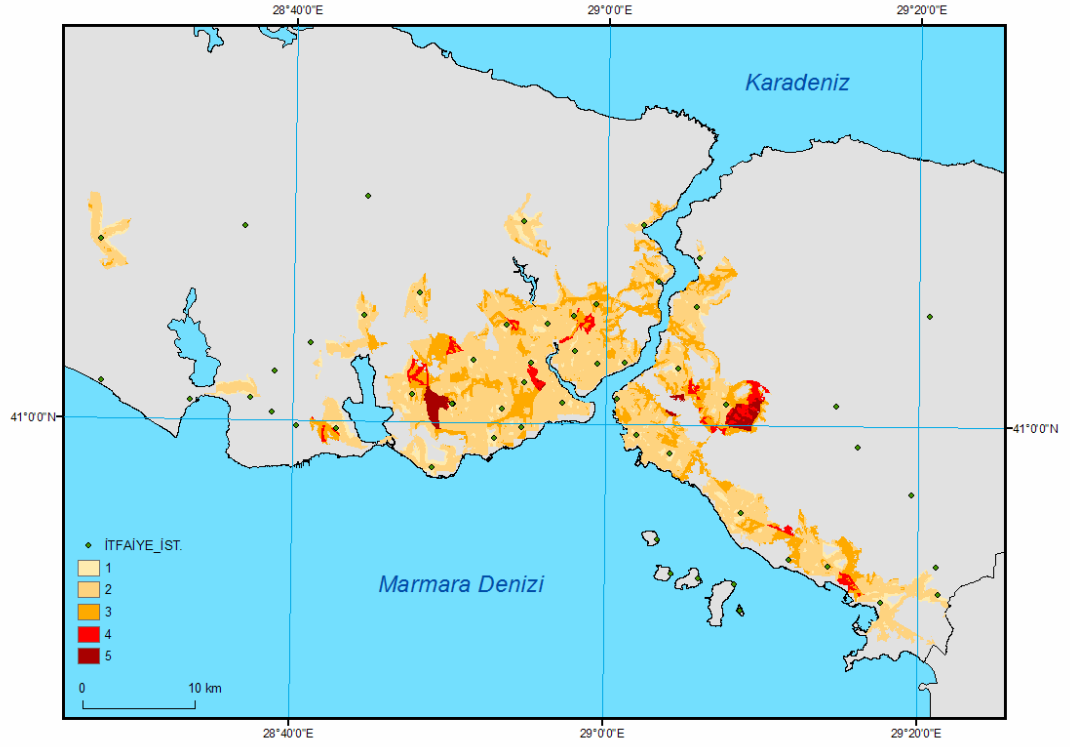
Çizelge A.11 : ABY ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.410	0.328	0.246	0.164	0.082	0.000
AAY	0.135	0.152	0.122	0.091	0.061	0.030	0.000
IIU	0.068	0.076	0.061	0.046	0.031	0.015	0.000
TMD	0.265	0.298	0.238	0.179	0.119	0.060	0.000
ABY	0.112	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
DRU	0.056	0.063	0.051	0.038	0.025	0.013	0.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

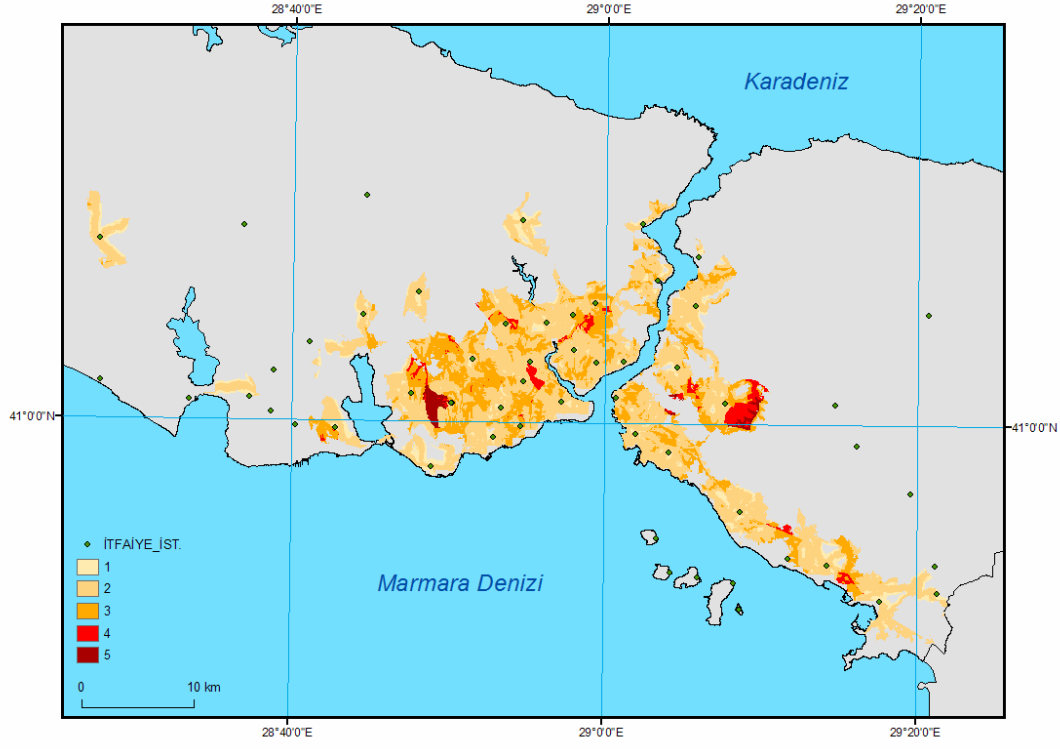
Çizelge A.12 : DRU ölçütü için duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerine göre).

	Ağırlıklar	%0	%12	%20	%40	%60	%80	%100
YNY	0.364	0.386	0.340	0.309	0.232	0.154	0.077	0.000
AAY	0.135	0.143	0.126	0.115	0.086	0.057	0.029	0.000
IU	0.068	0.072	0.063	0.057	0.043	0.029	0.014	0.000
TMD	0.265	0.281	0.247	0.224	0.168	0.112	0.056	0.000
ABY	0.112	0.118	0.104	0.095	0.071	0.047	0.024	0.000
DRU	0.056	0.000	0.120	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

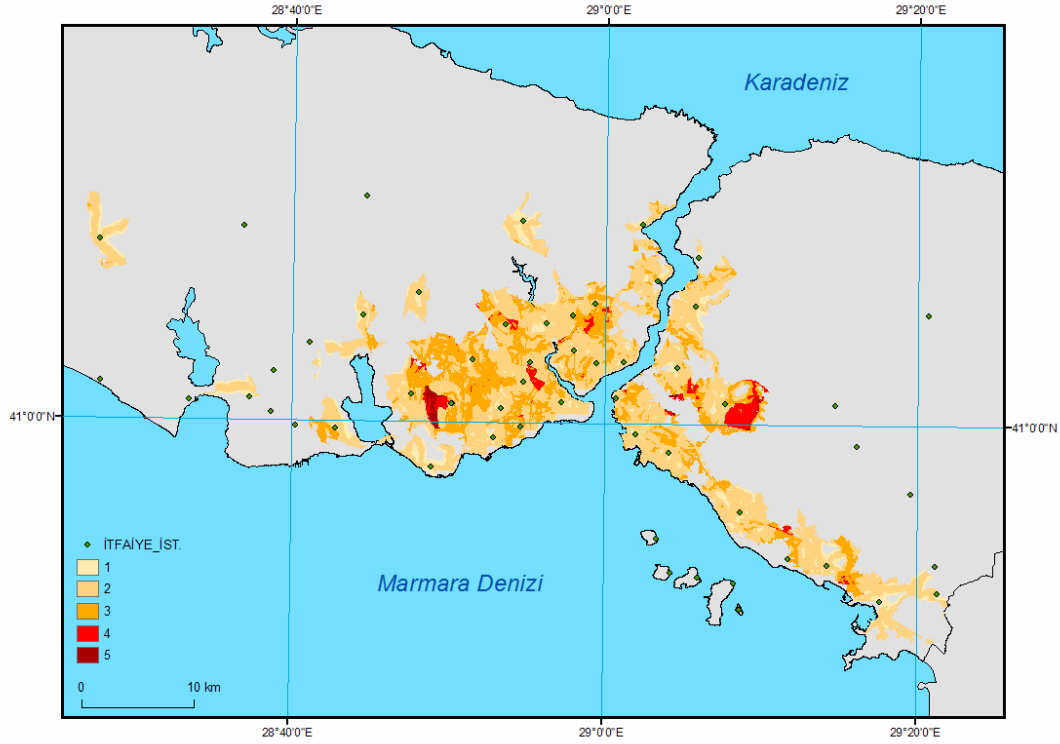
EK B : HARİTALAR



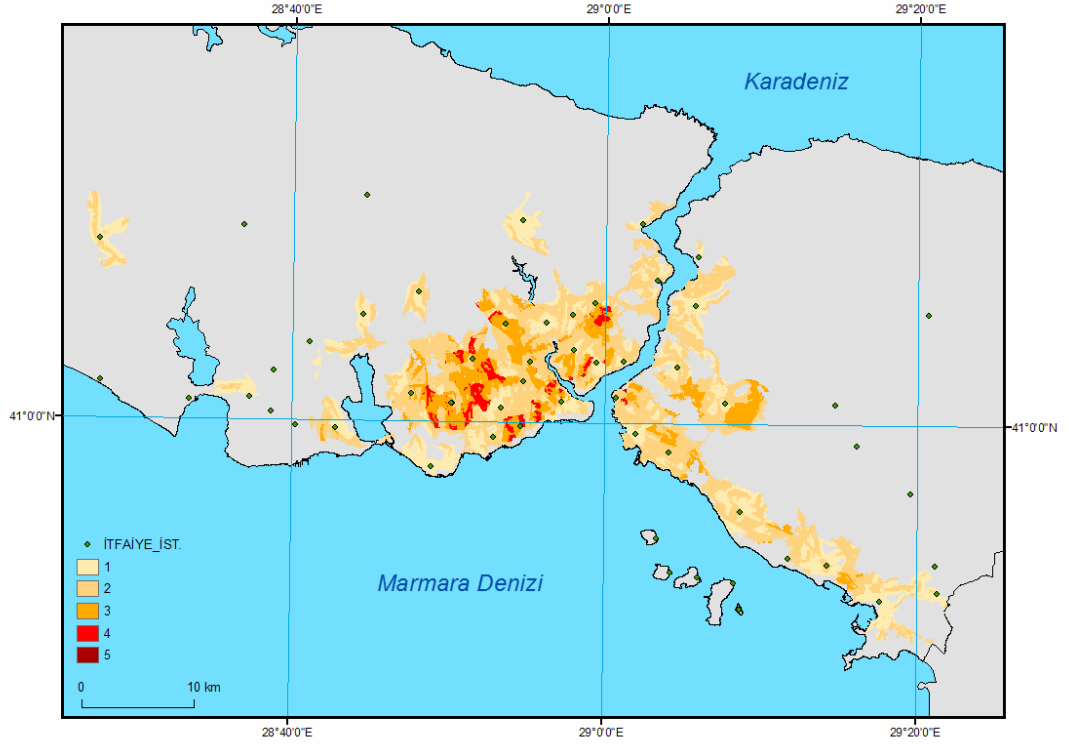
Şekil B.1 : YNY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



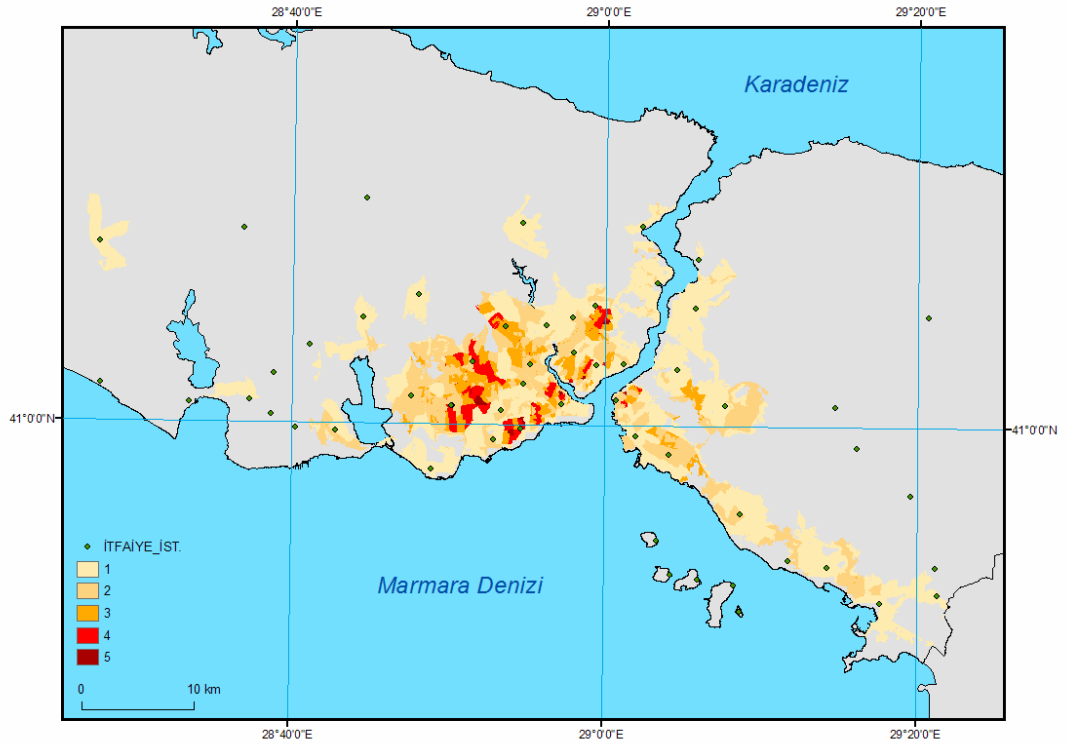
Şekil B.2 : YNY ölçütünün kendi ağırlığı (%16) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



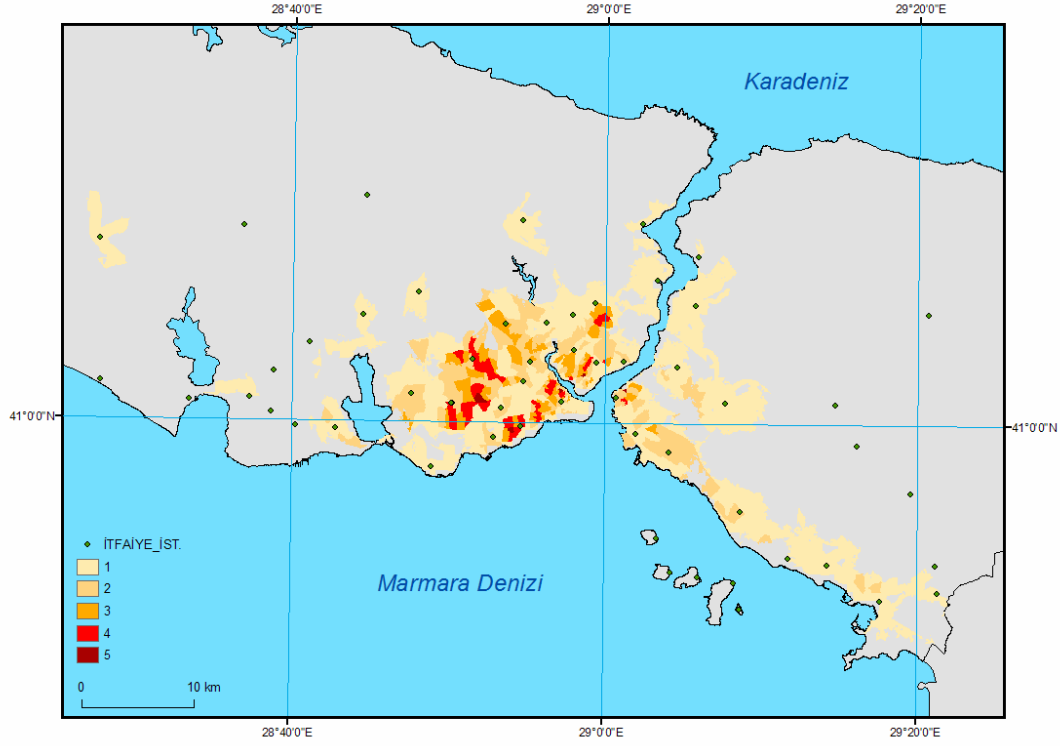
Şekil B.3 : YNY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



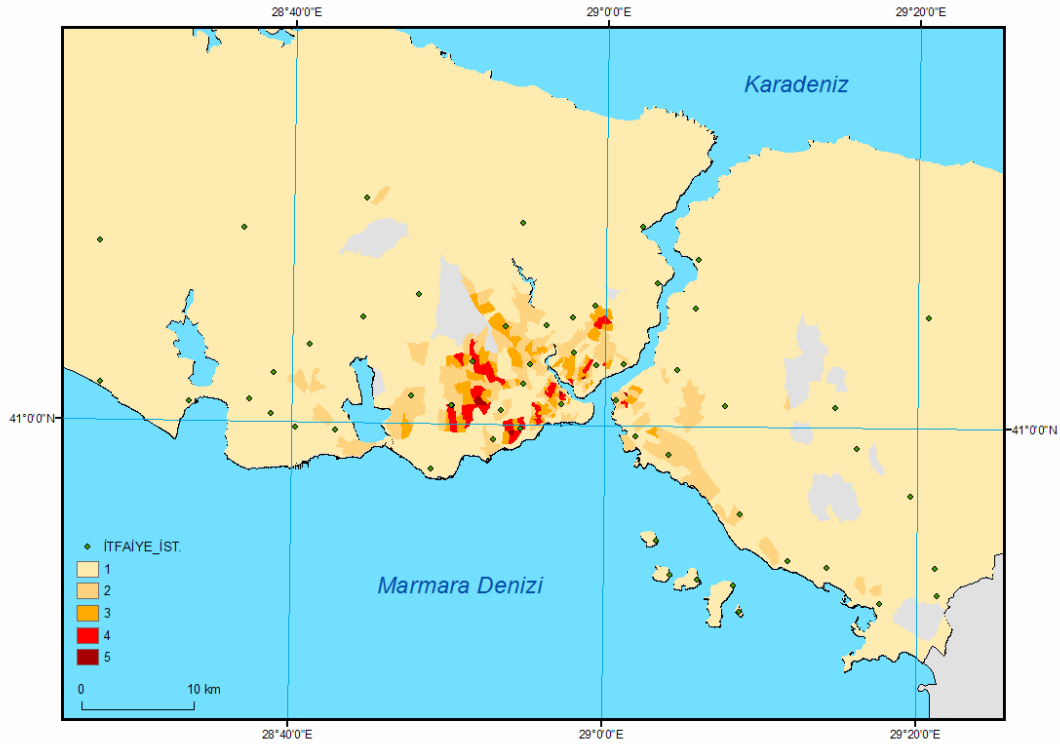
Şekil B.4 : YNY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



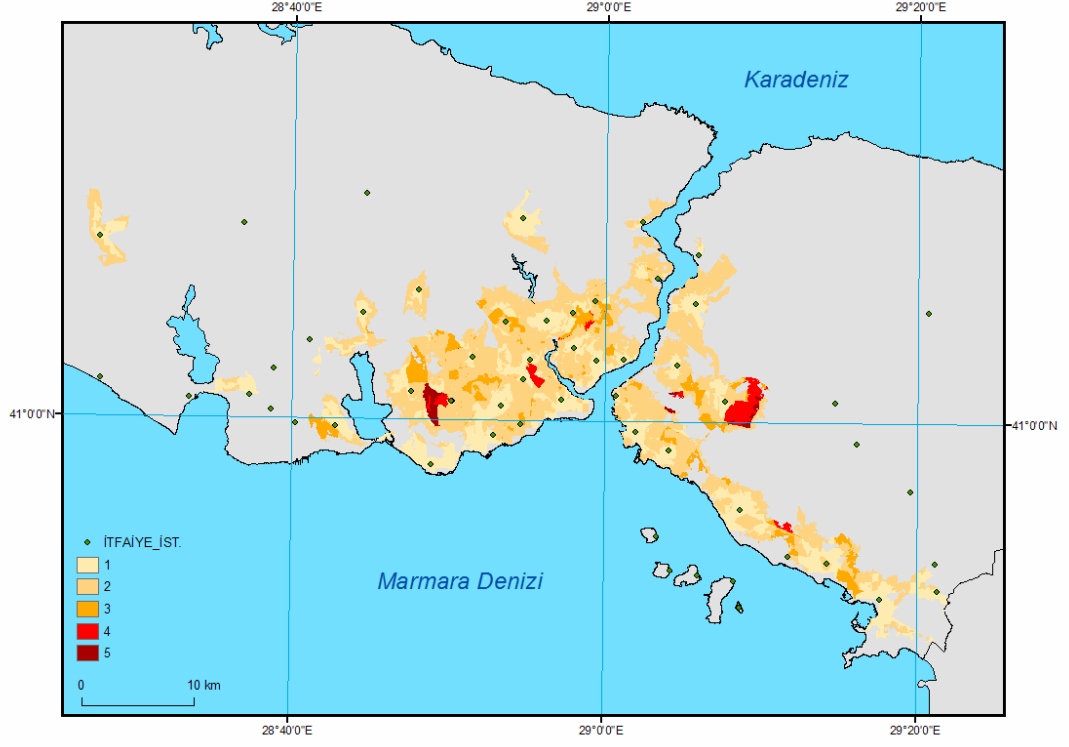
Şekil B.5 : YNY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



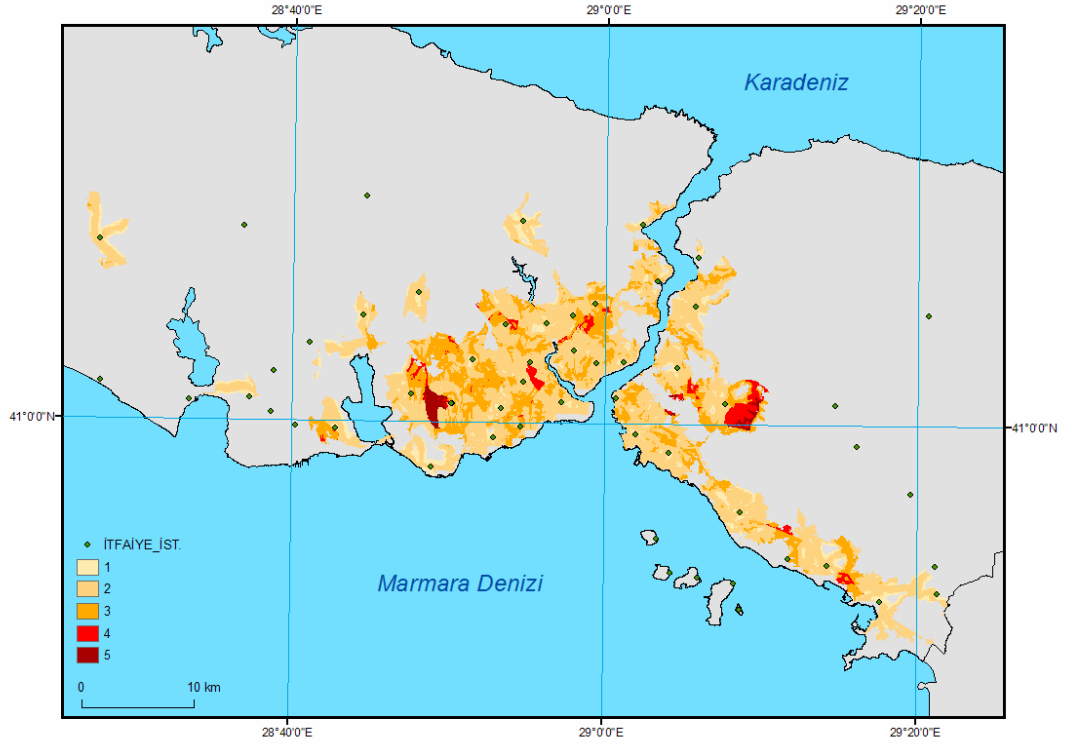
Şekil B.6 : YNY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



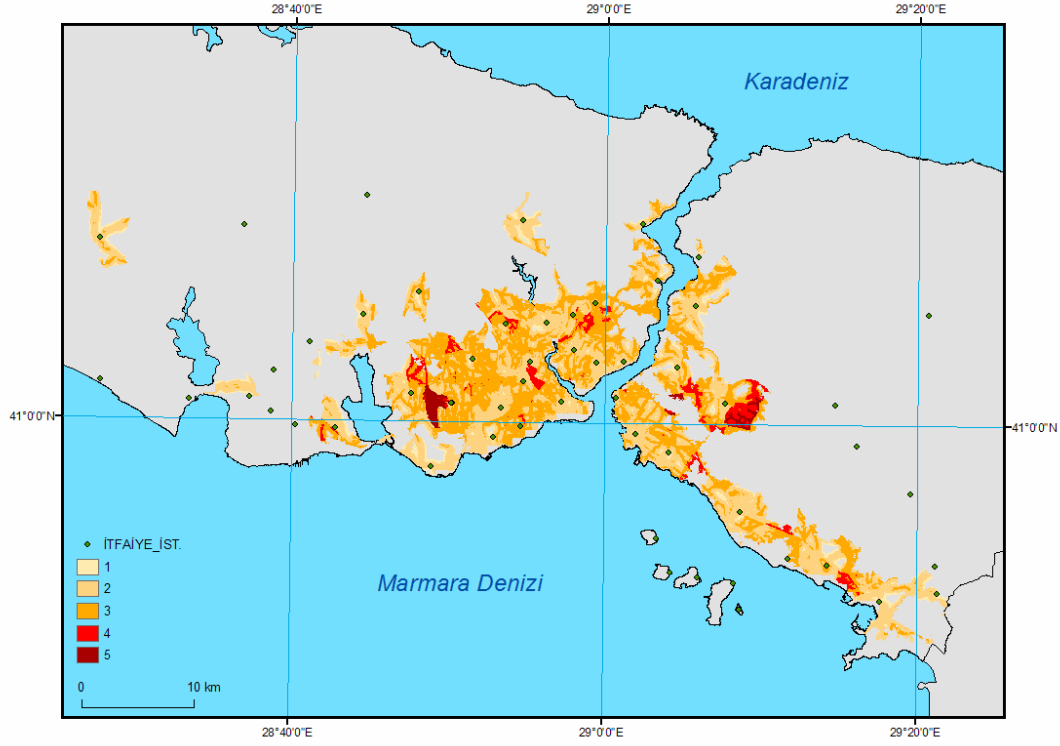
Şekil B.7 : YNY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



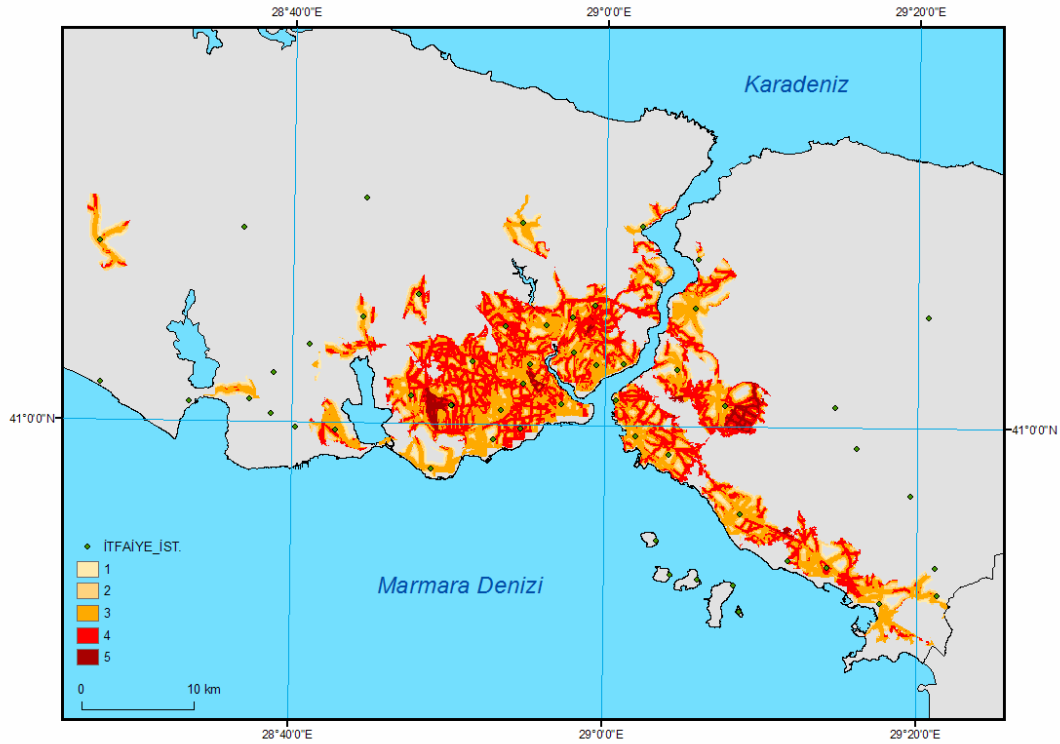
Şekil B.8 : AAY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



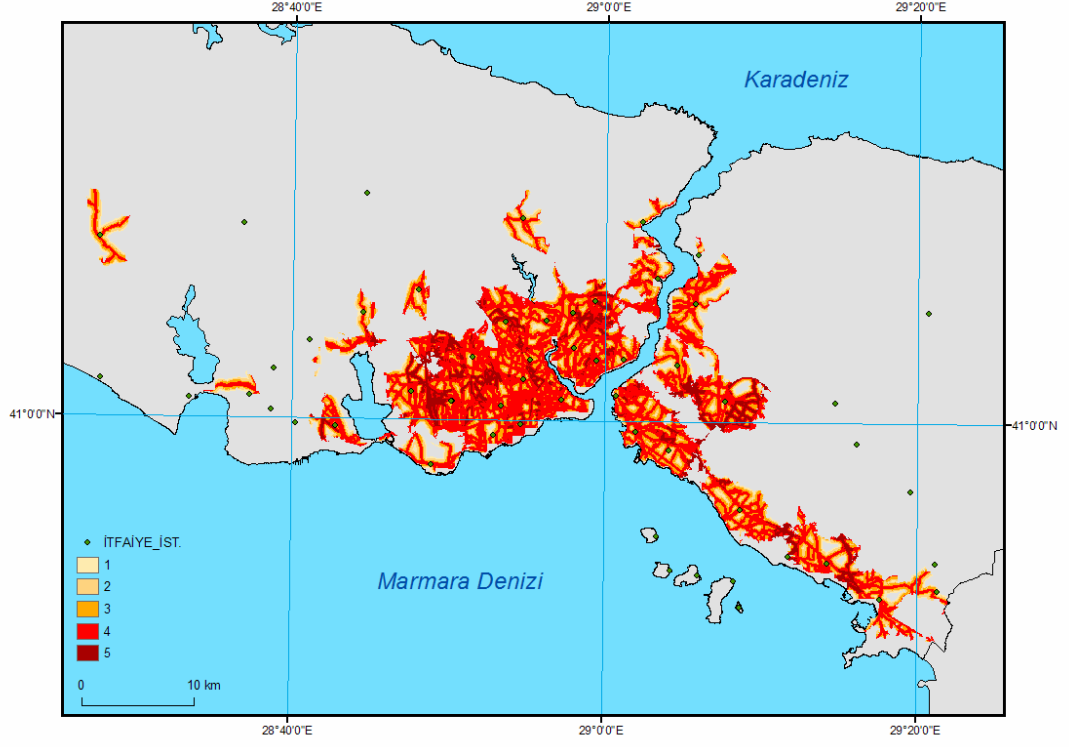
Şekil B.9 : AAY ölçütünün kendi ağırlığı (% 15) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



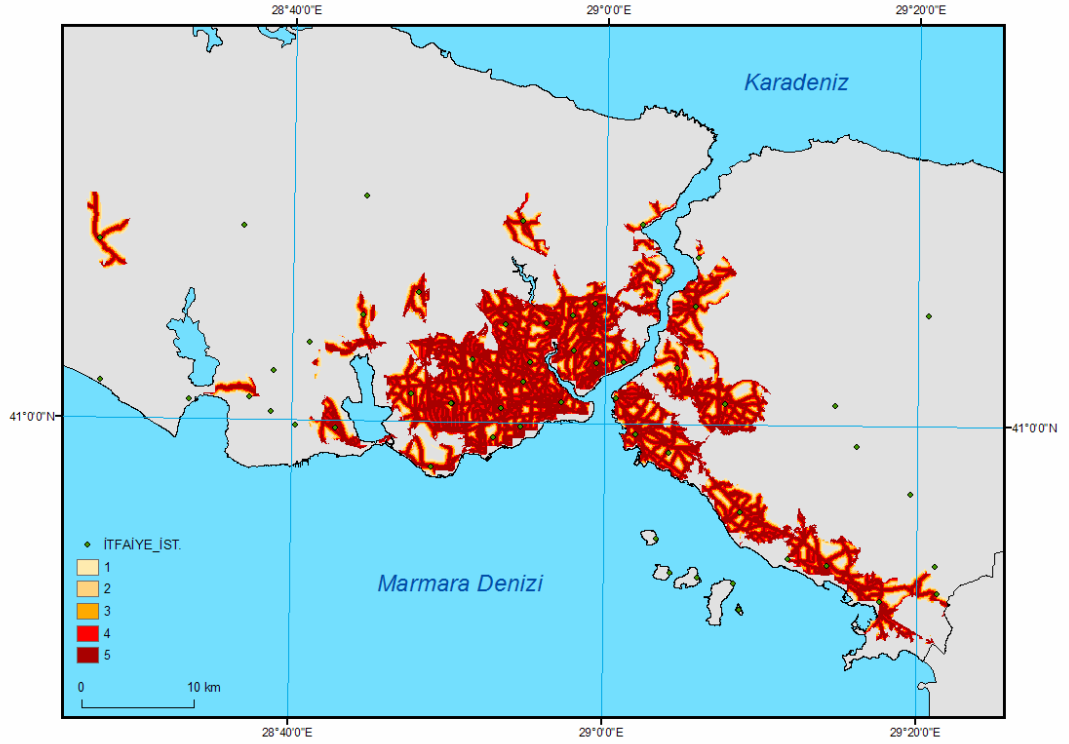
Şekil B.10 : AAY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



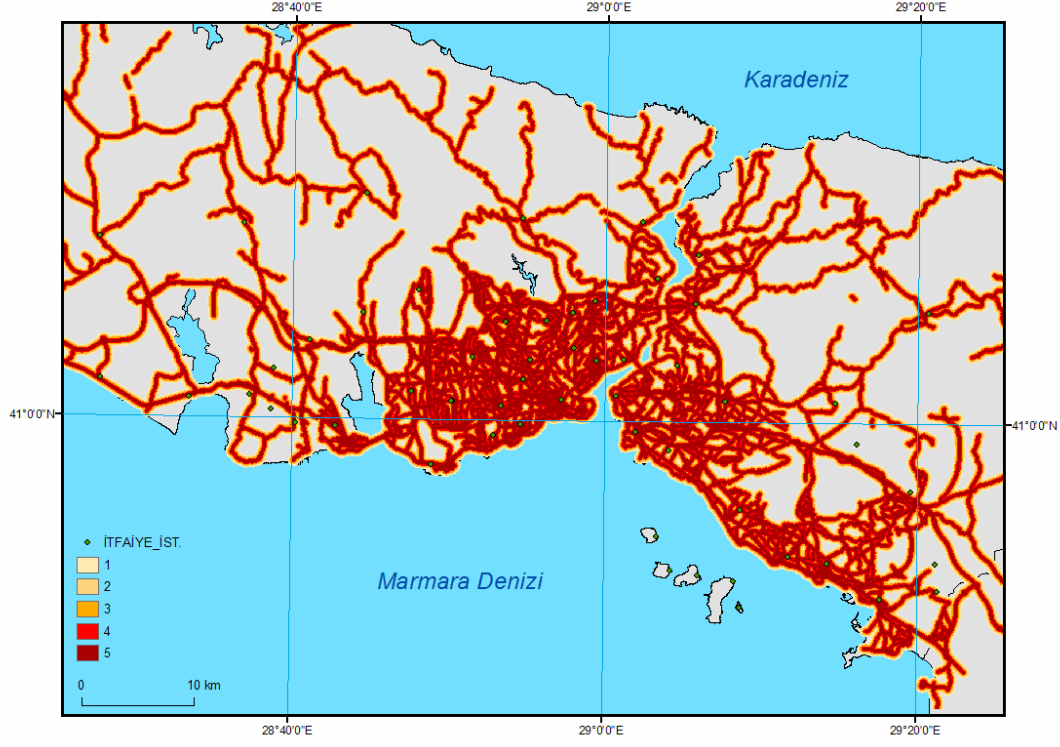
Şekil B.11 : AAY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



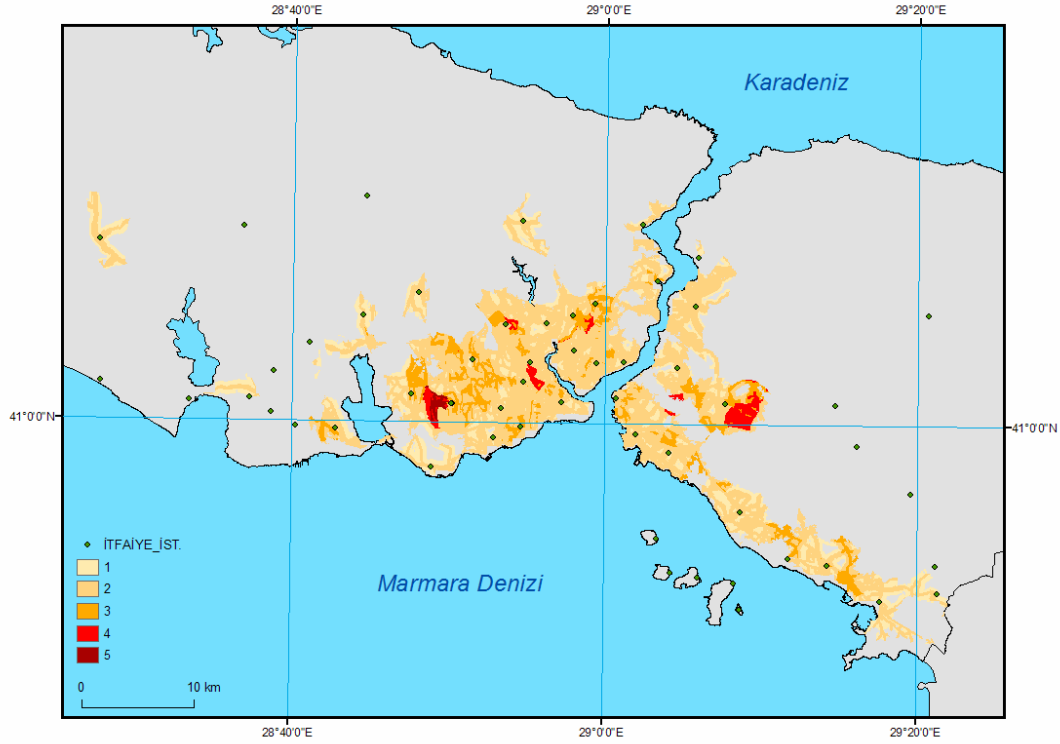
Şekil B.12 : AAY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



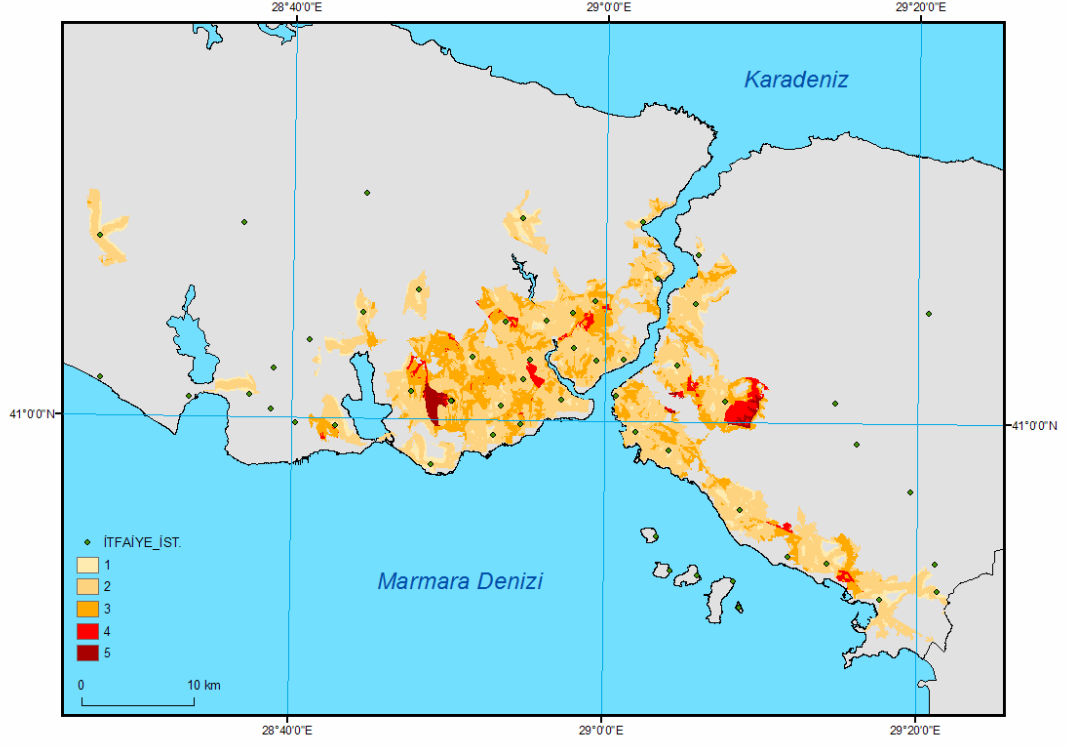
Şekil B.13 : AAY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



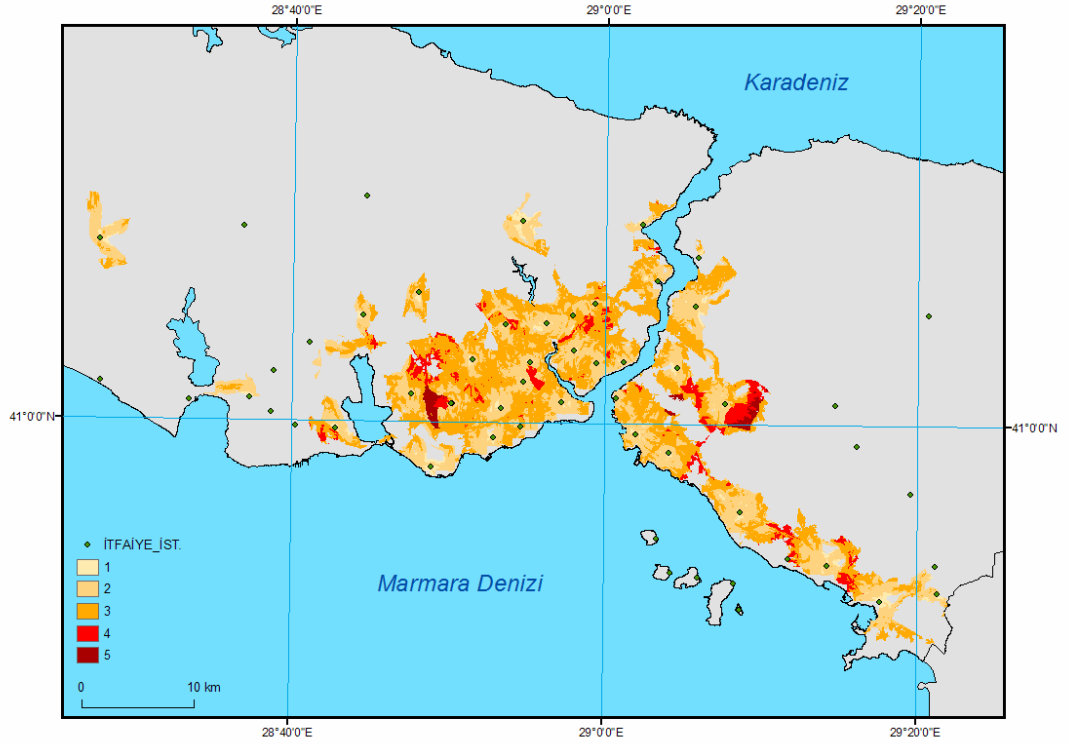
Şekil B.14 : AAY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



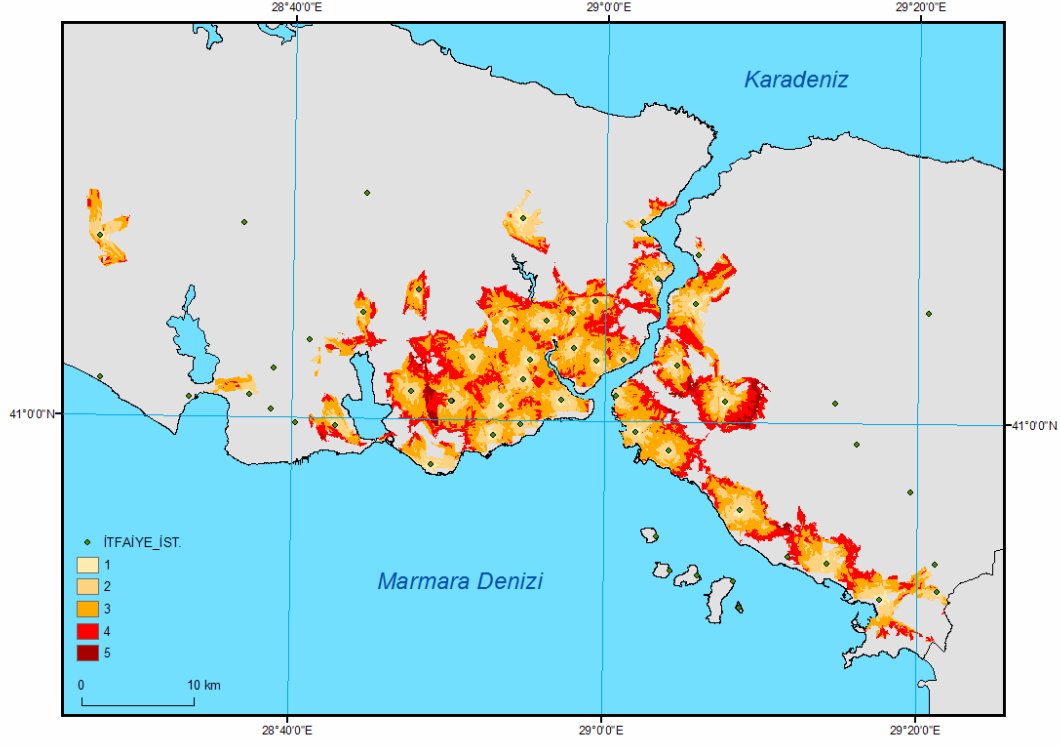
Şekil B.15 : İİU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



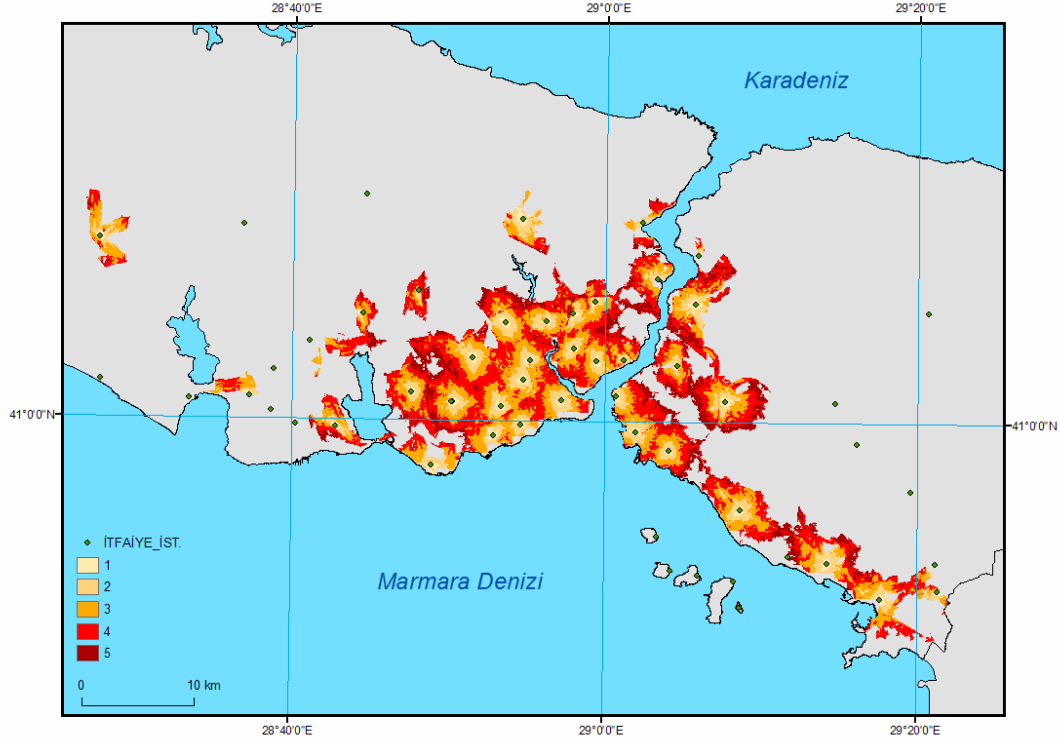
Şekil B.16 : İİU ölçütünün kendi ağırlığı (% 10) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



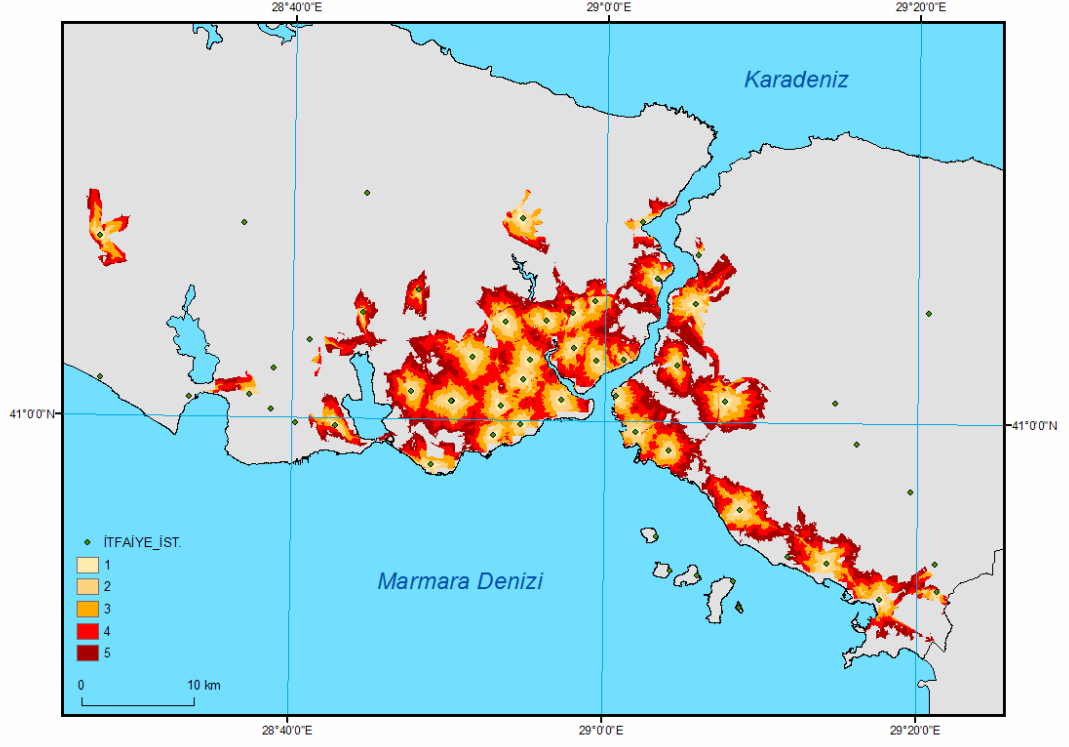
Şekil B.17 : İİU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



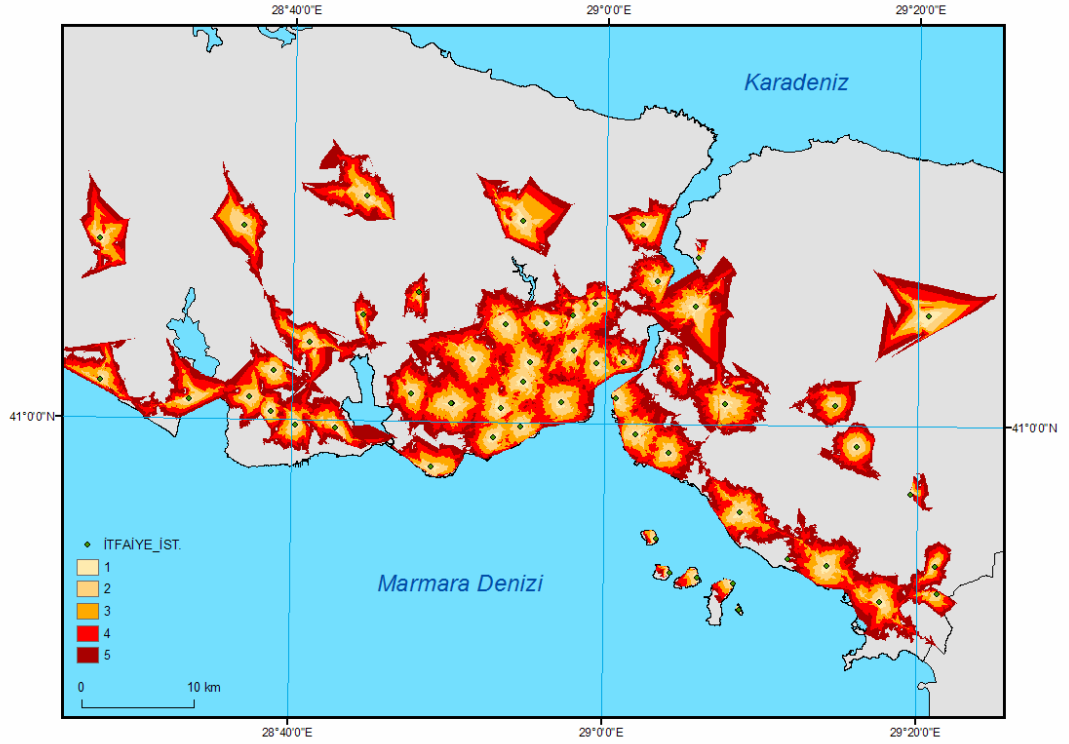
Şekil B.18 : İİU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



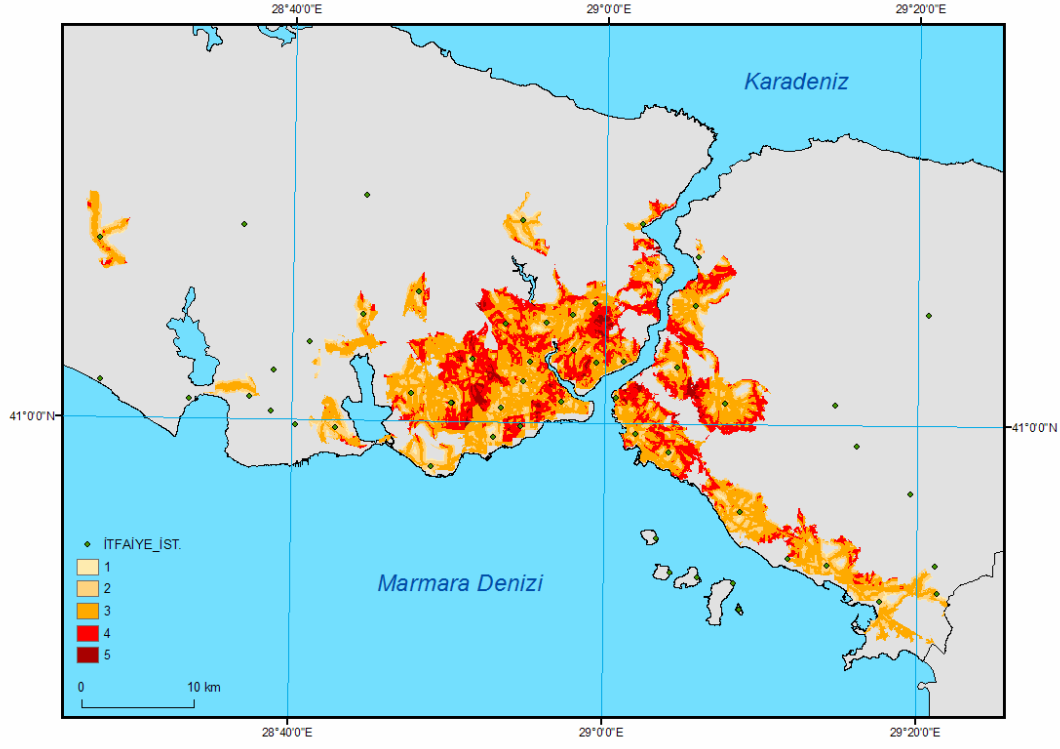
Şekil B.19 : İİU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



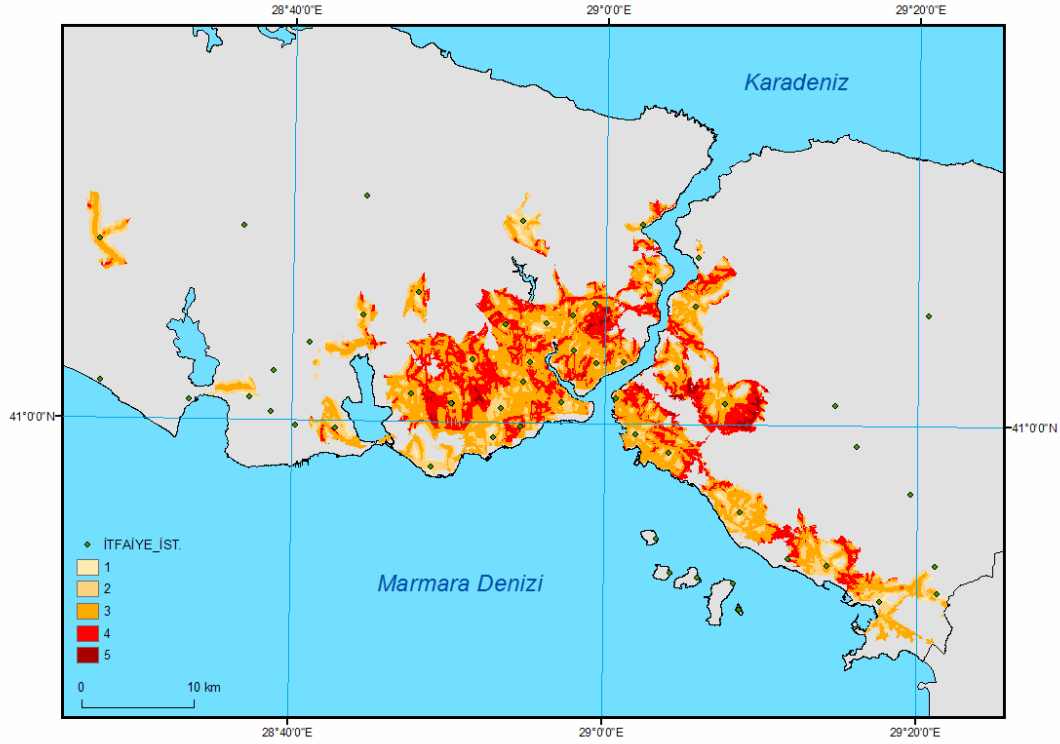
Şekil B.20 : İİU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



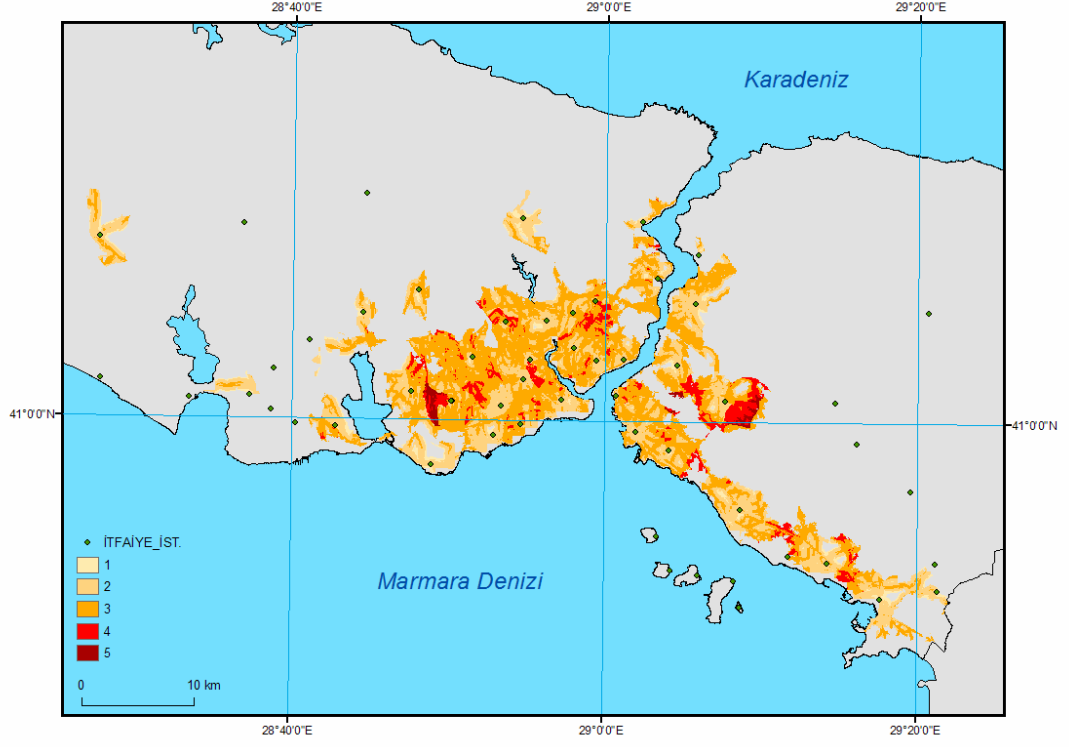
Şekil B.21 : İİU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



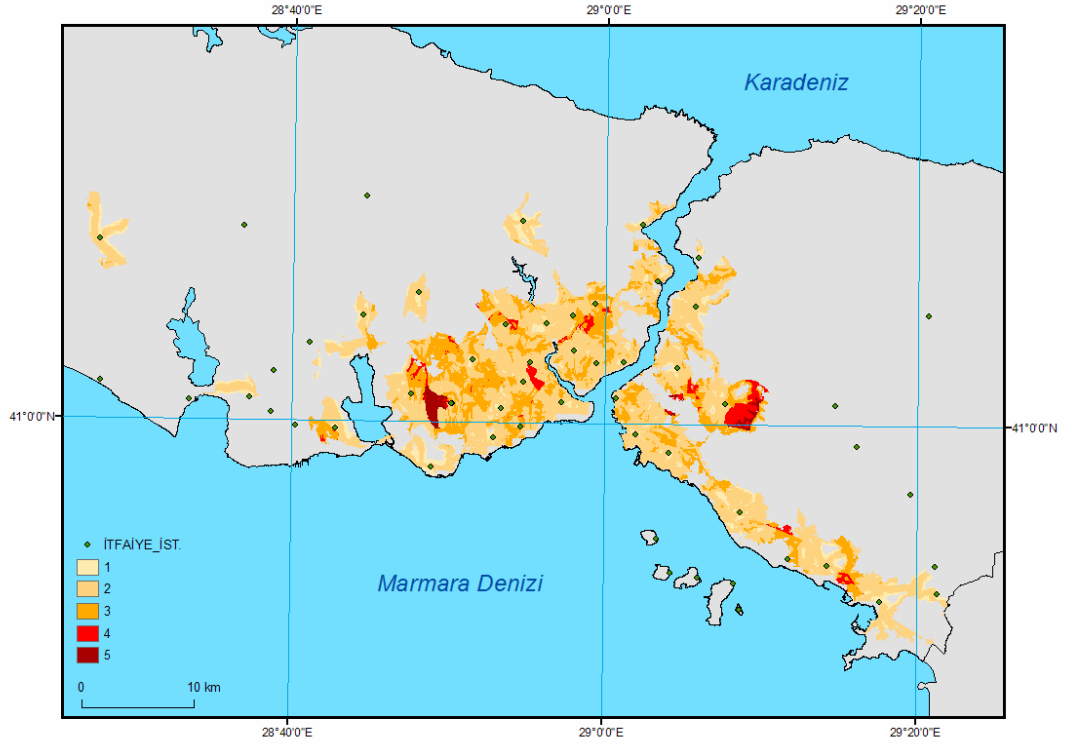
Şekil B.22 : TMD ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



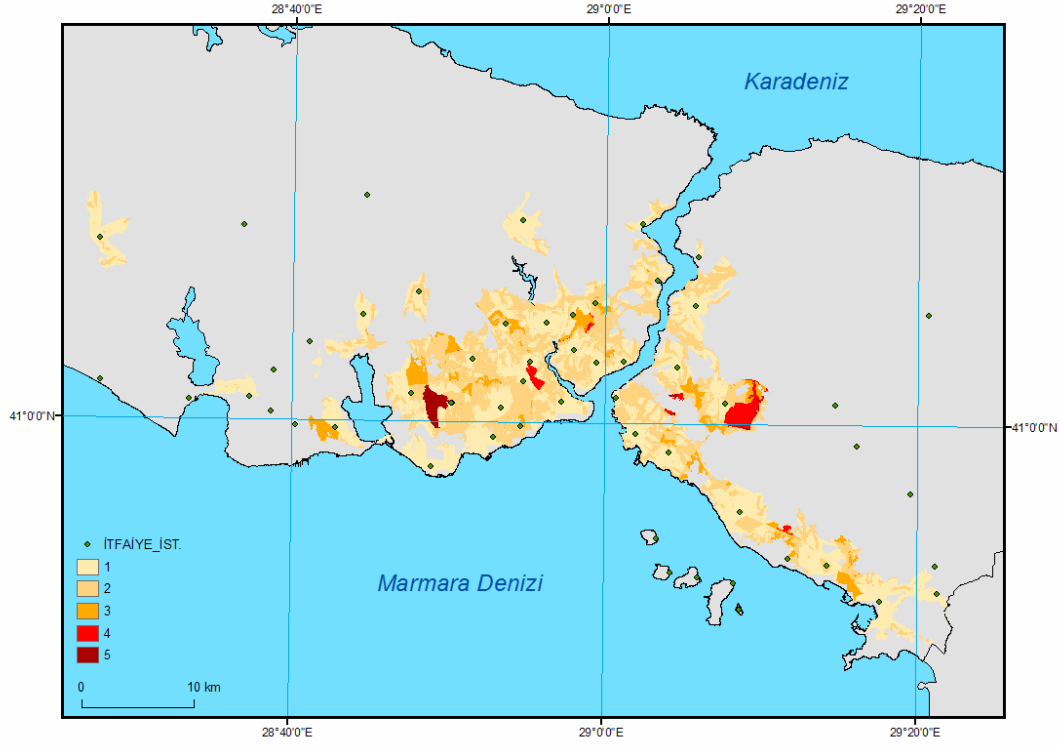
Şekil B.23 : TMD ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



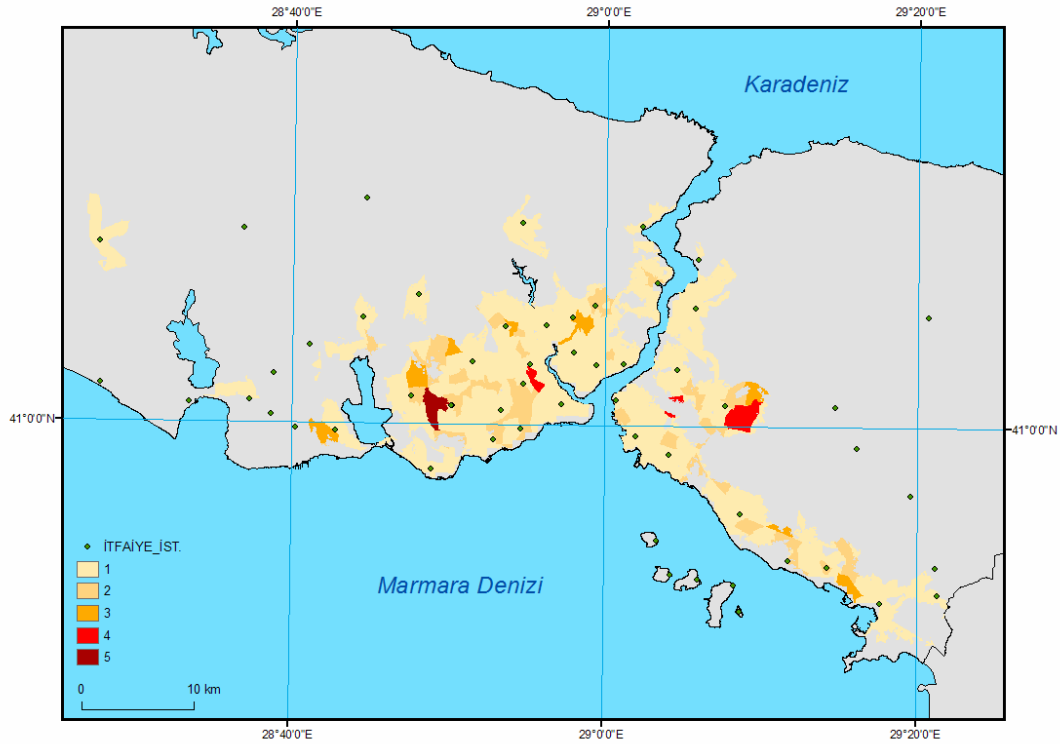
Şekil B.24 : TMD ölçütü için % 30 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



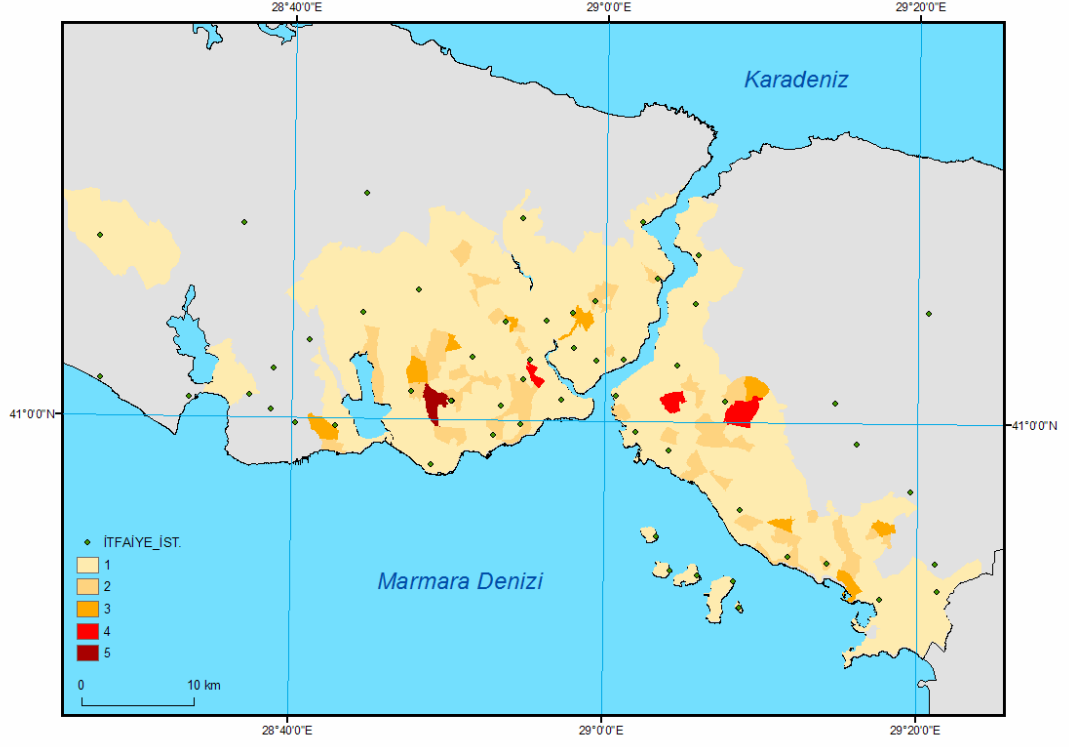
Şekil B.25 : TMD ölçütünün kendi ağırlığı (% 40) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



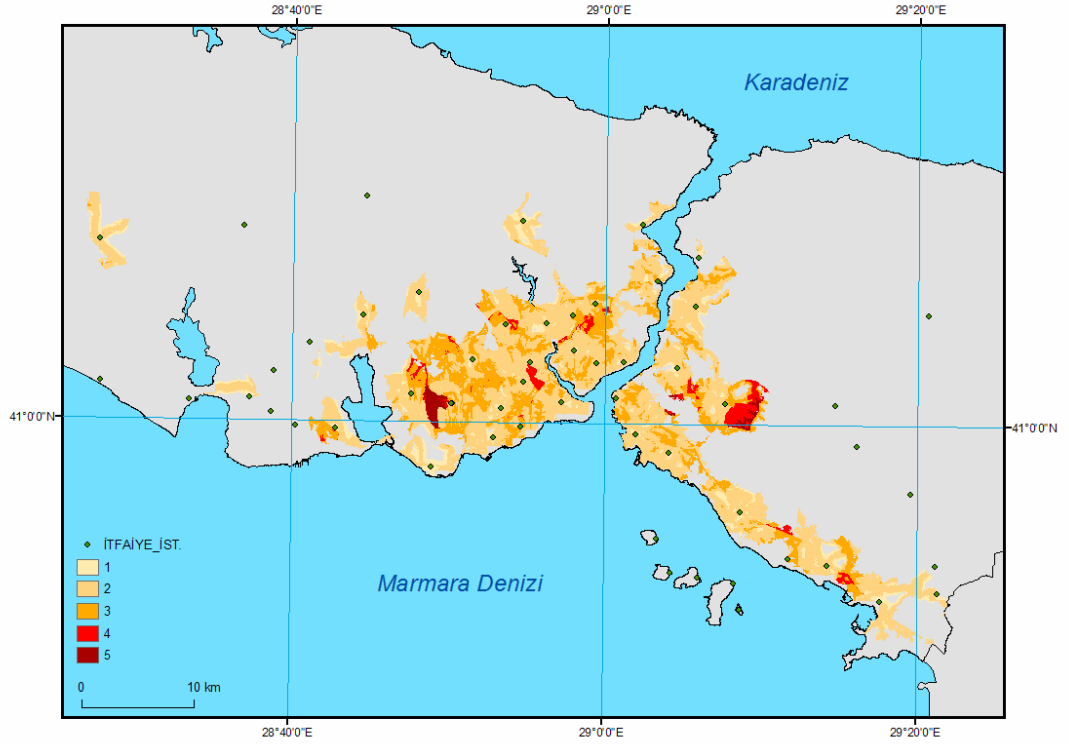
Şekil B.26 : TMD ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



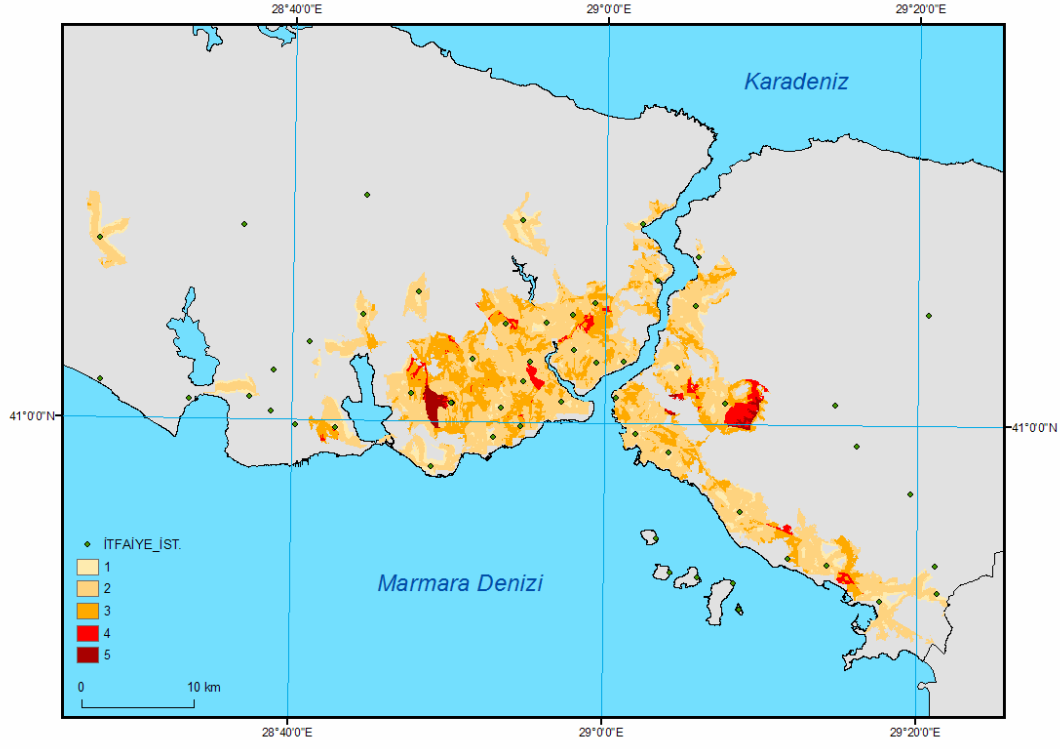
Şekil B.27 : TMD ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



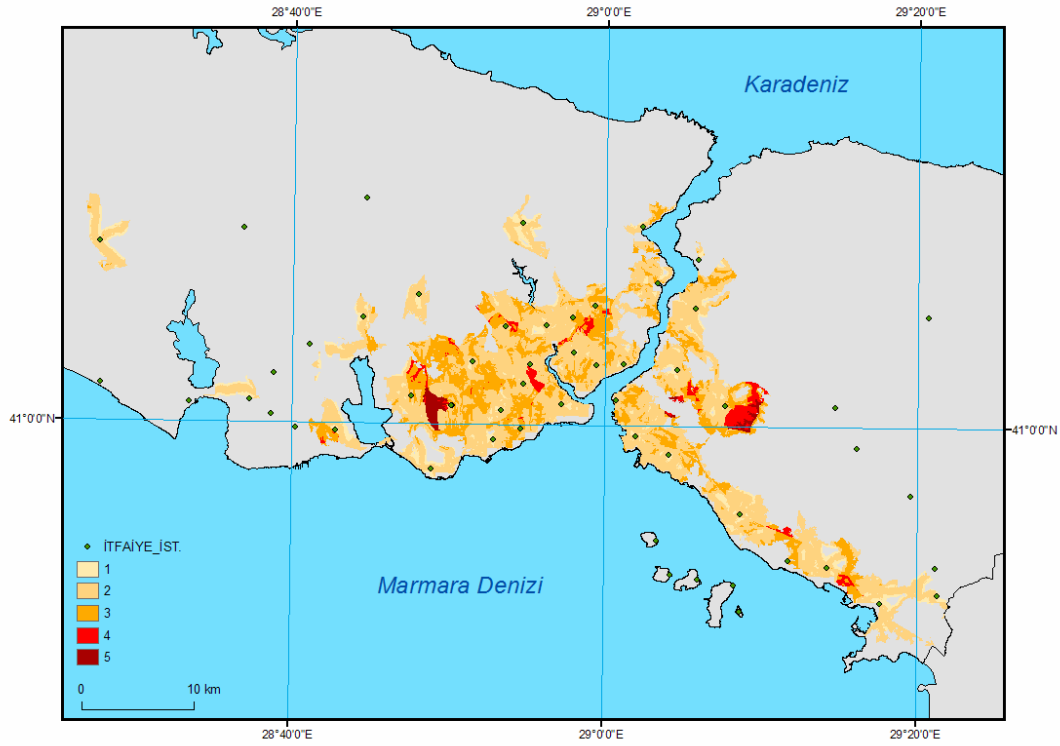
Şekil B.28 : TMD ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



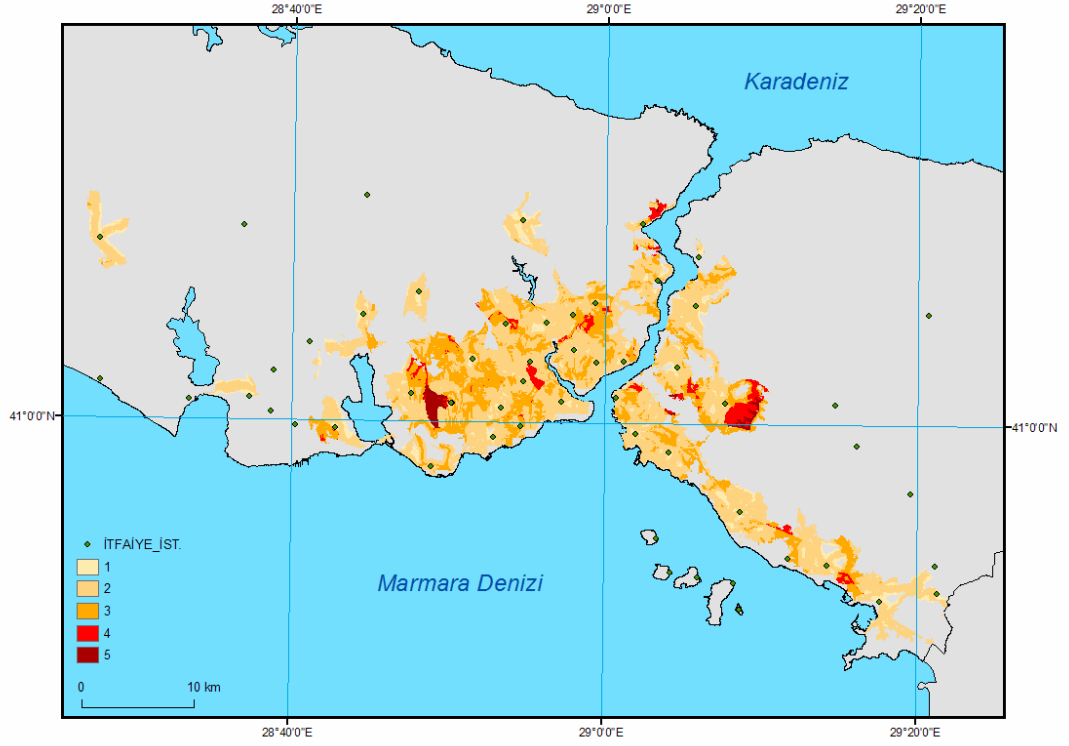
Şekil B.29 : ABY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



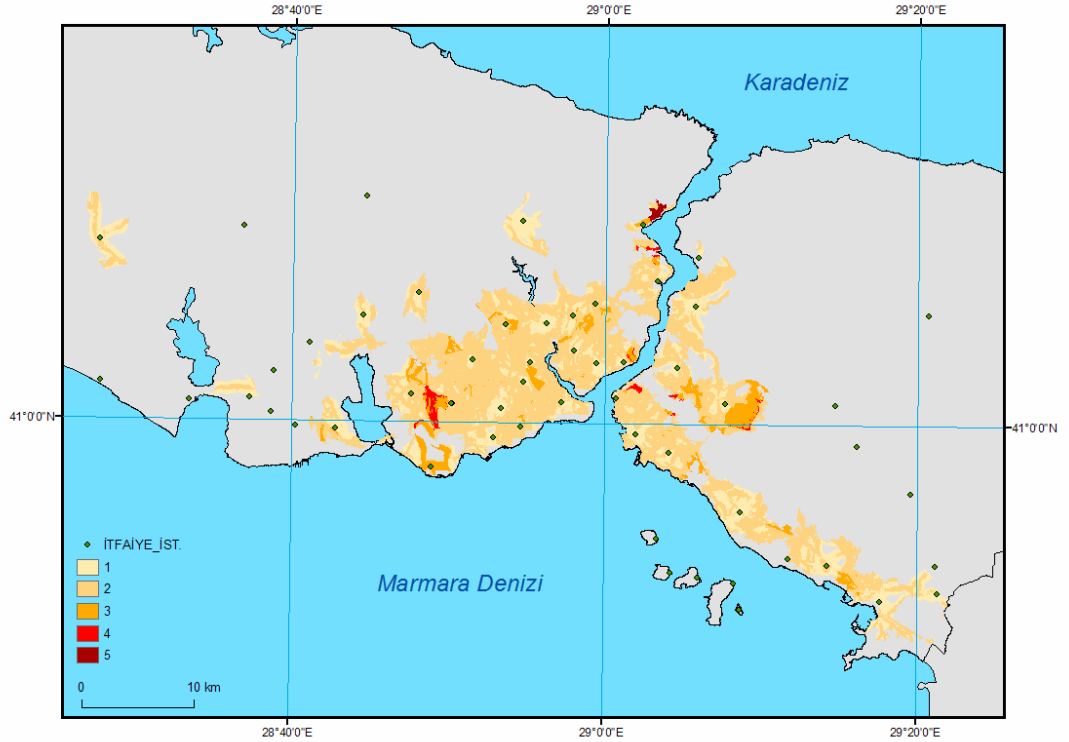
Şekil B.30 : ABY ölçütünün kendi ağırlığı (% 10) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



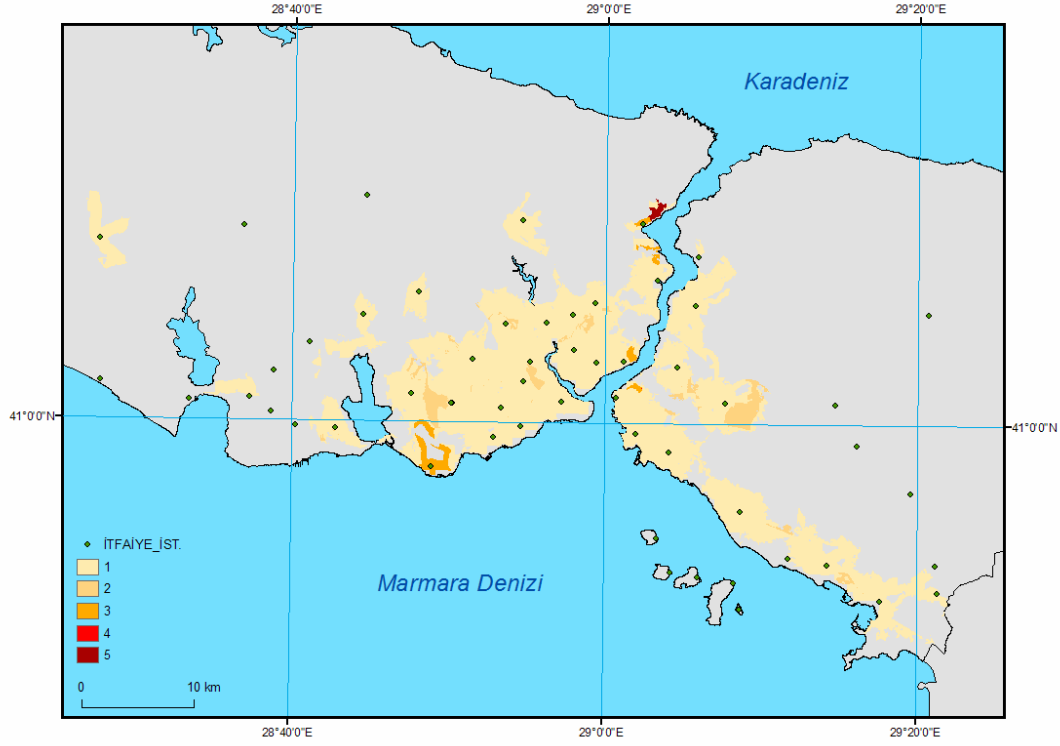
Şekil B.31 : ABY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



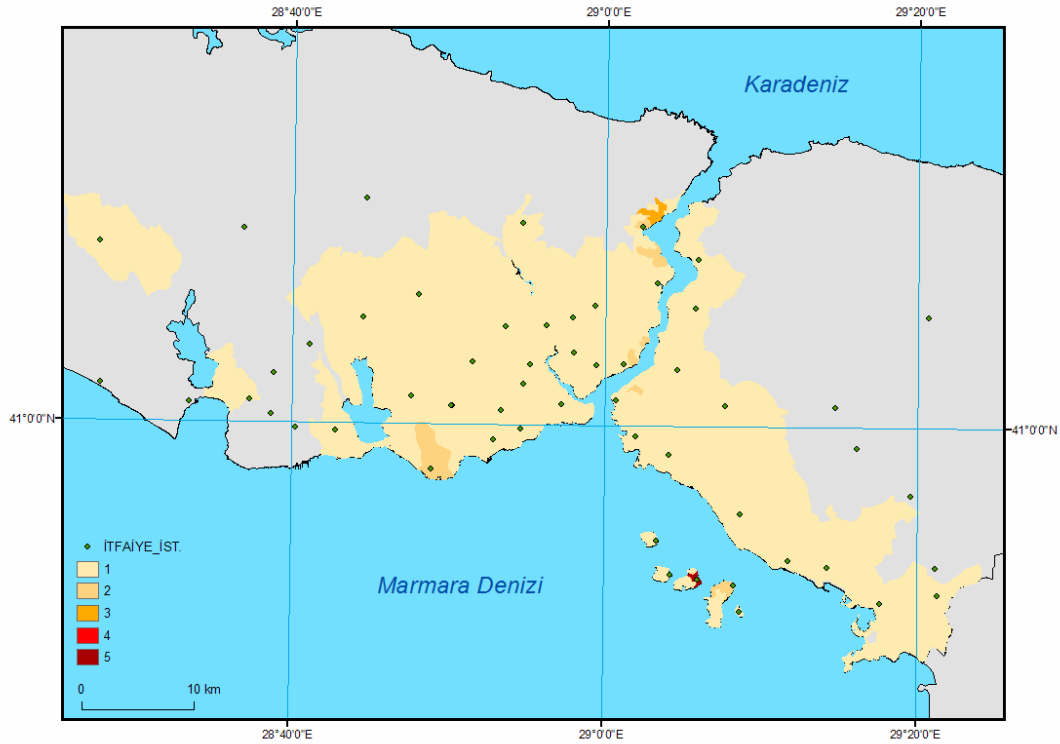
Şekil B.32 : ABY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



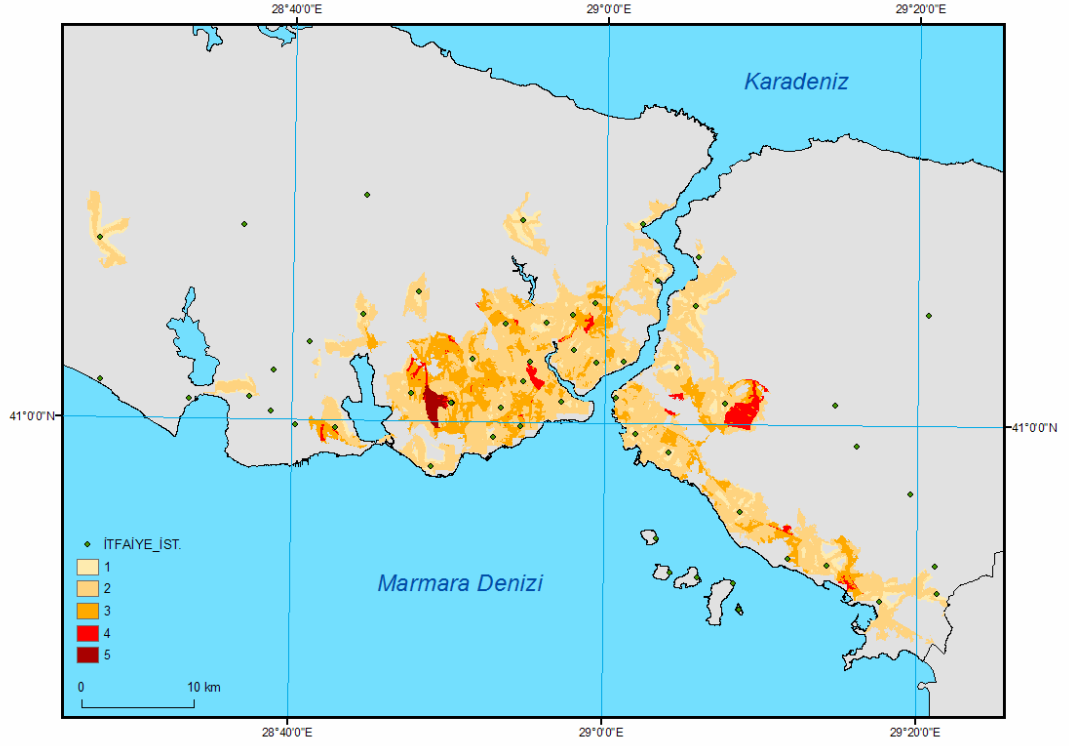
Şekil B.33 : ABY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



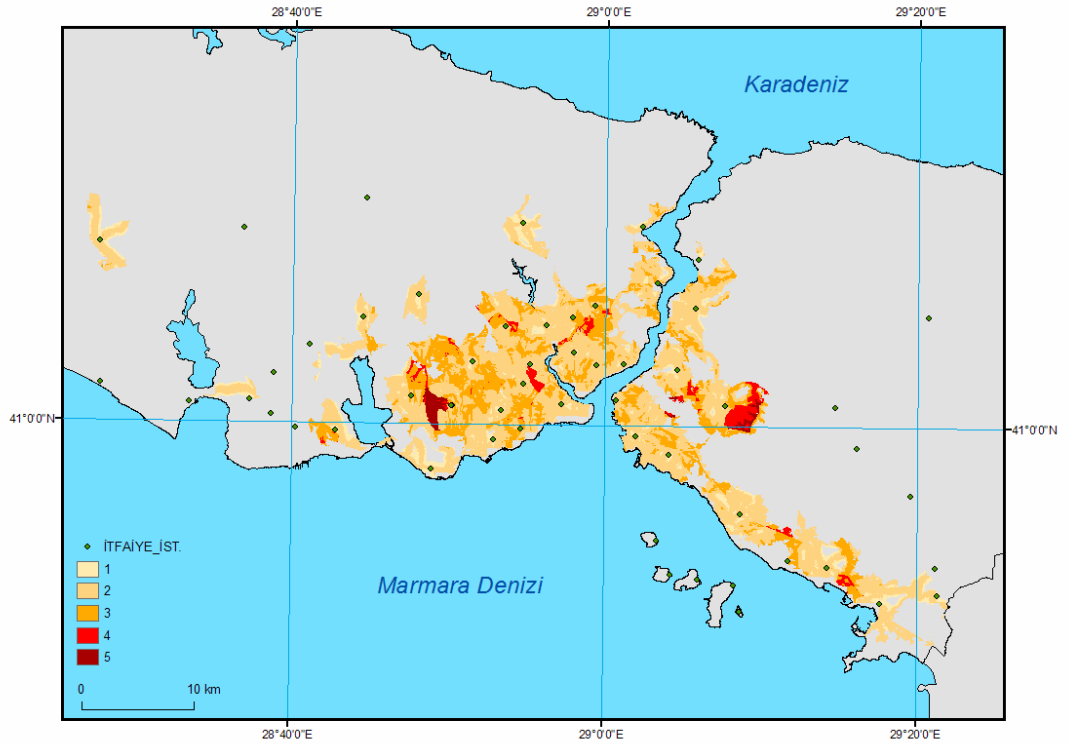
Şekil B.34 : ABY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



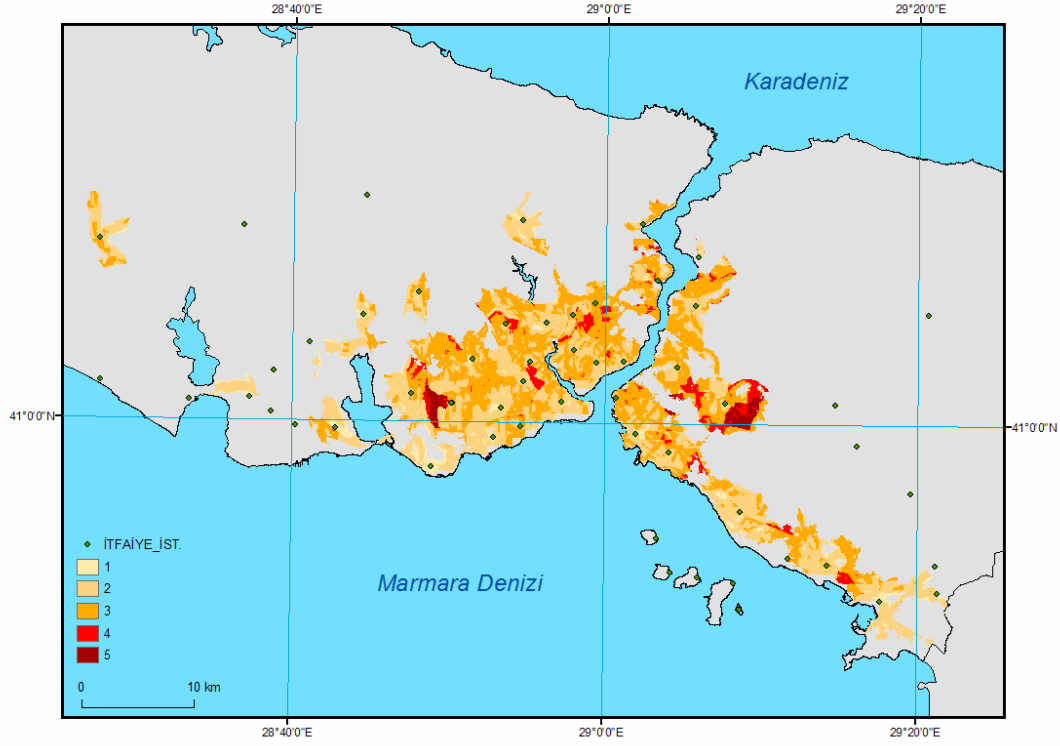
Şekil B.35 : ABY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



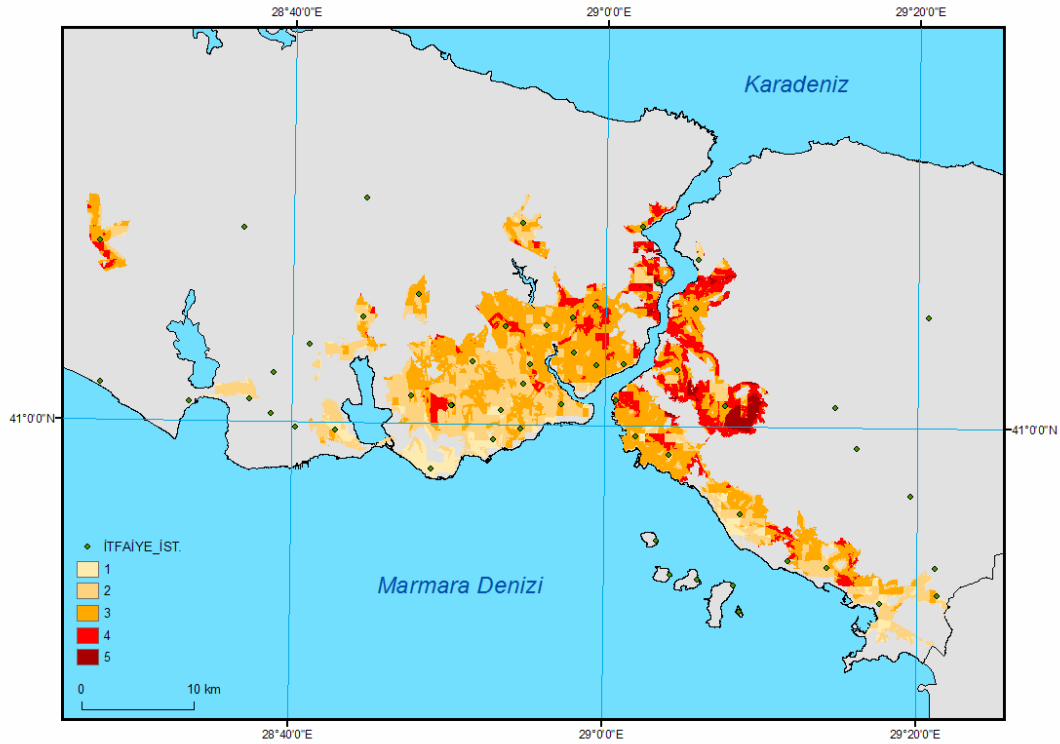
Şekil B.36 : DRU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



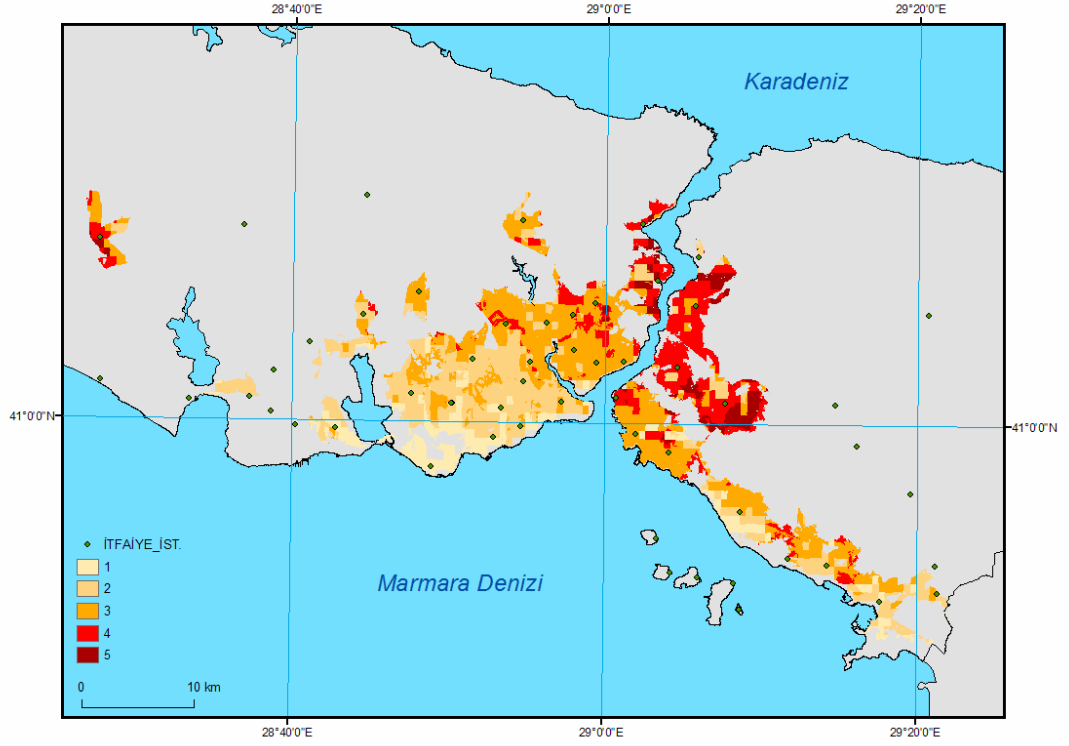
Şekil B.37 : DRU ölçütünün kendi ağırlığı (% 9) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



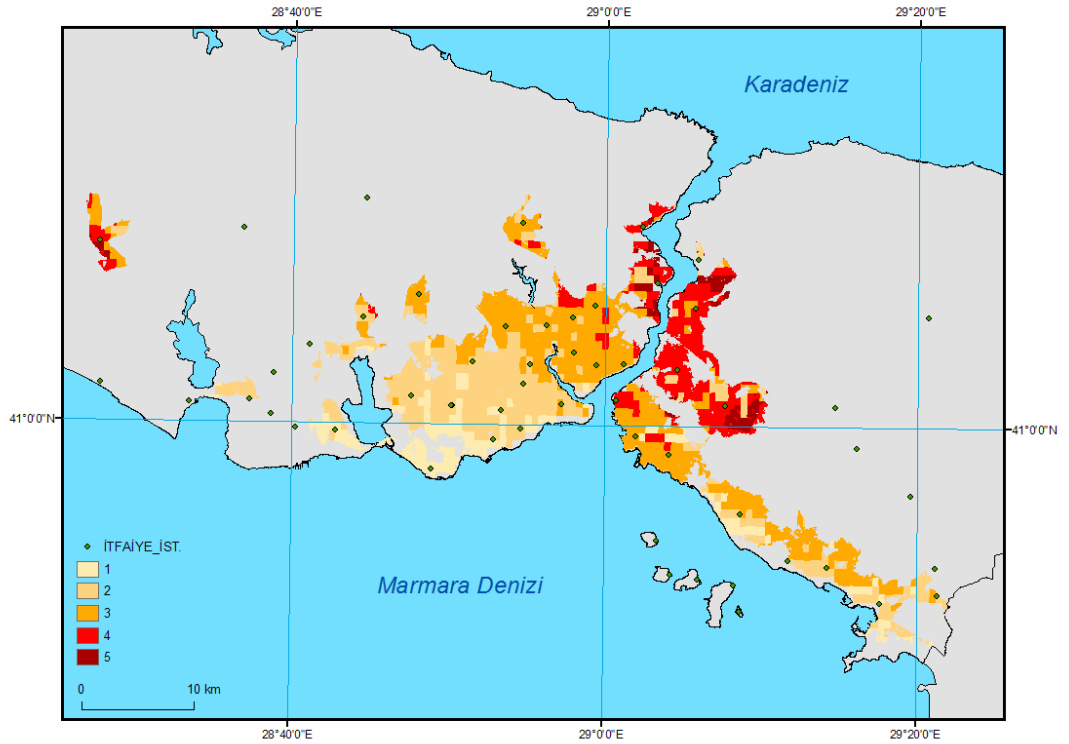
Şekil B.38 : DRU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



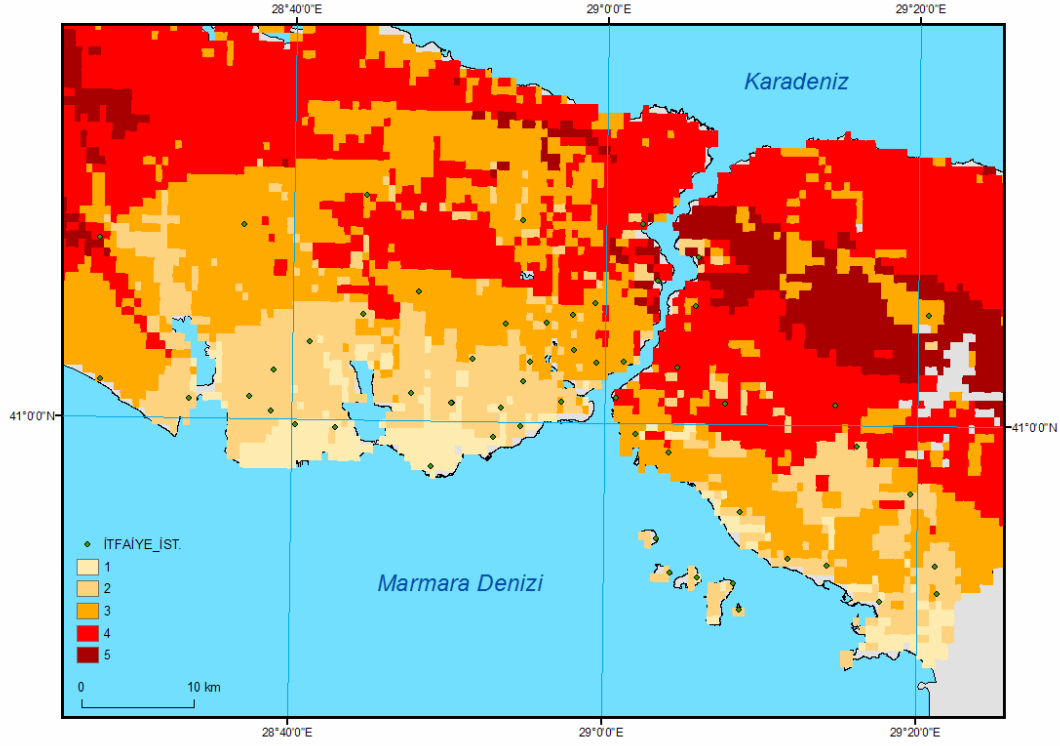
Şekil B.39 : DRU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



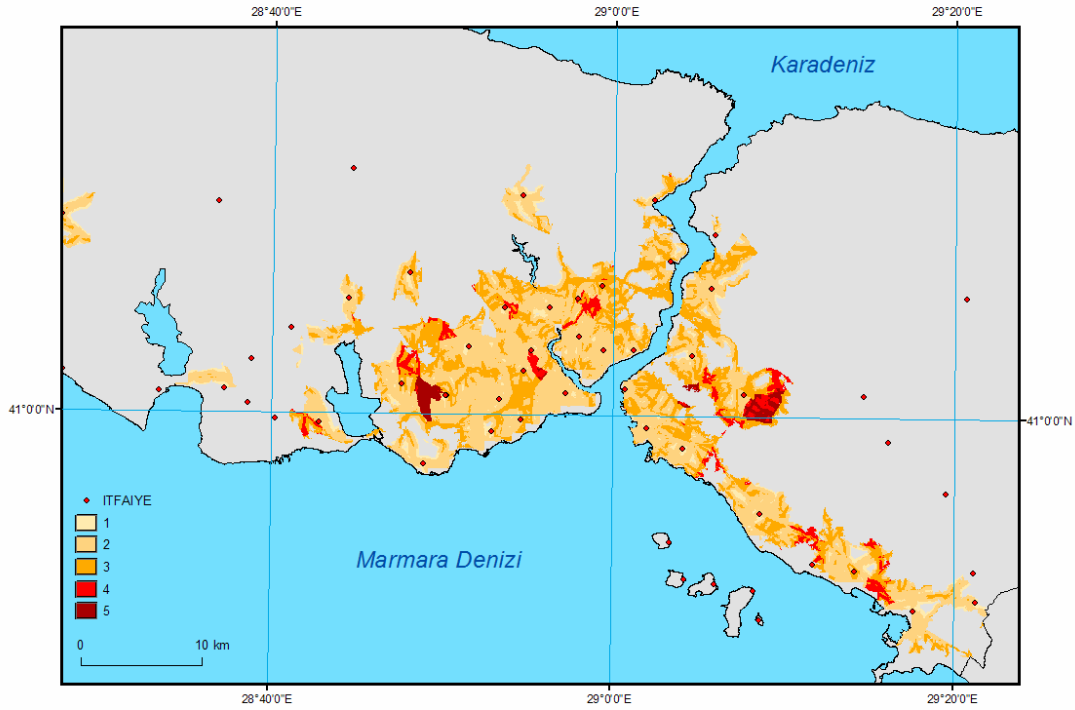
Şekil B.40 : DRU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



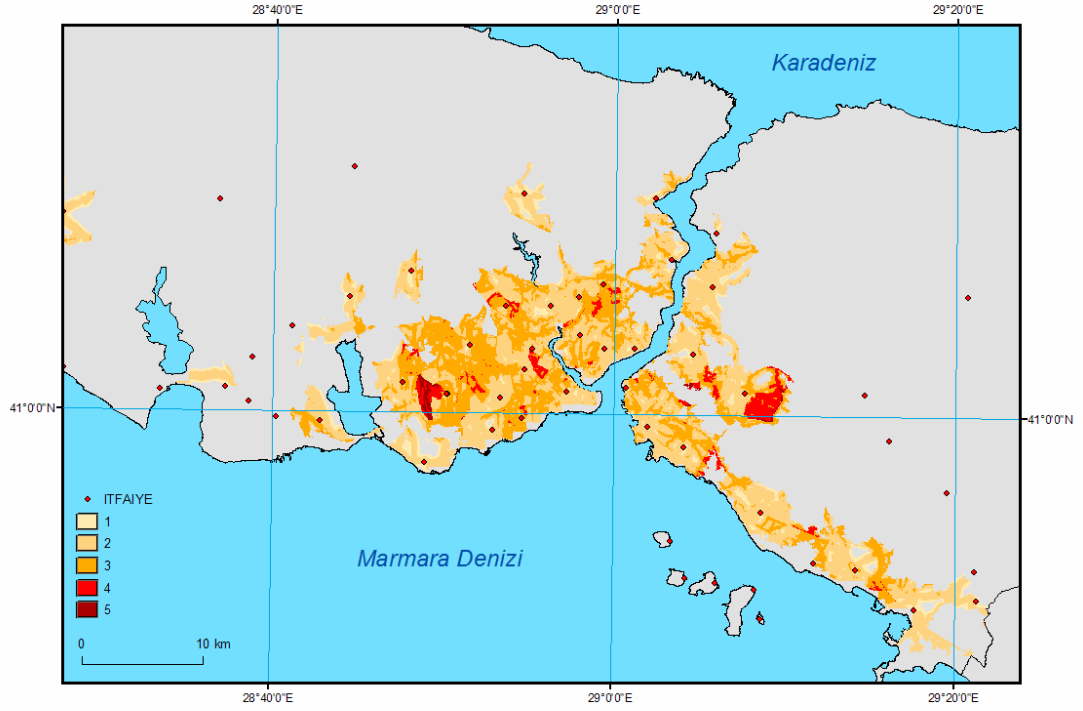
Şekil B.41 : DRU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



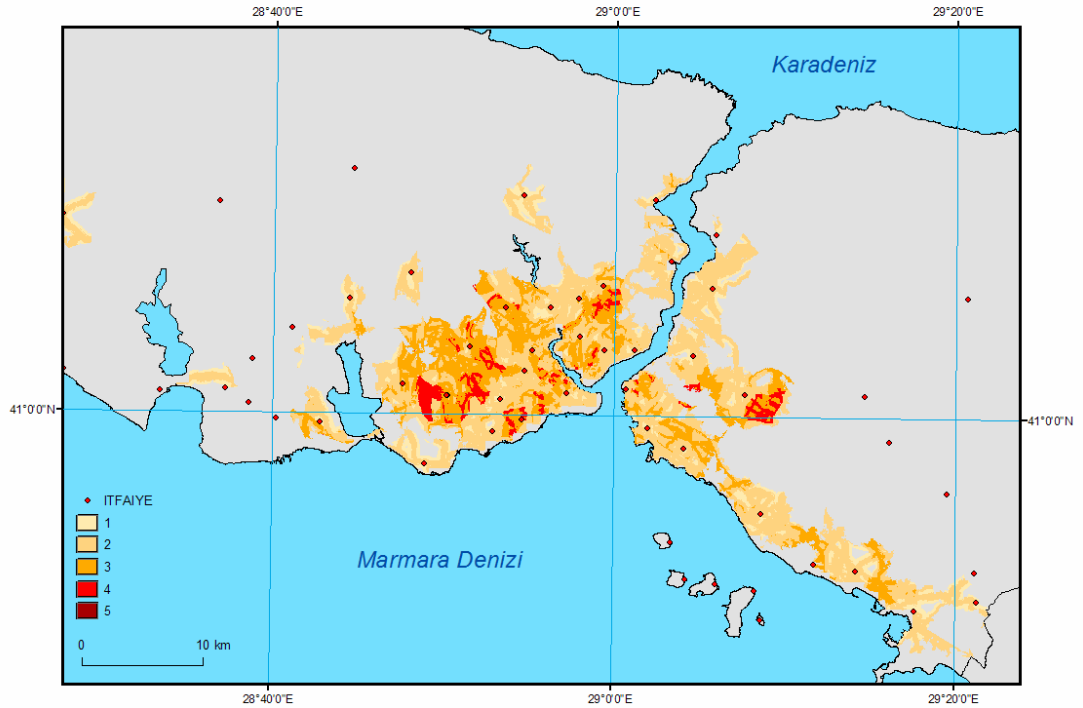
Şekil B.42 : DRU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (akademisyenlerce yapılan değerlendirmeye göre).



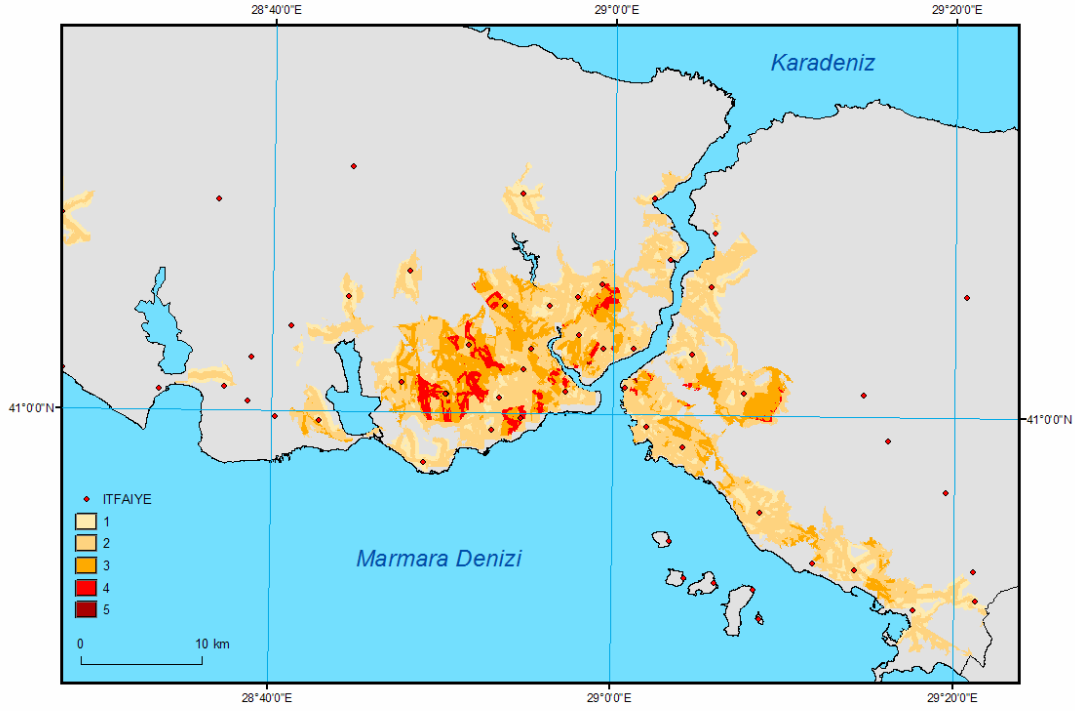
Şekil B.43 : YNY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



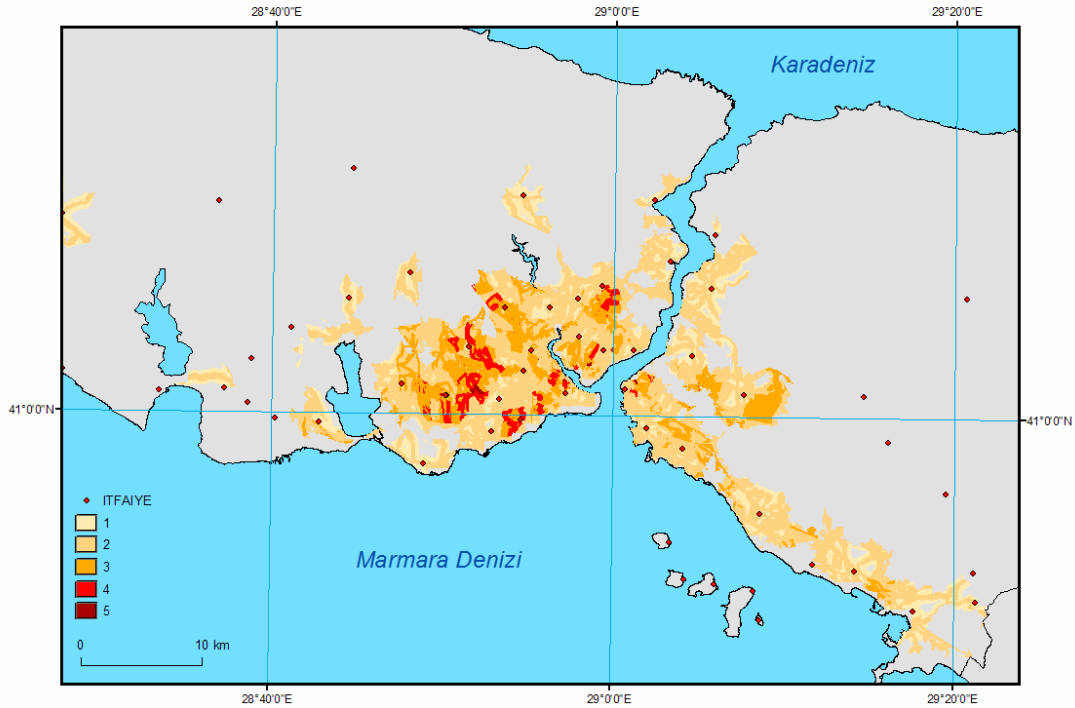
Şekil B.44 : YNY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



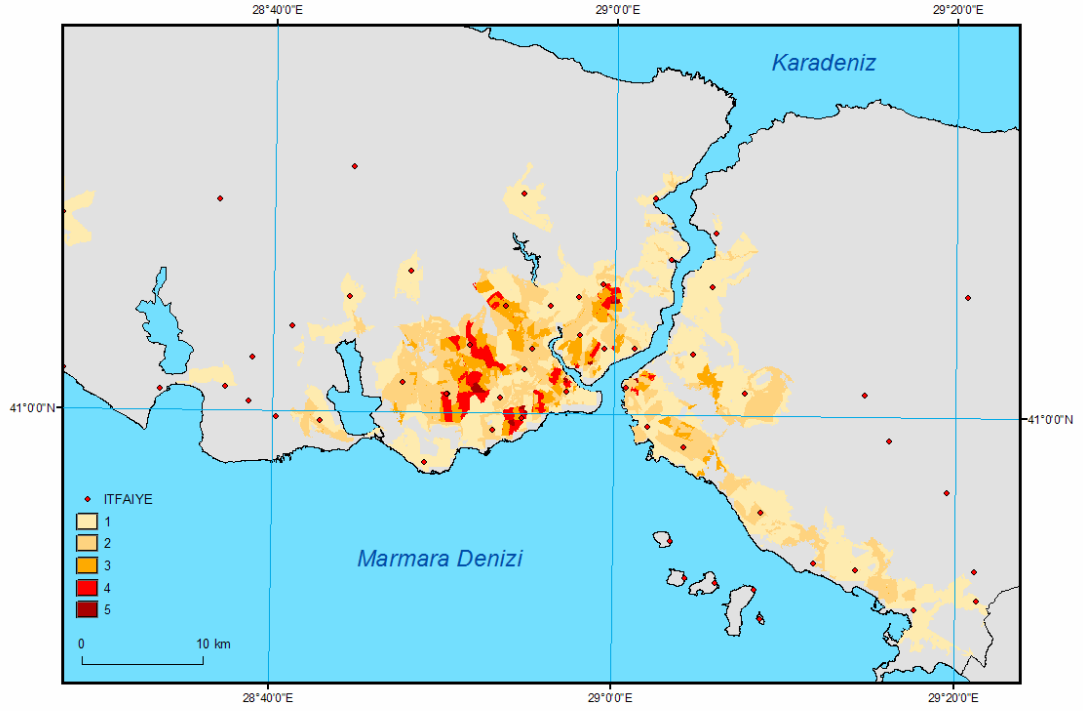
Şekil B.45 : YNY ölçütü için % 30 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



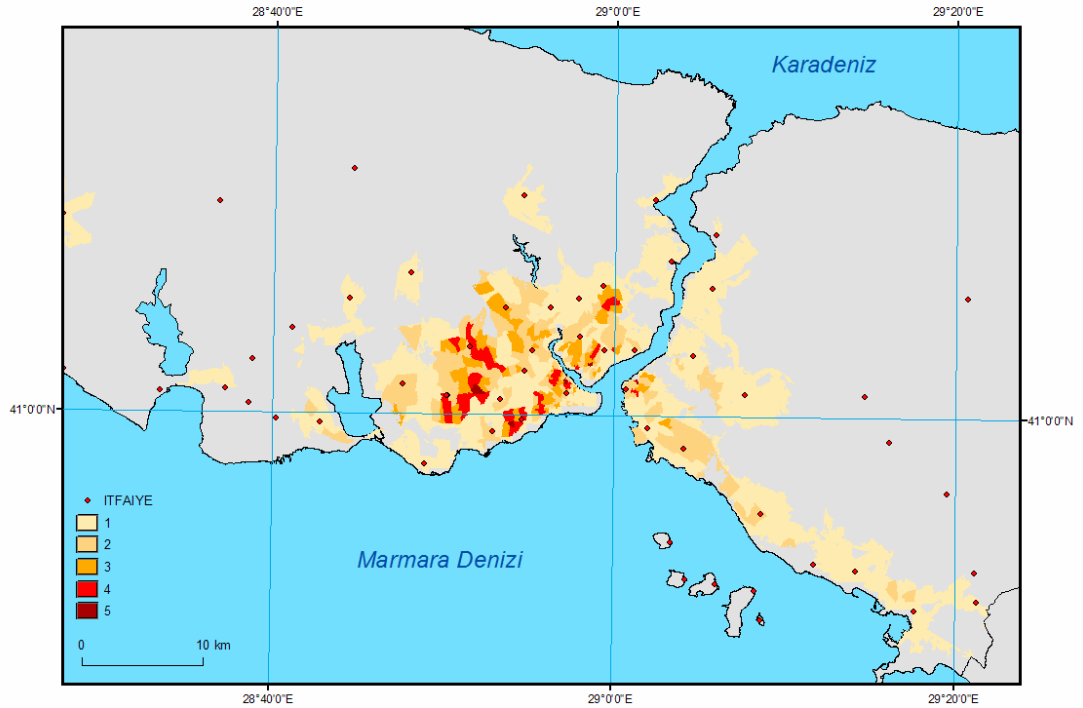
Şekil B.46 : YNY ölçütünün kendi ağırlığı (% 36) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



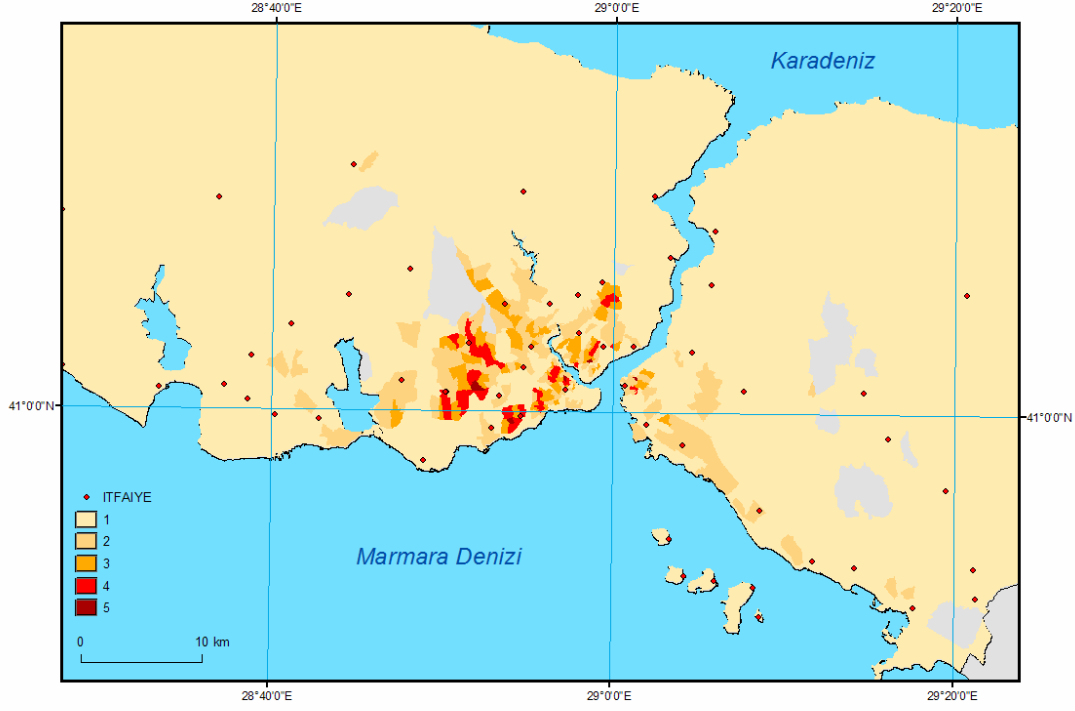
Şekil B.47 : YNY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



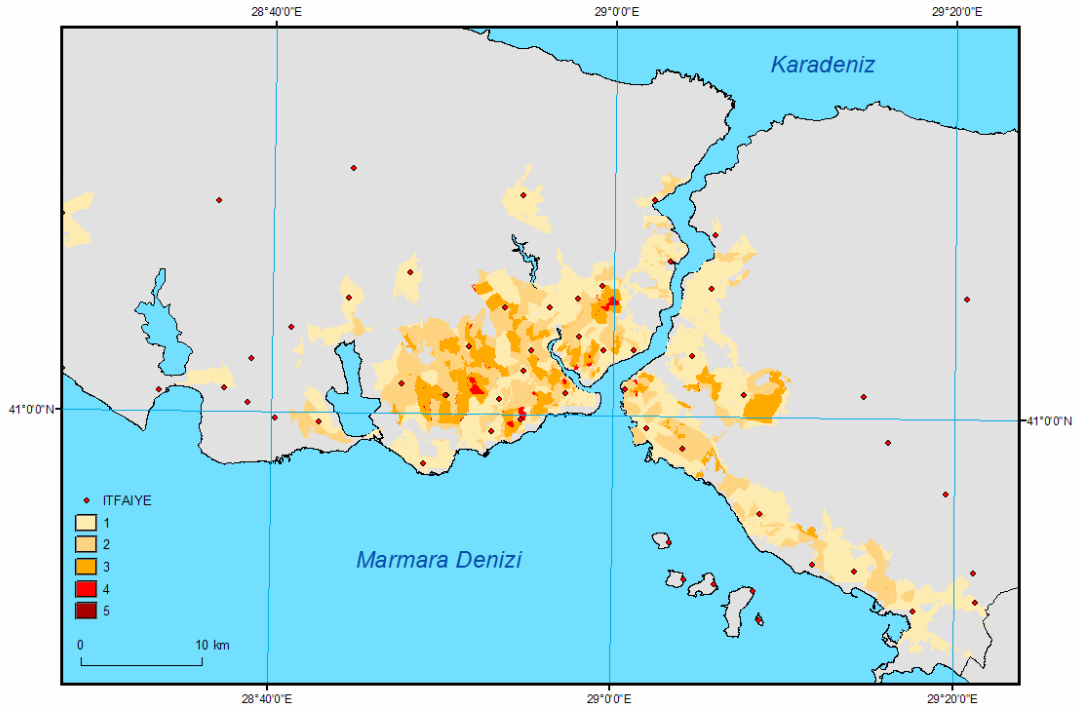
Şekil B.48 : YNY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



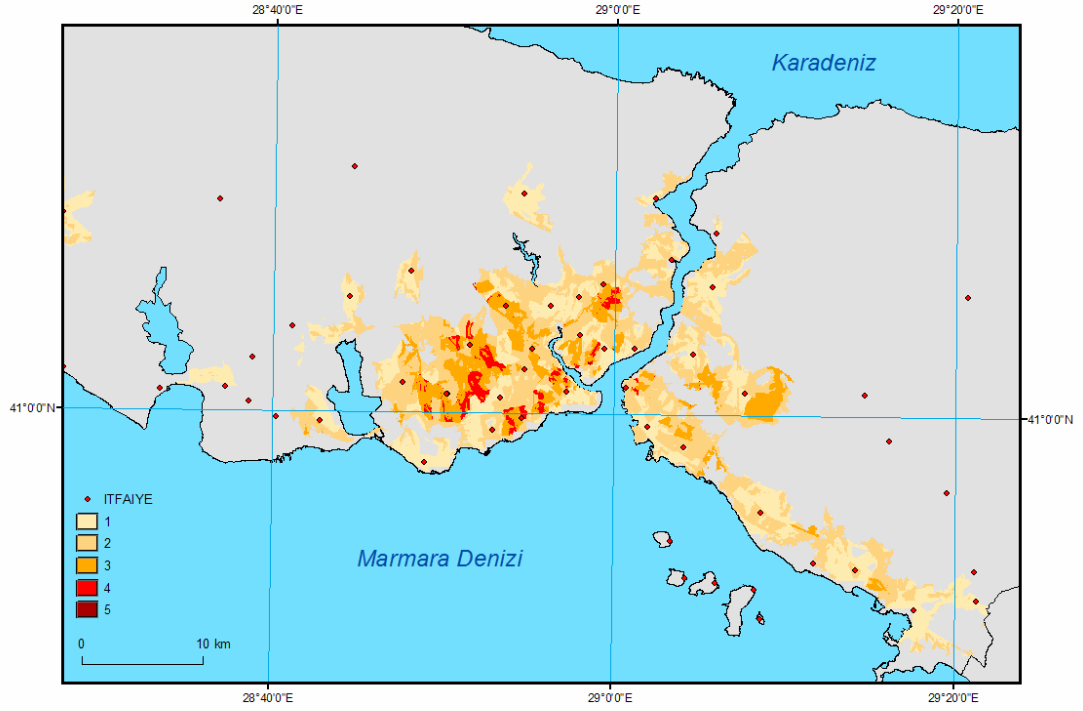
Şekil B.49 : YNY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



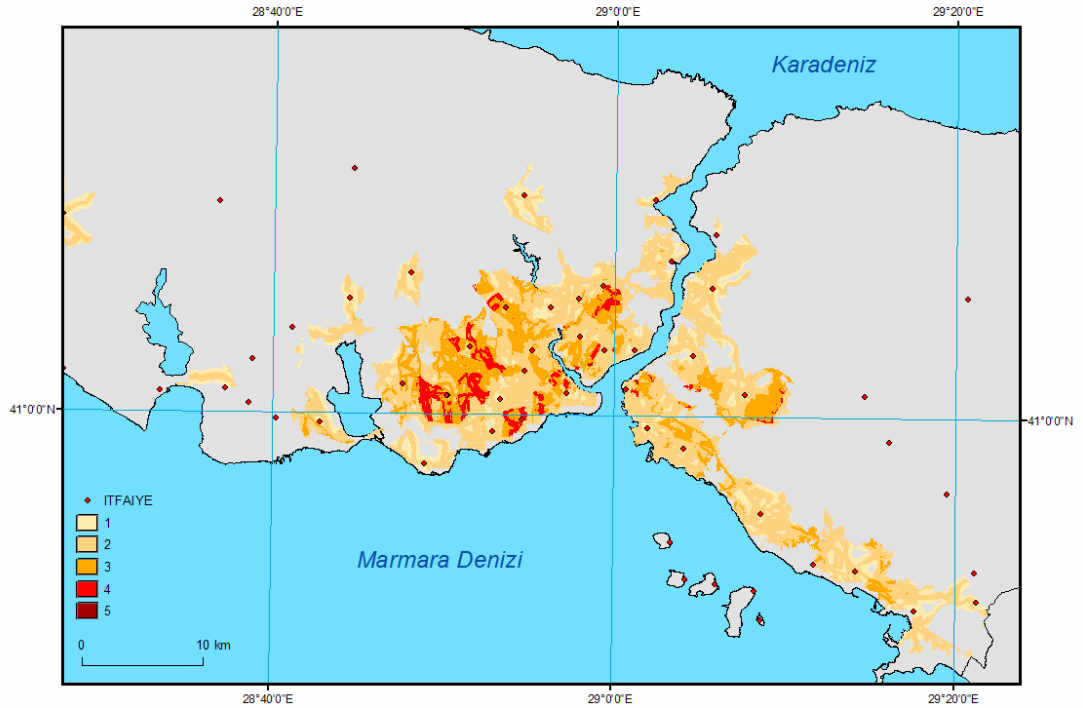
Şekil B.50 : YNY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



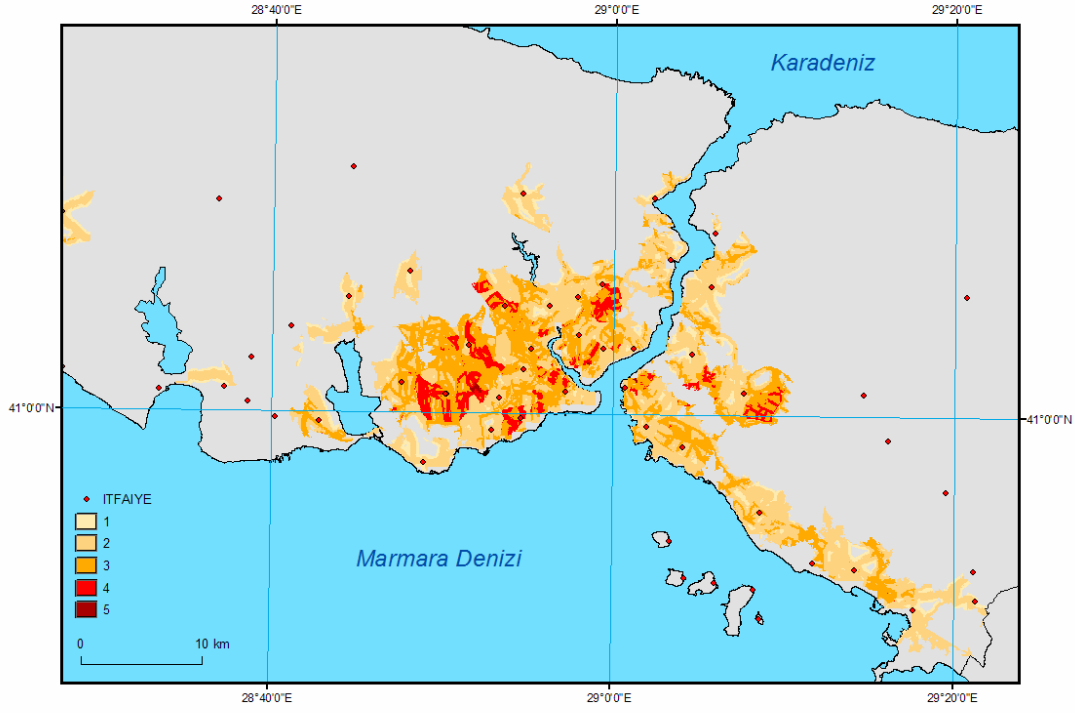
Şekil B.51 : AAY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



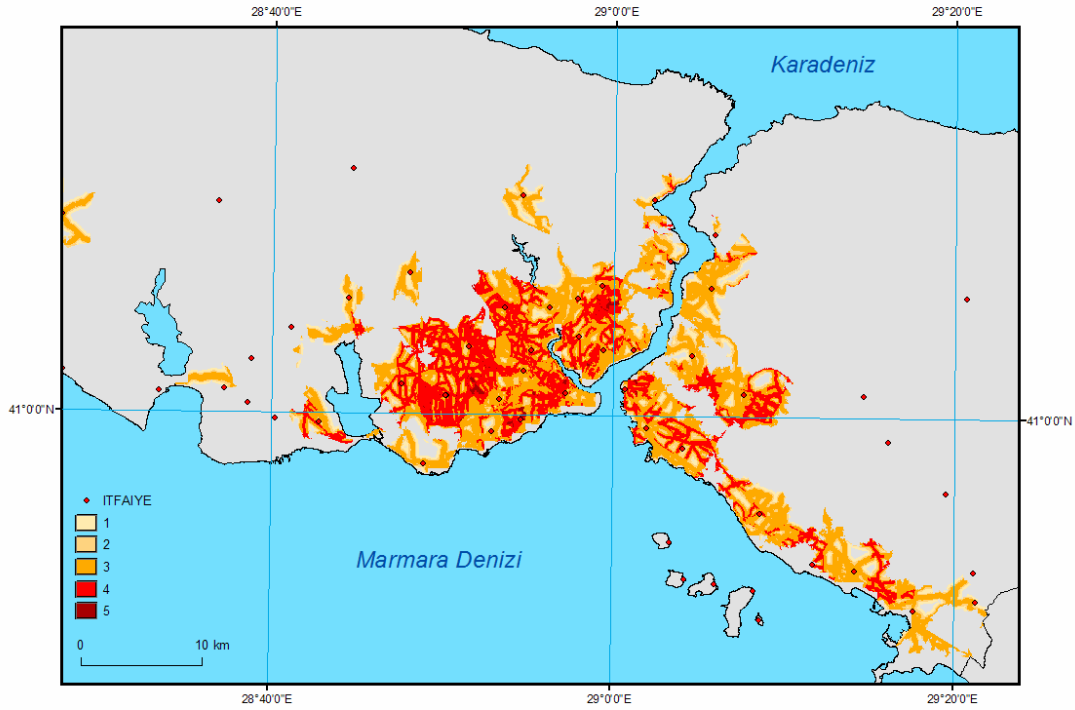
Şekil B.52 : AAY ölçütü için % 8 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



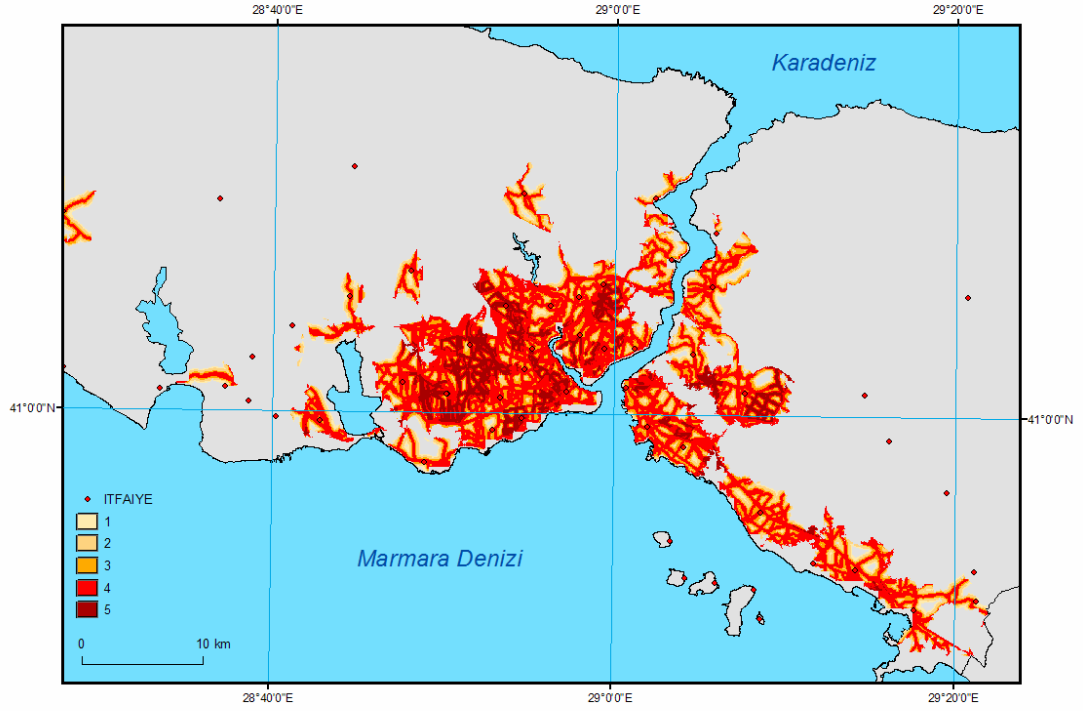
Şekil B.53 : AAY ölçütünün kendi ağırlığı (% 14) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



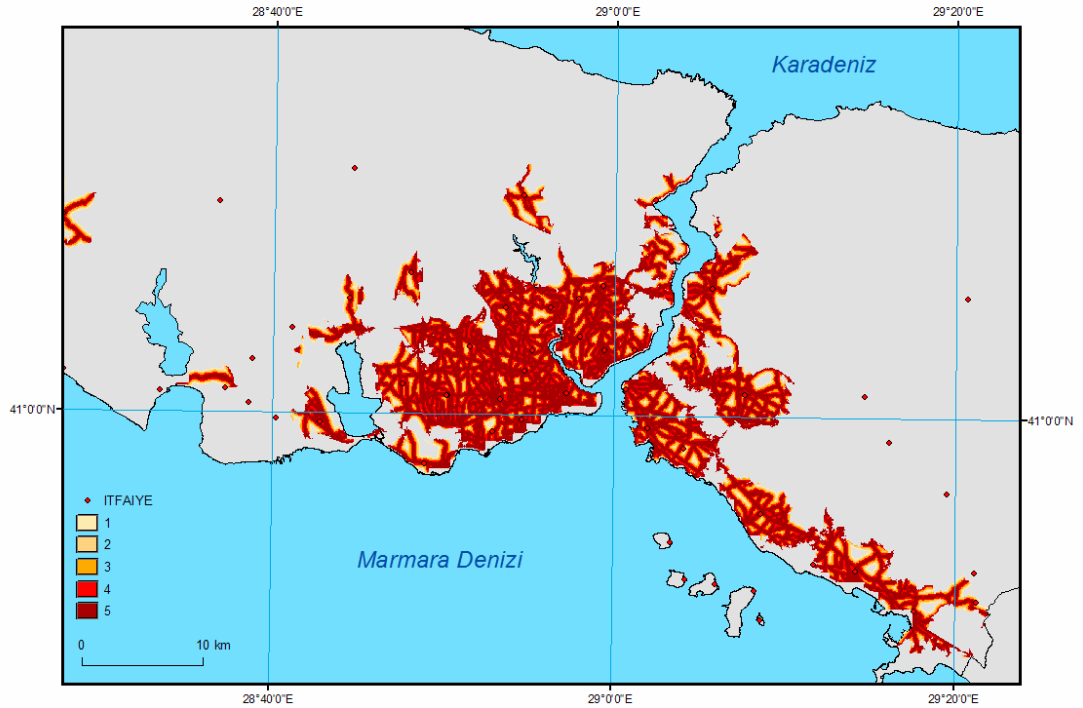
Şekil B.54 : AAY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



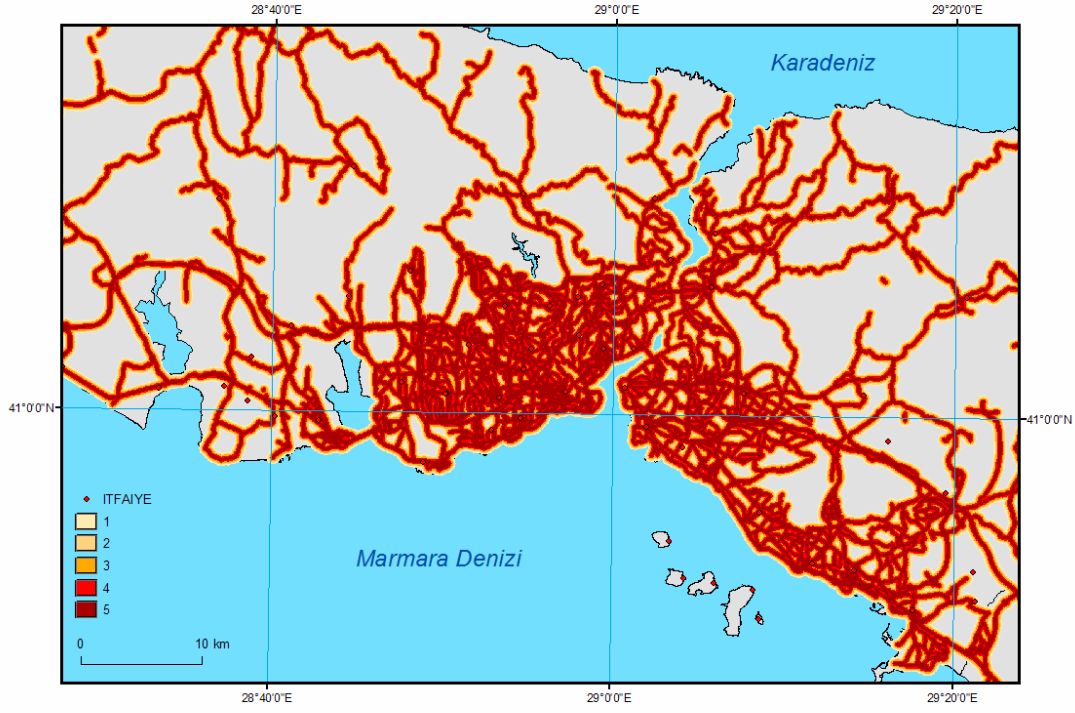
Şekil B.55 : AAY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



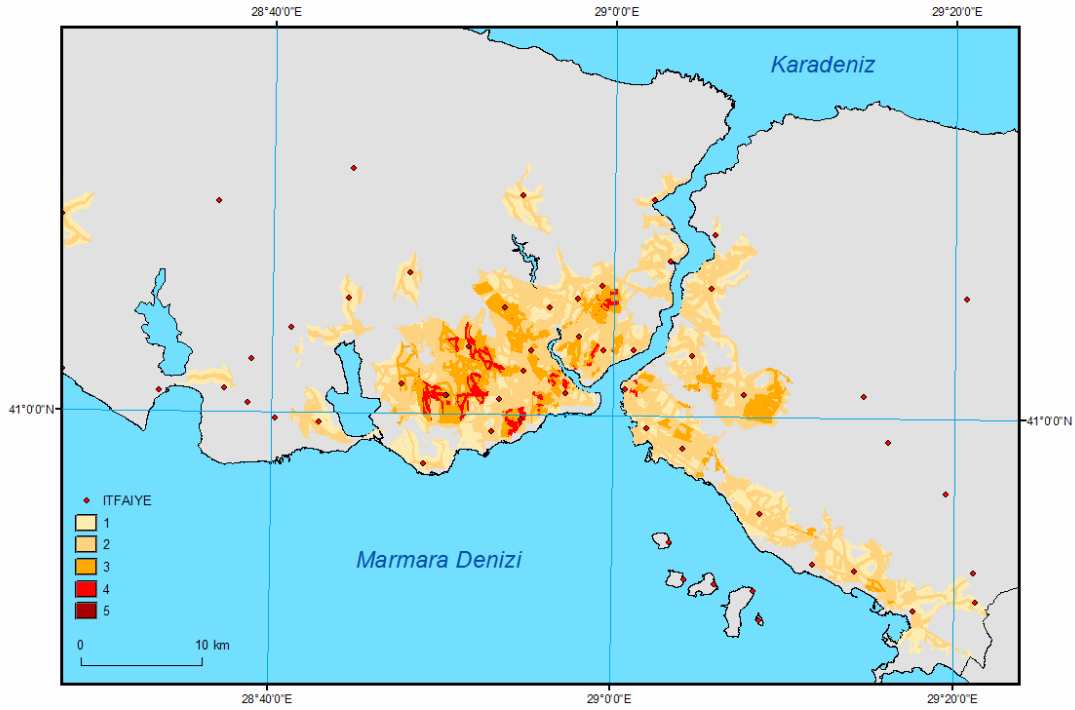
Şekil B.56 : AAY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



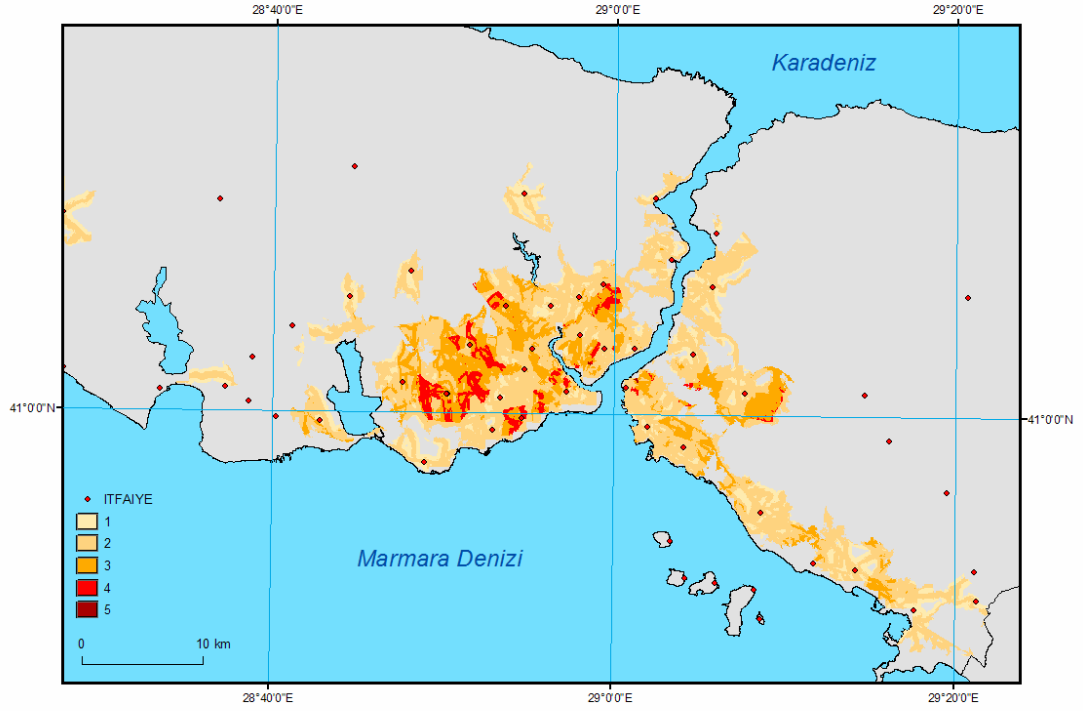
Şekil B.57 : AAY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



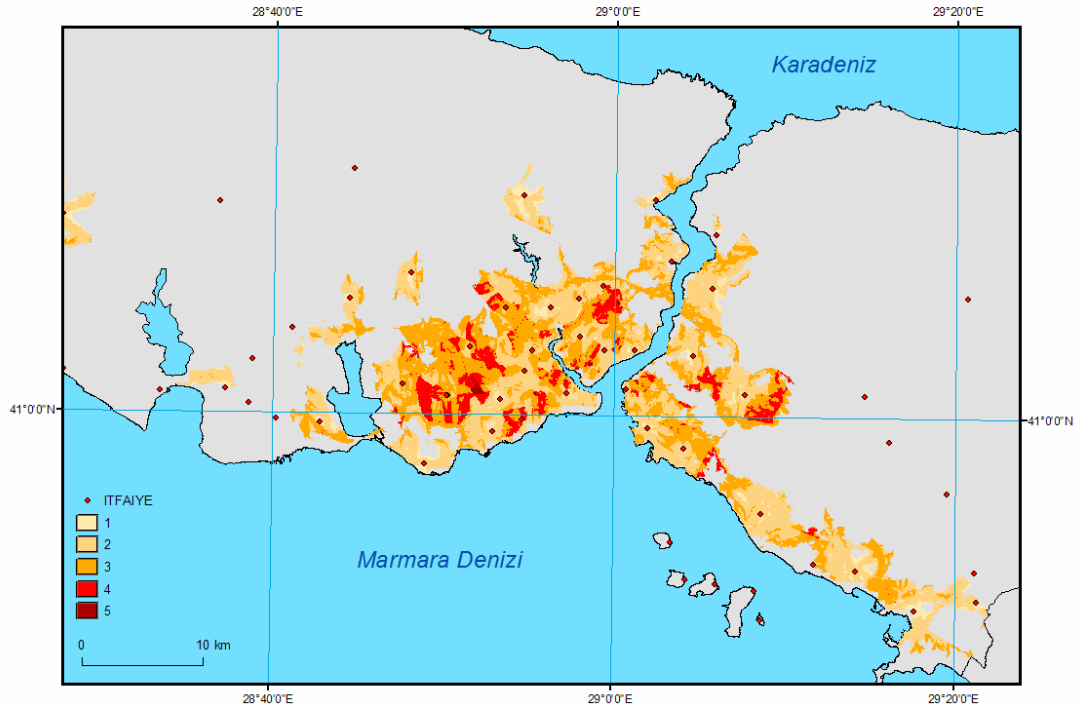
Şekil B.58 : AAY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



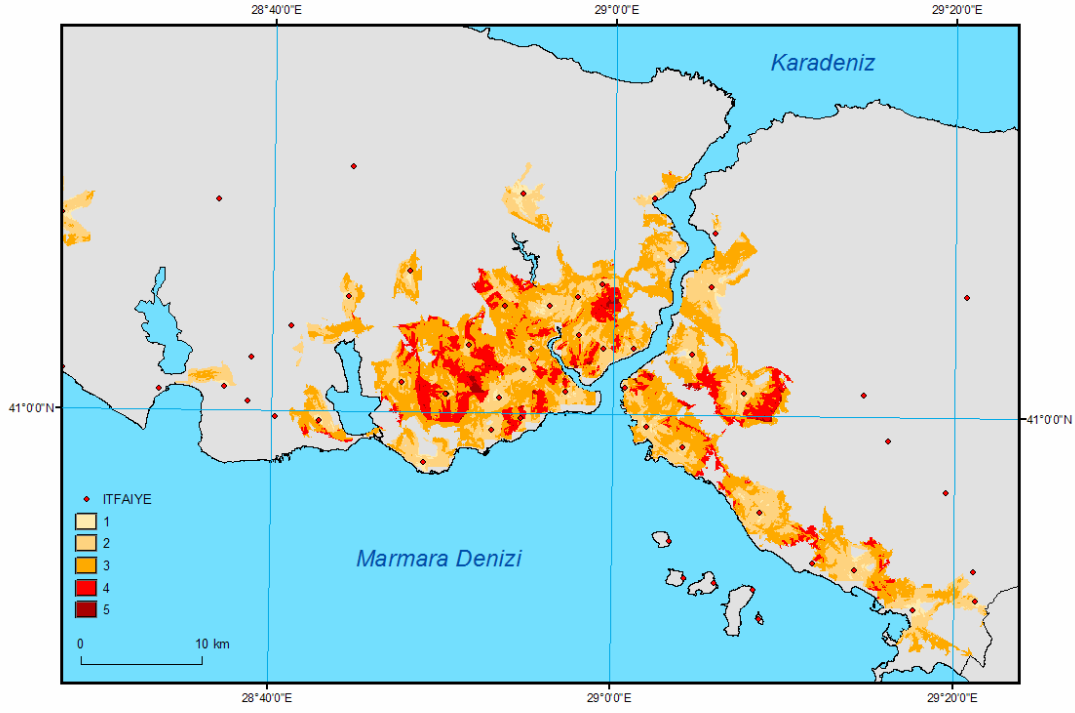
Şekil B.59 : İİU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



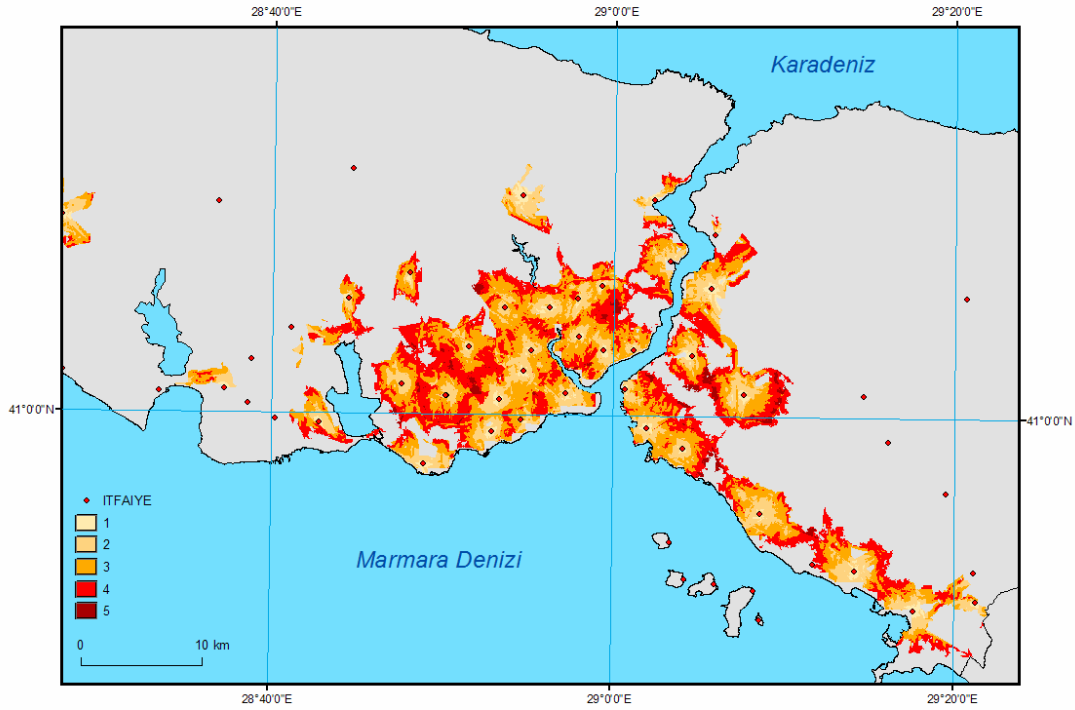
Şekil B.60 : İIU ölçütünün kendi ağırlığı (% 7) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



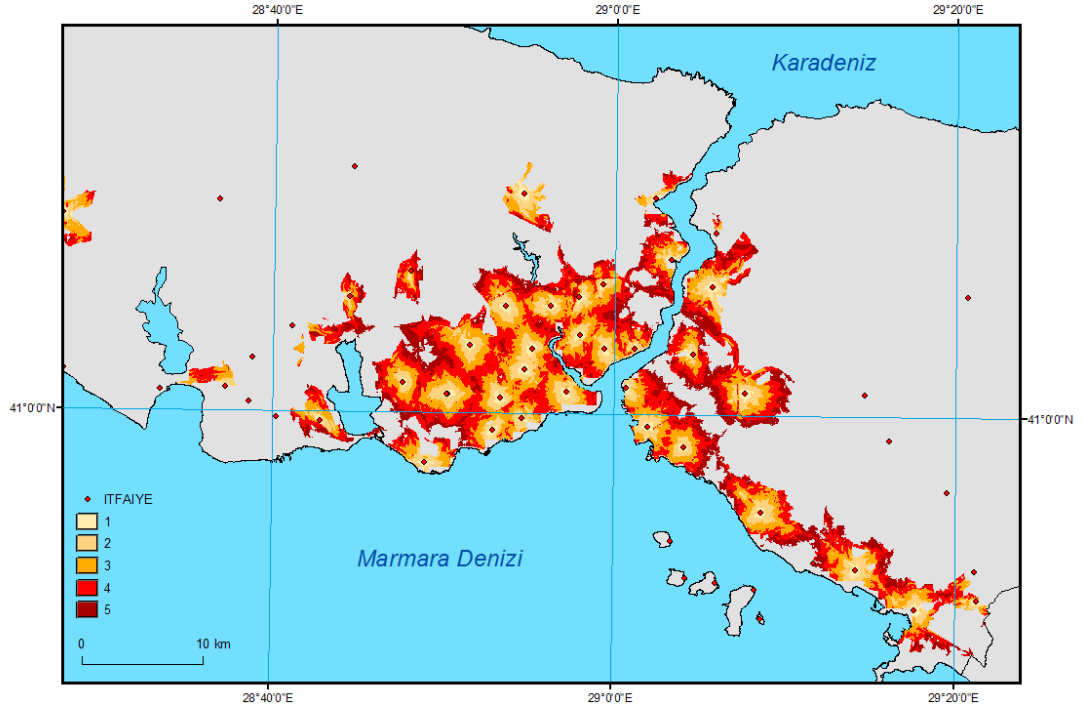
Şekil B.61 : İIU ölçütü için % 15 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



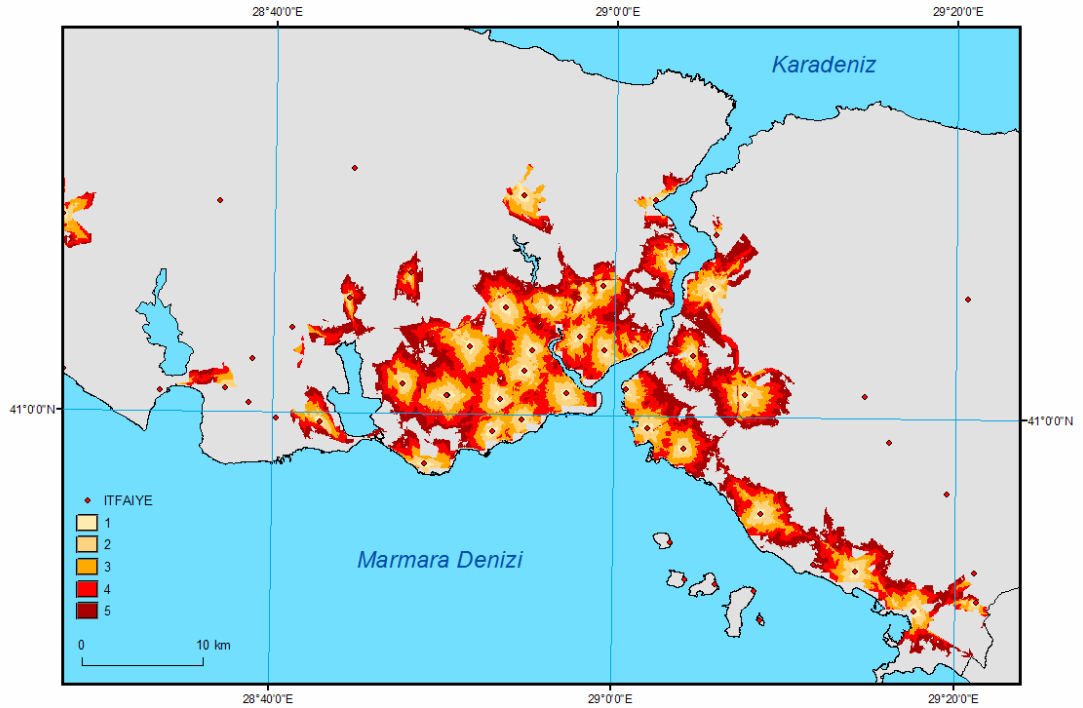
Şekil B.62 : İİU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



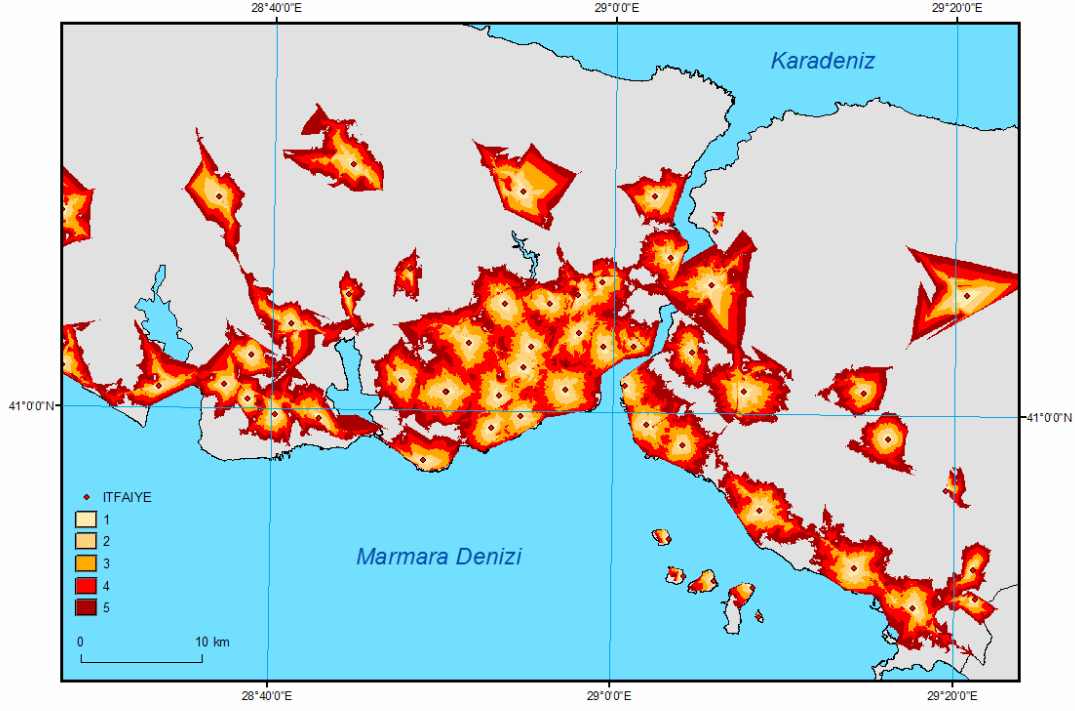
Şekil B.63 : İİU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



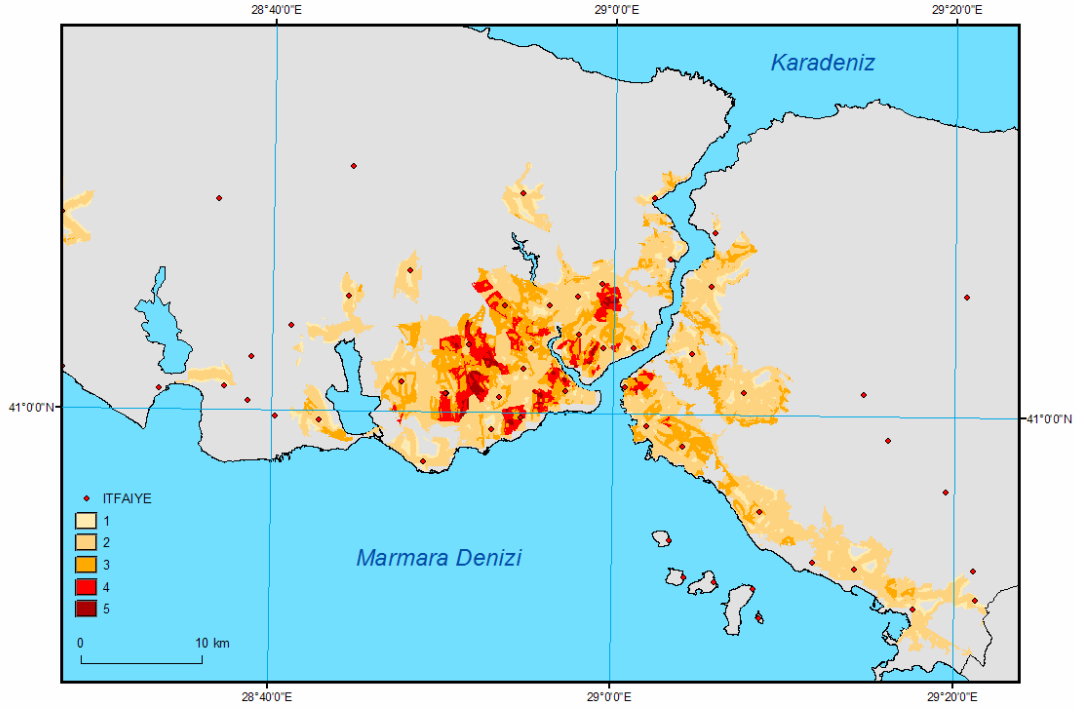
Şekil B.64 : İİU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



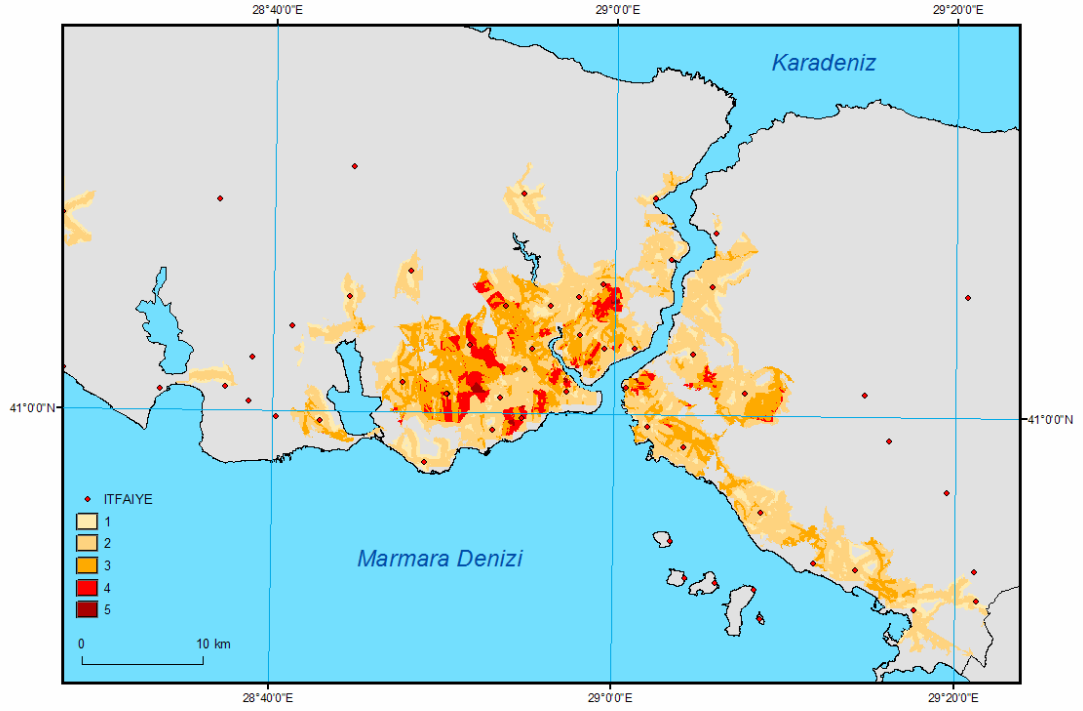
Şekil B.65 : İİU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



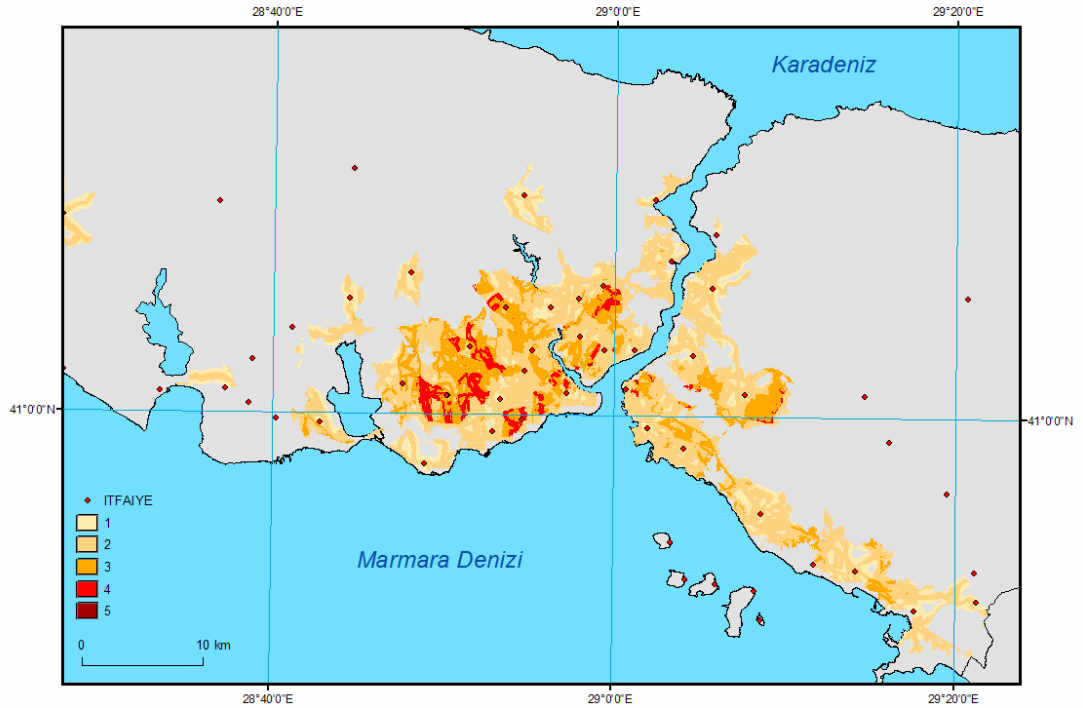
Şekil B.66 : İİU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



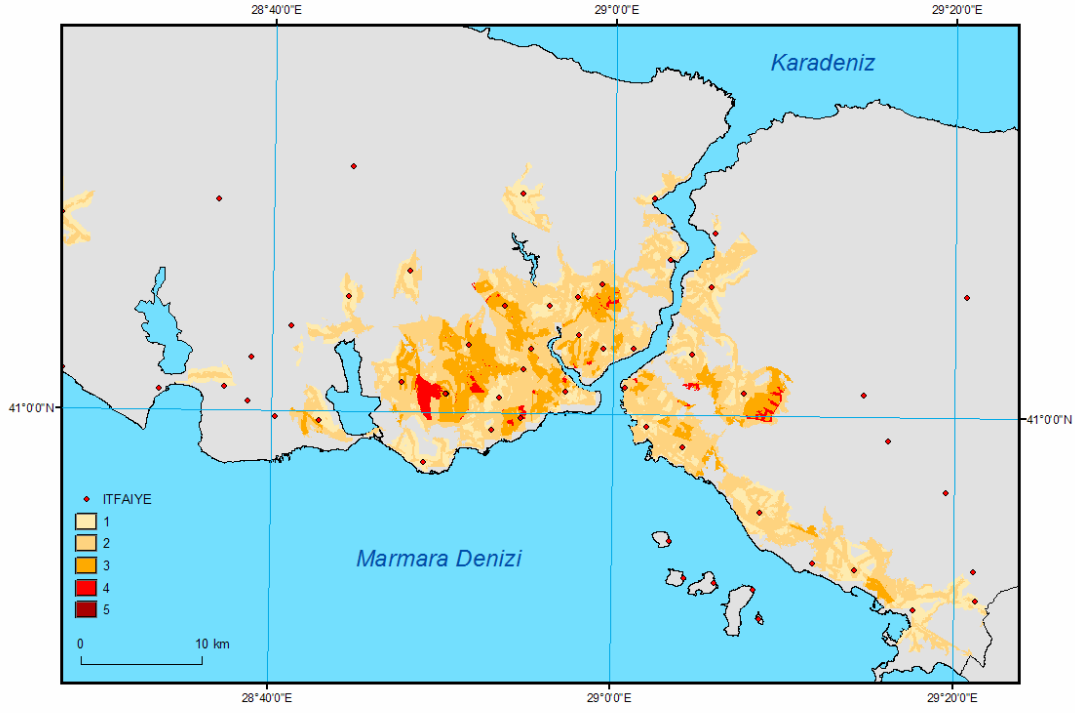
Şekil B.67 : TMD ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



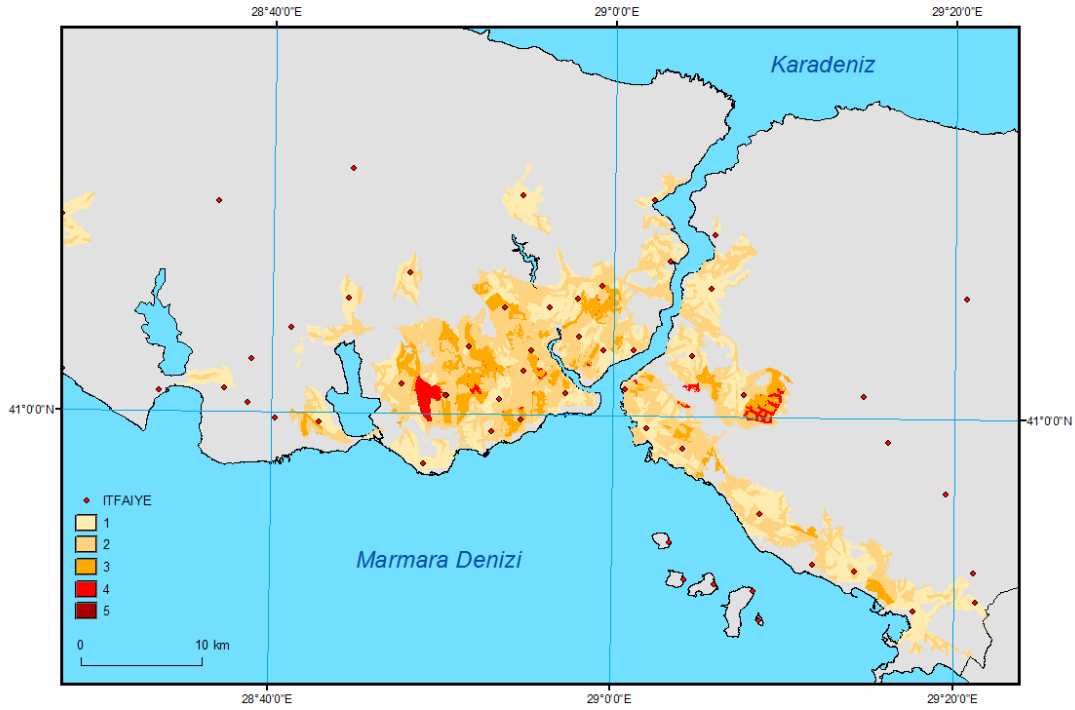
Şekil B.68 : TMD ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



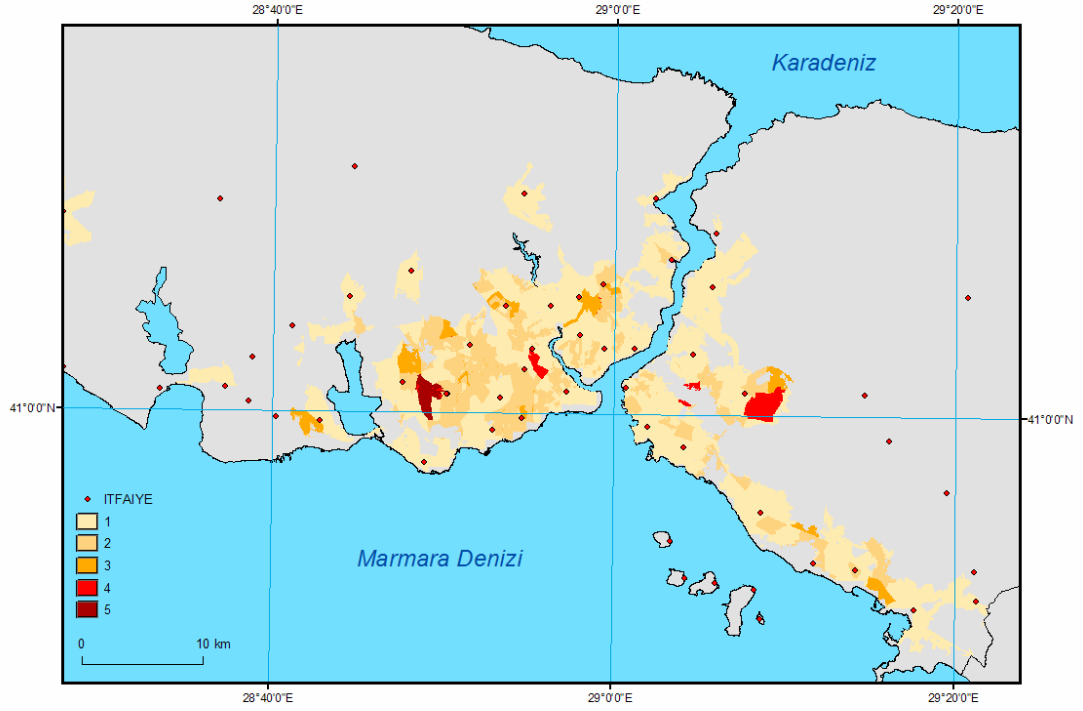
Şekil B.69 : TMD ölçütünün kendi ağırlığı (% 26) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



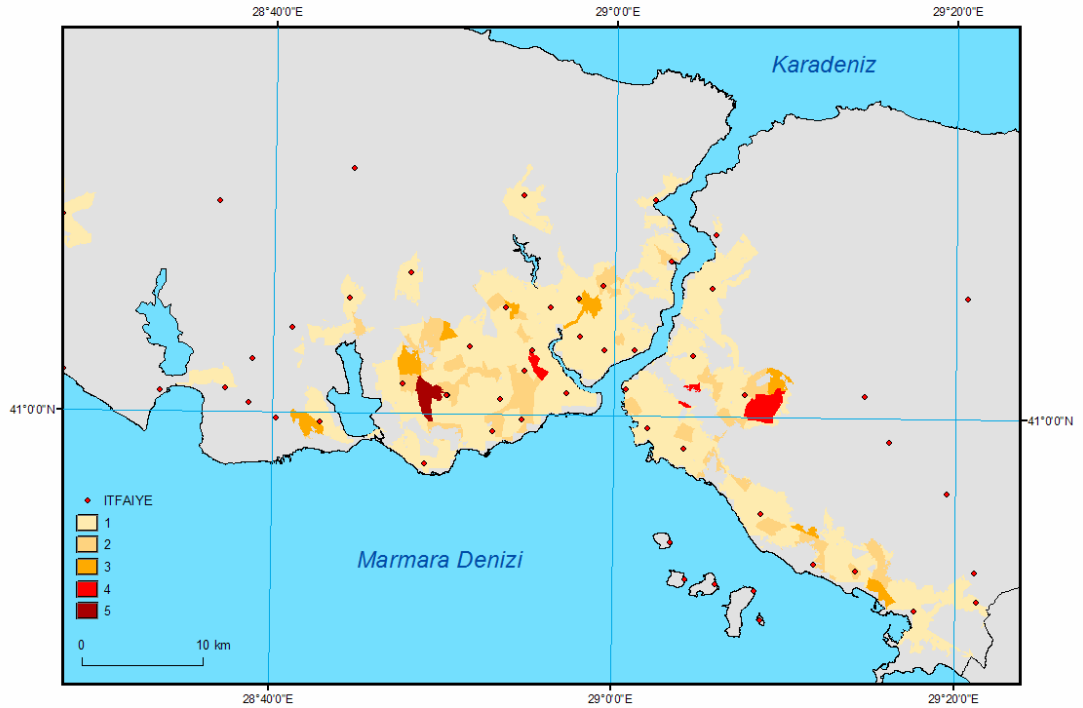
Şekil B.70 : TMD ölçütü için % 33 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



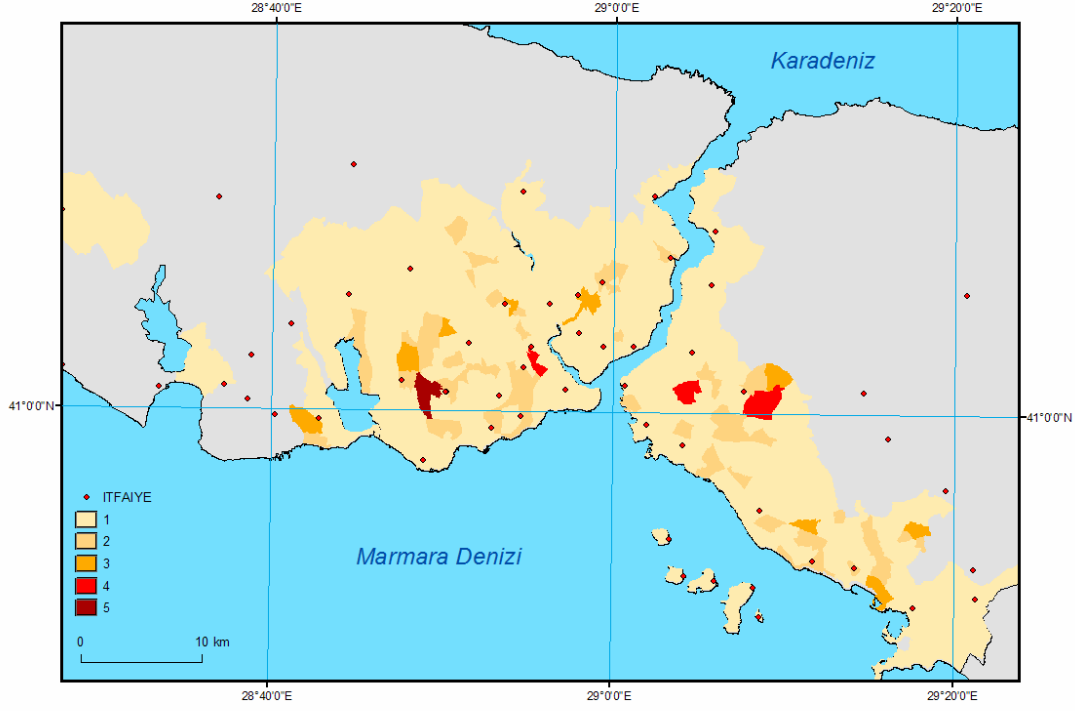
Şekil B.71 : TMD ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



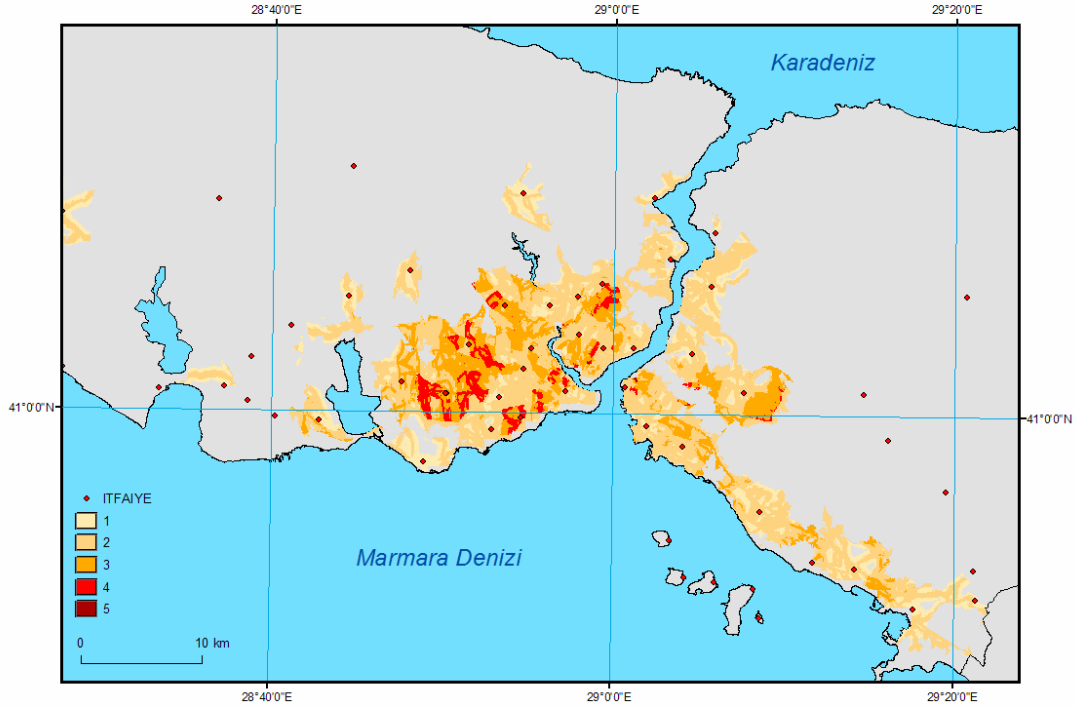
Şekil B.72 : TMD ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



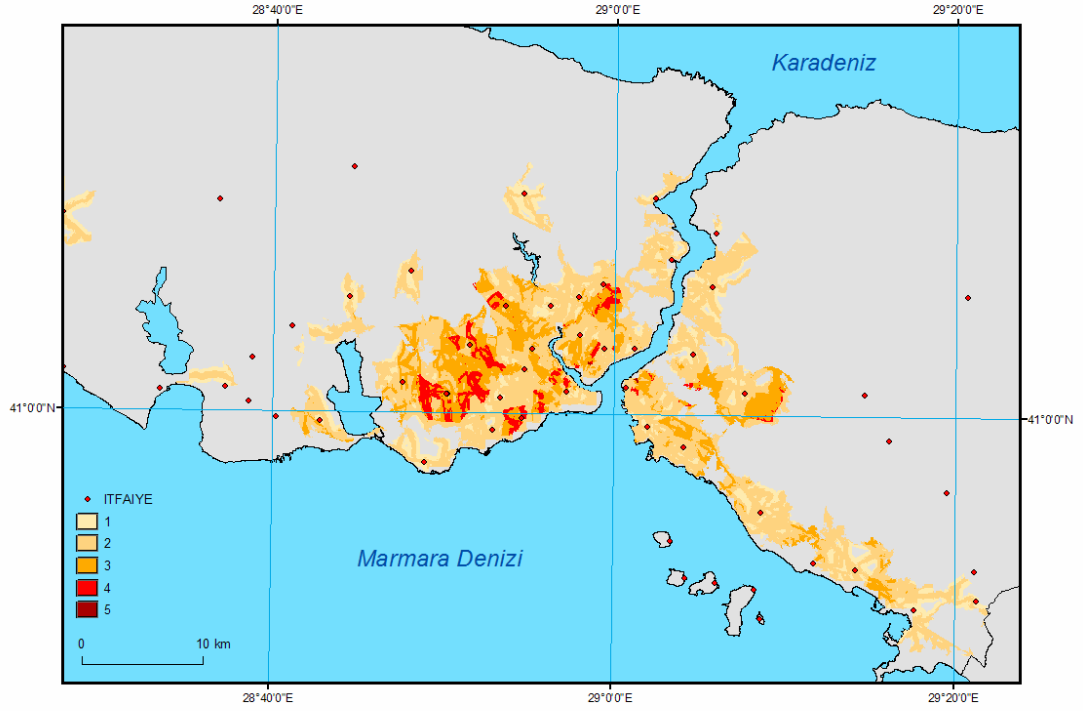
Şekil B.73 : TMD ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



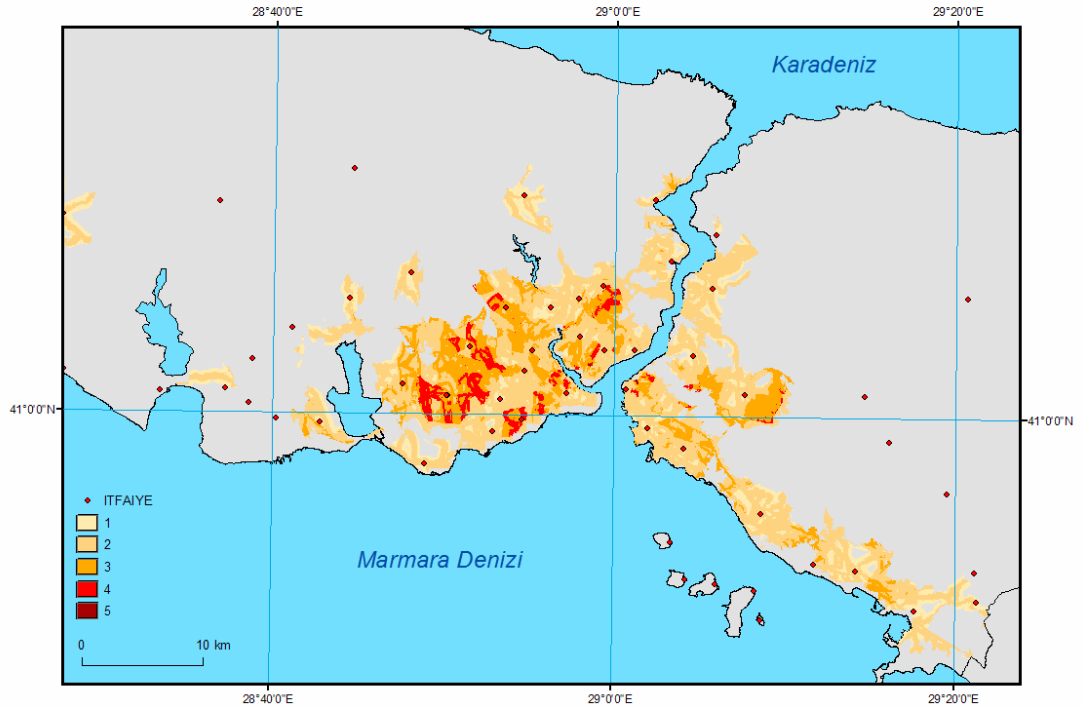
Şekil B.74 : TMD ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



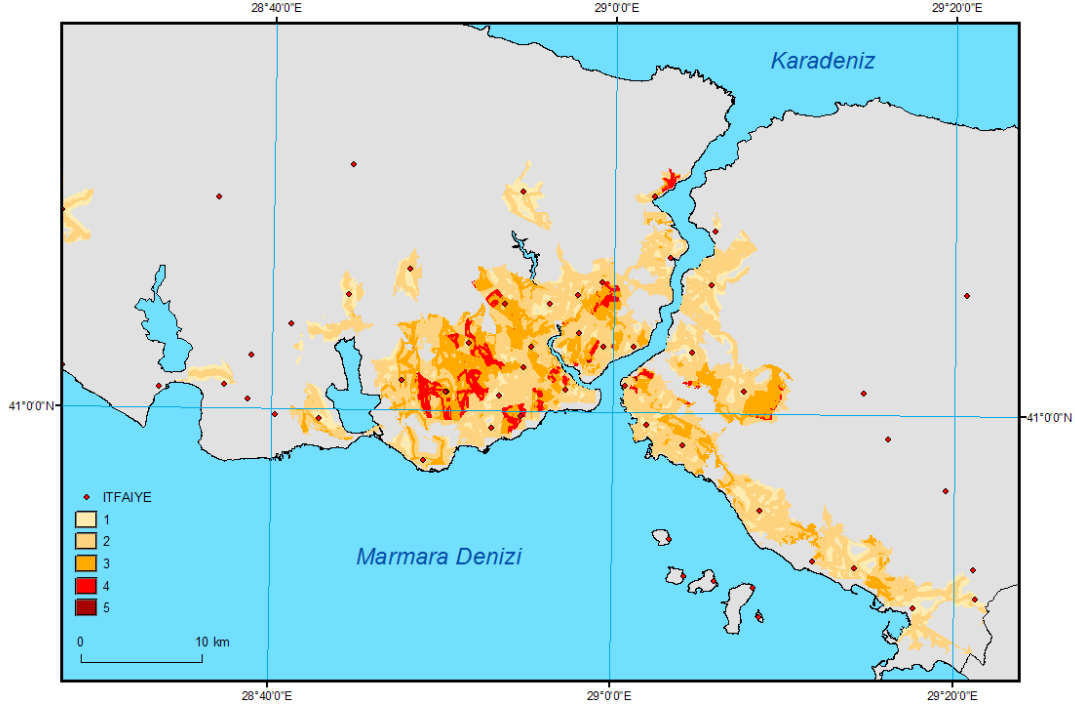
Şekil B.75 : ABY ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



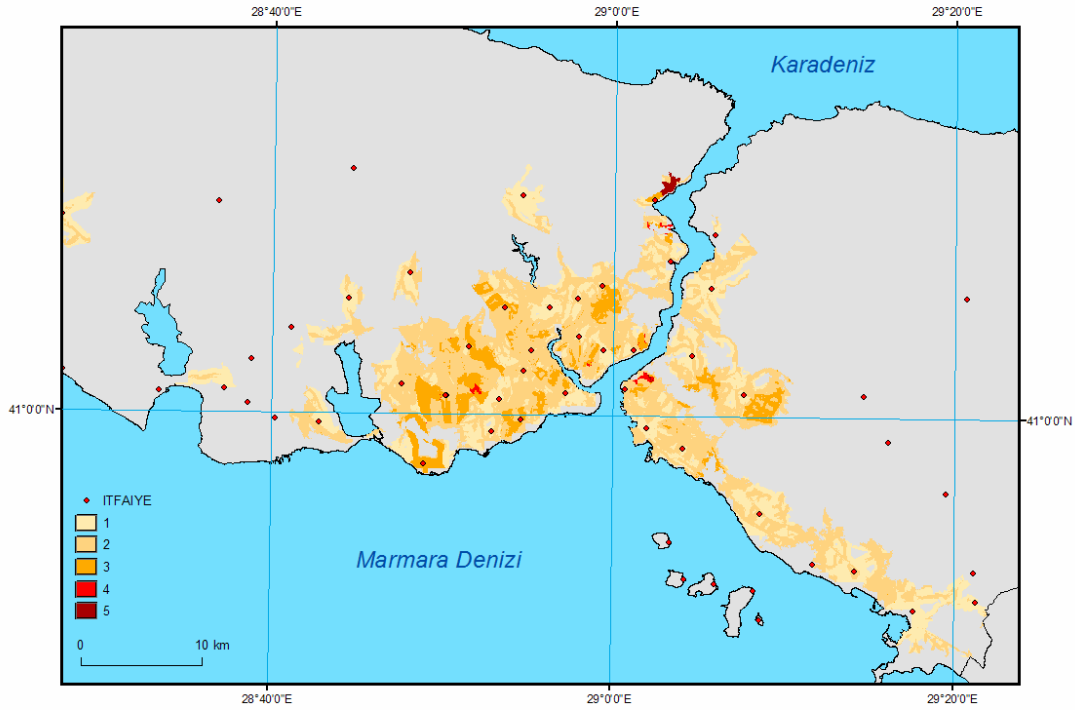
Şekil B.76 : ABY ölçütünün kendi ağırlığı (% 11) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



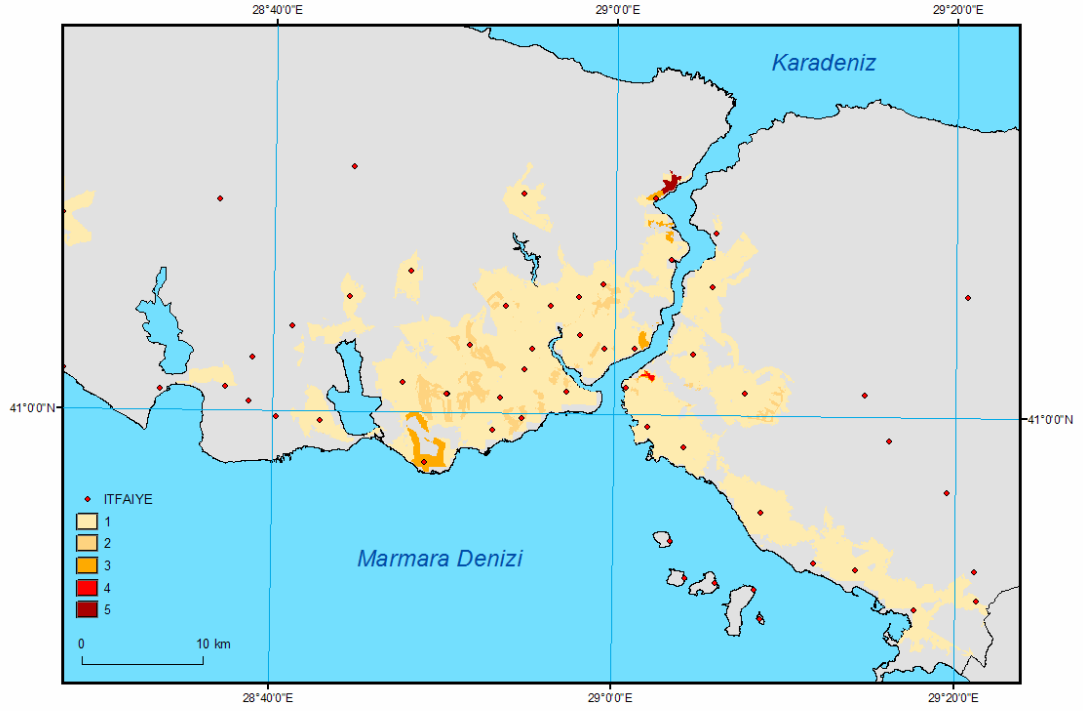
Şekil B.77 : ABY ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



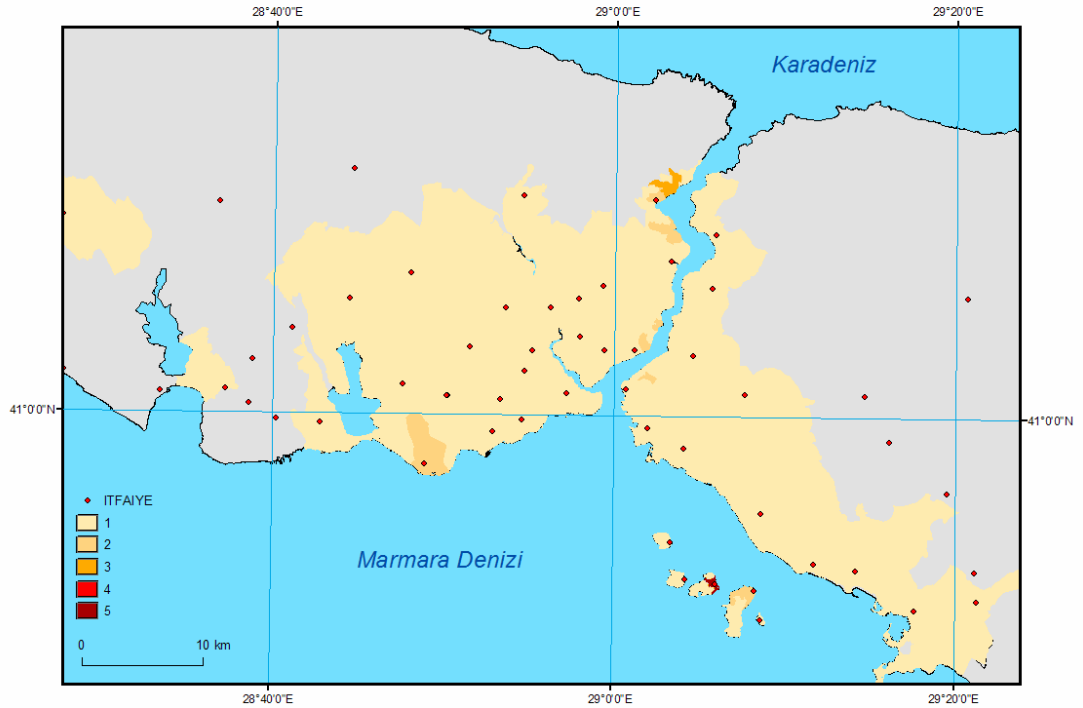
Şekil B.78 : ABY ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



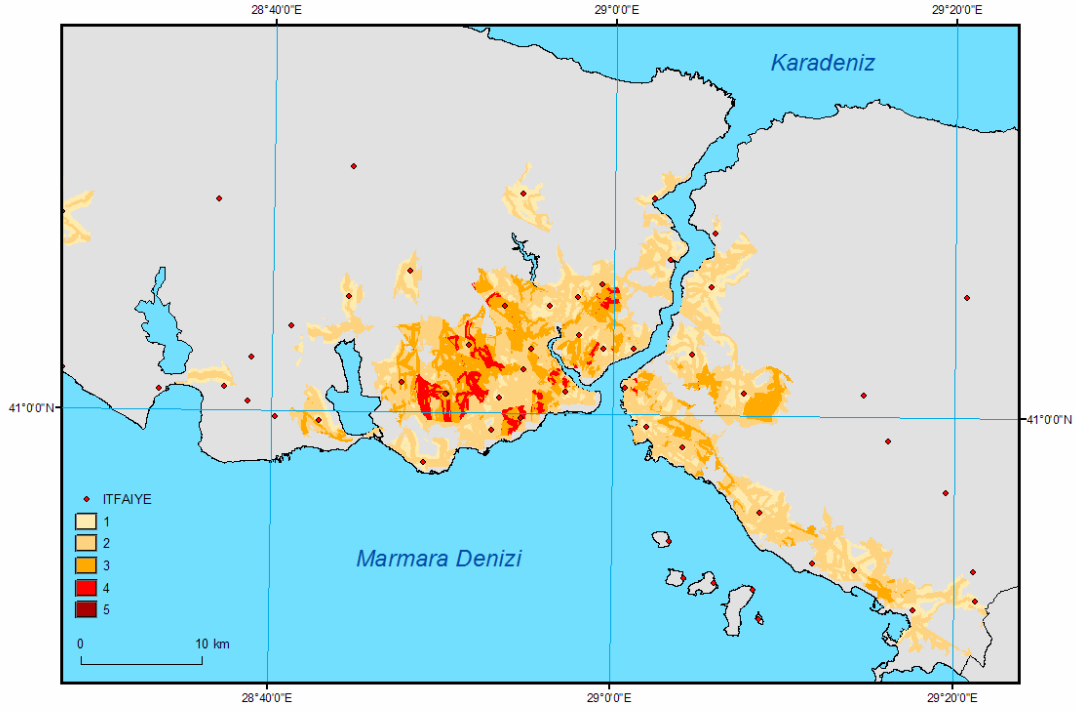
Şekil B.79 : ABY ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



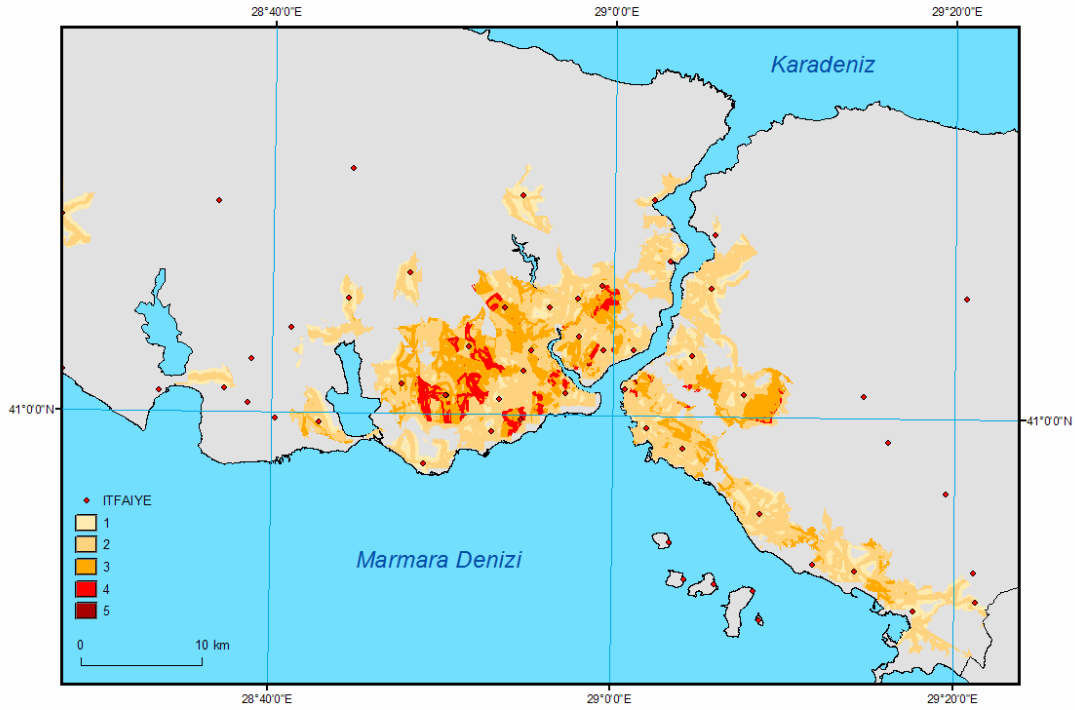
Şekil B.80 : ABY ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



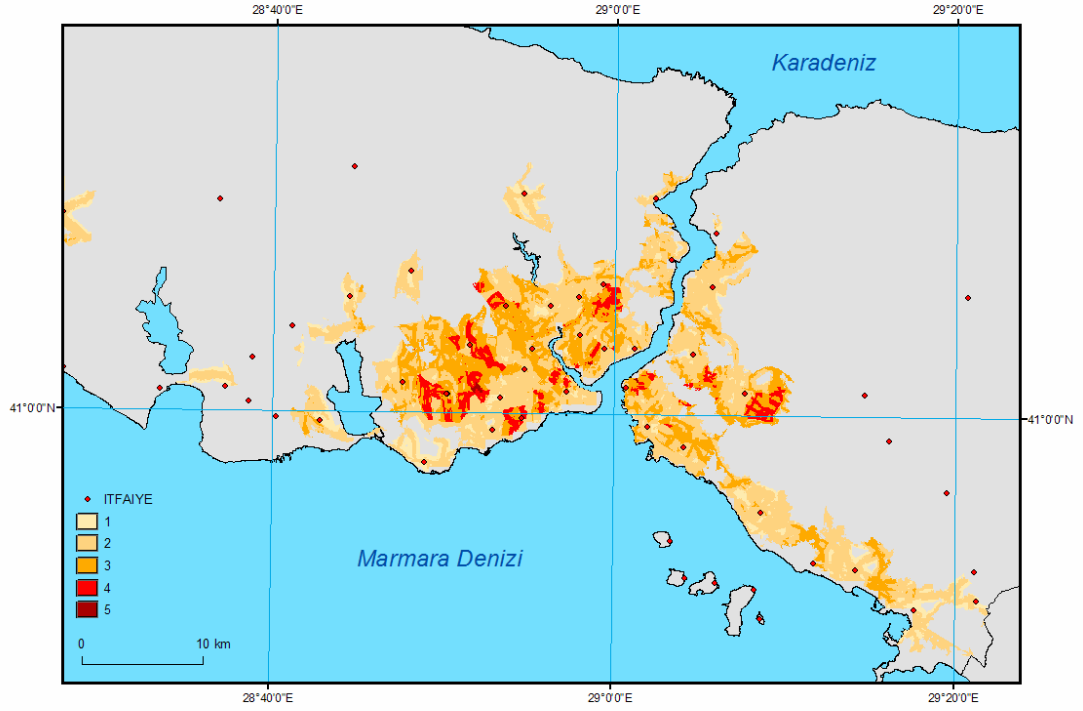
Şekil B.81 : ABY ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



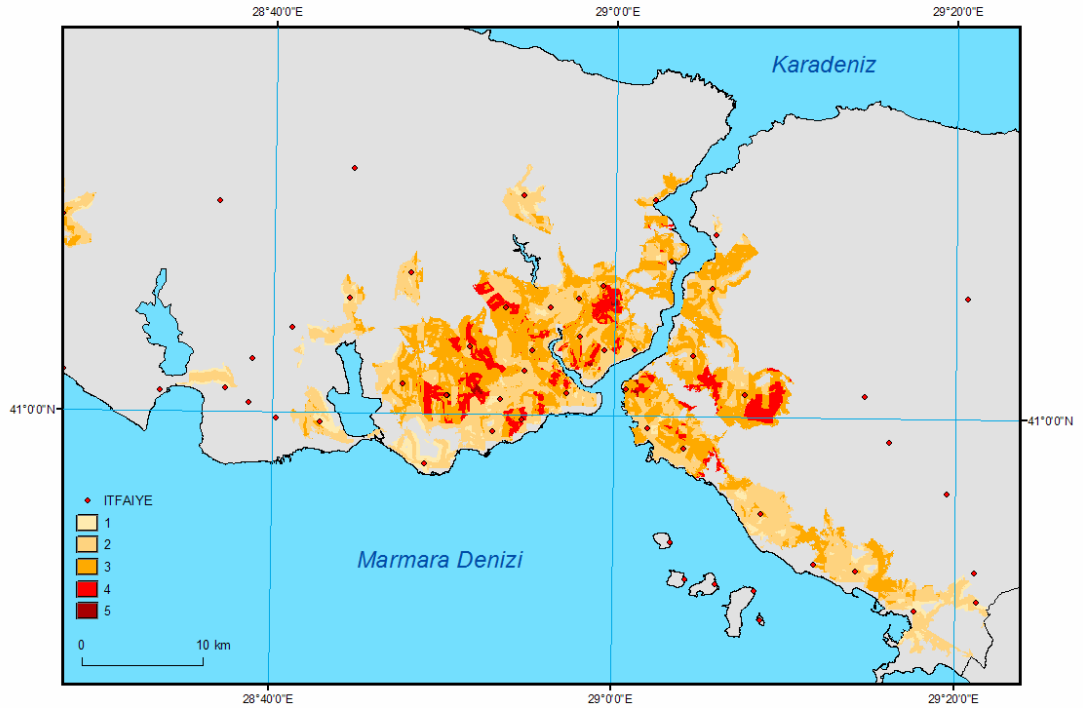
Şekil B.82 : DRU ölçütü için % 0 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



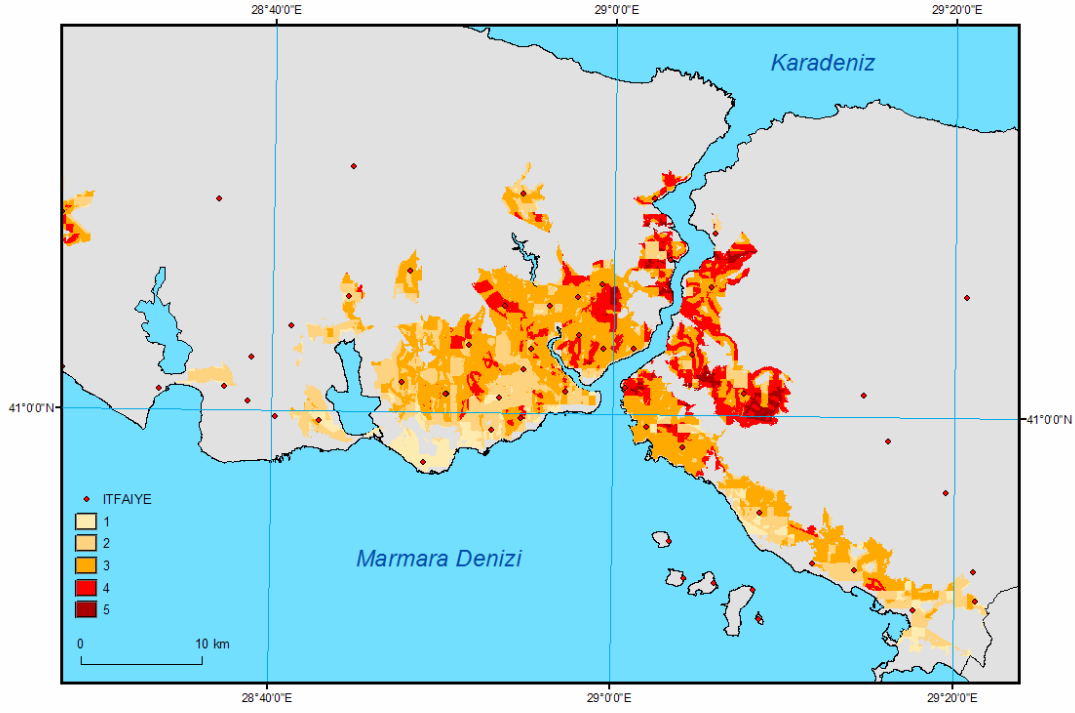
Şekil B.83 : DRU ölçütünün kendi ağırlığı (% 6) baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



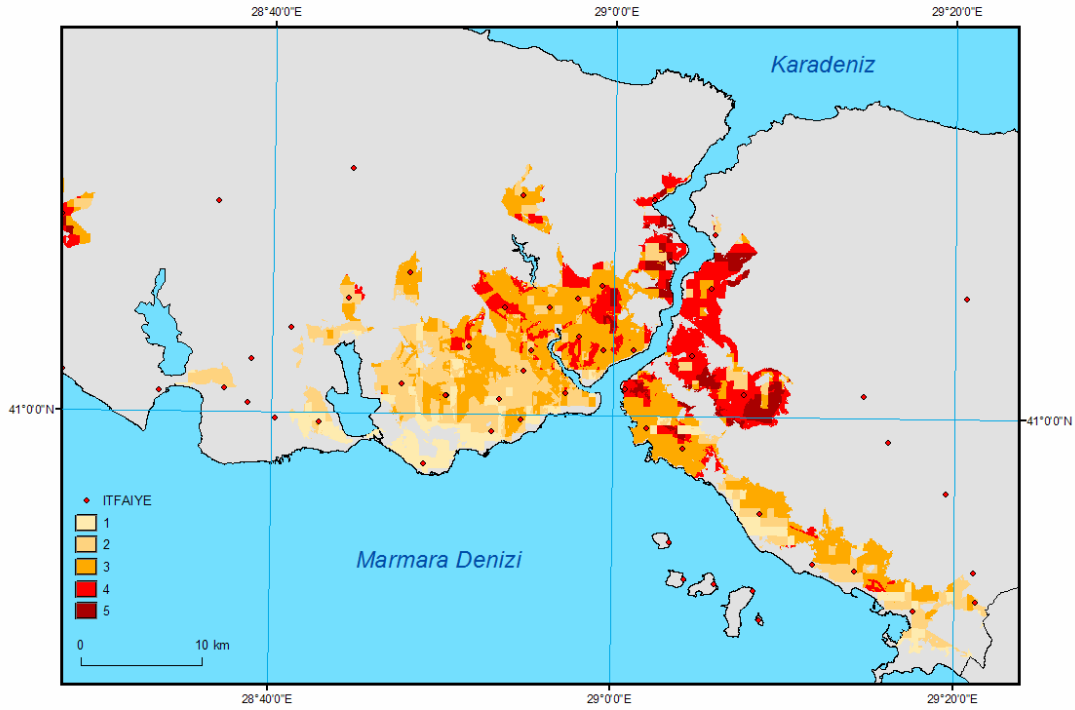
Şekil B.84 : DRU ölçütü için % 12 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



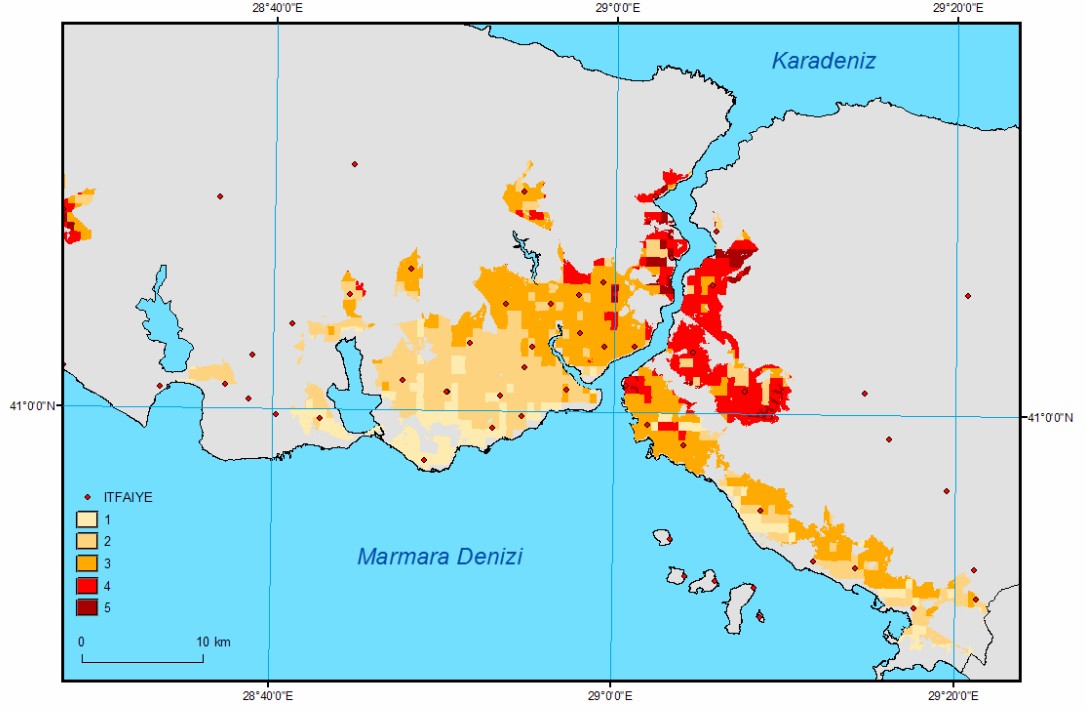
Şekil B.85 : DRU ölçütü için % 20 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



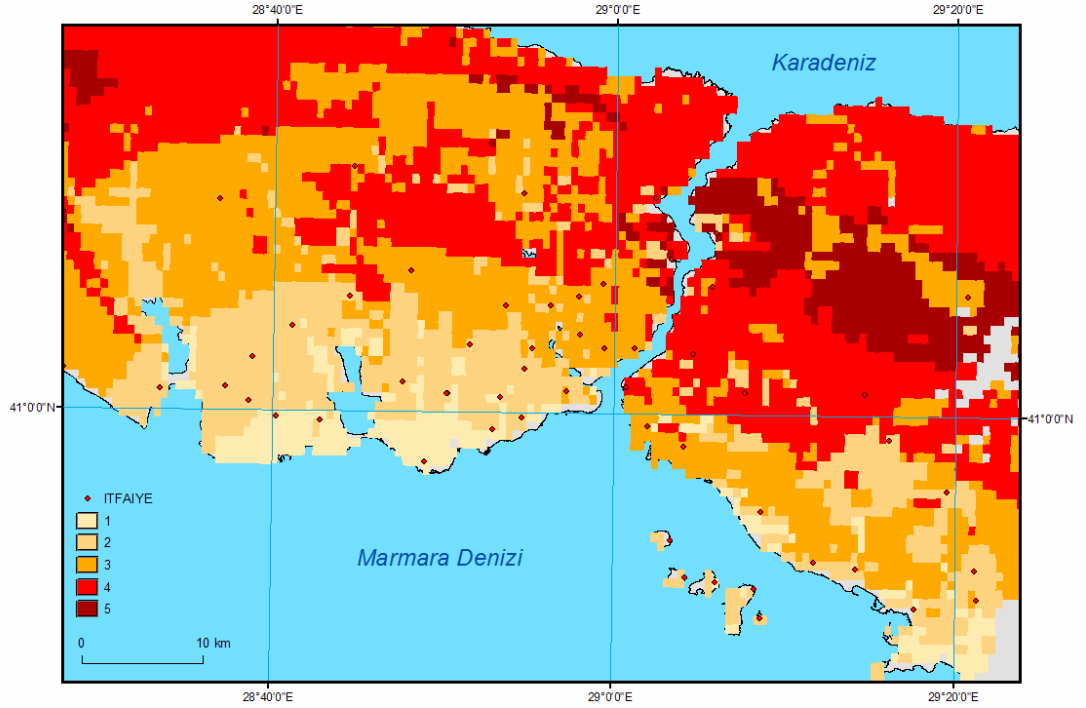
Şekil B.86 : DRU ölçütü için % 40 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



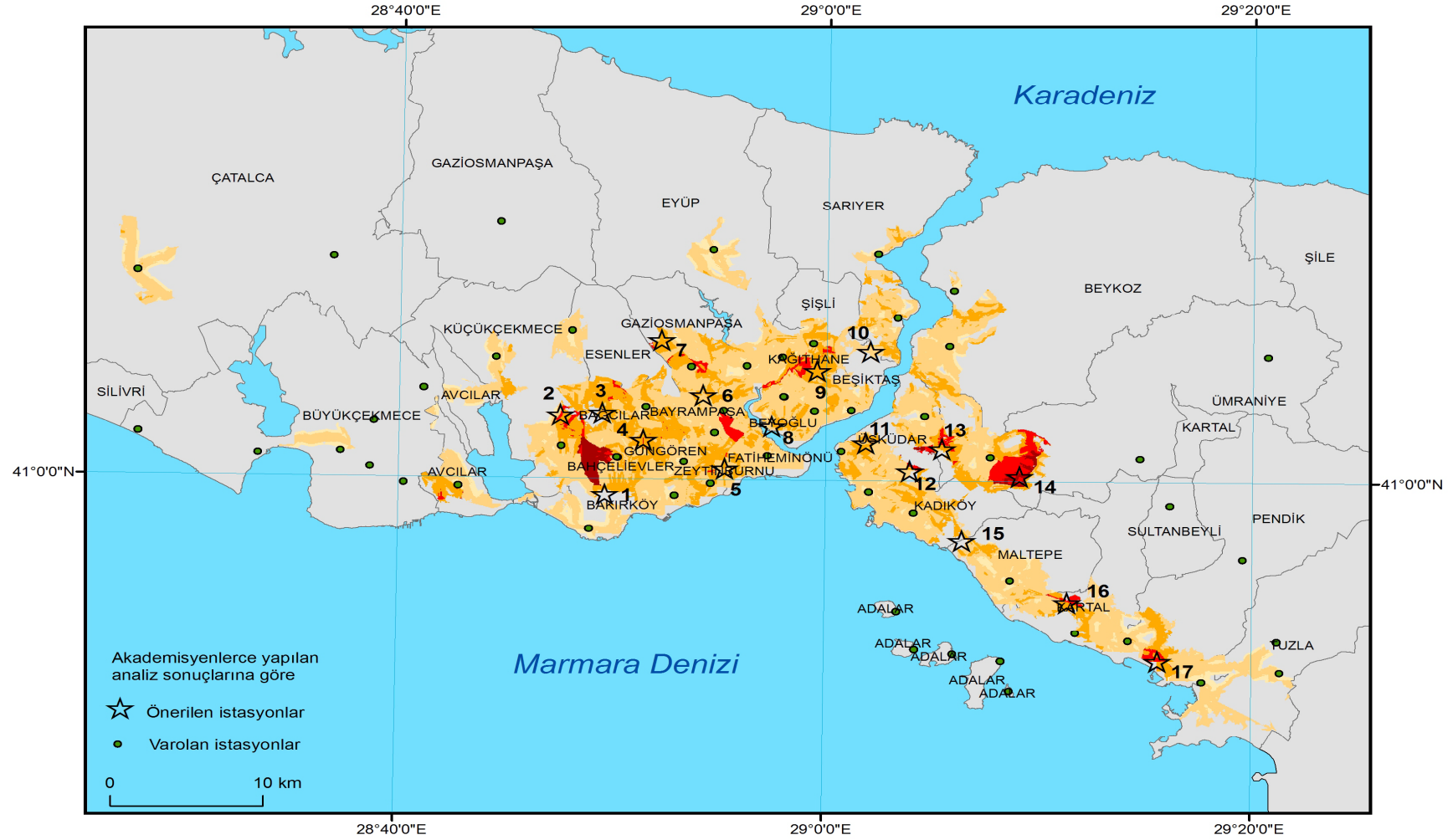
Şekil B.87 : DRU ölçütü için % 60 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



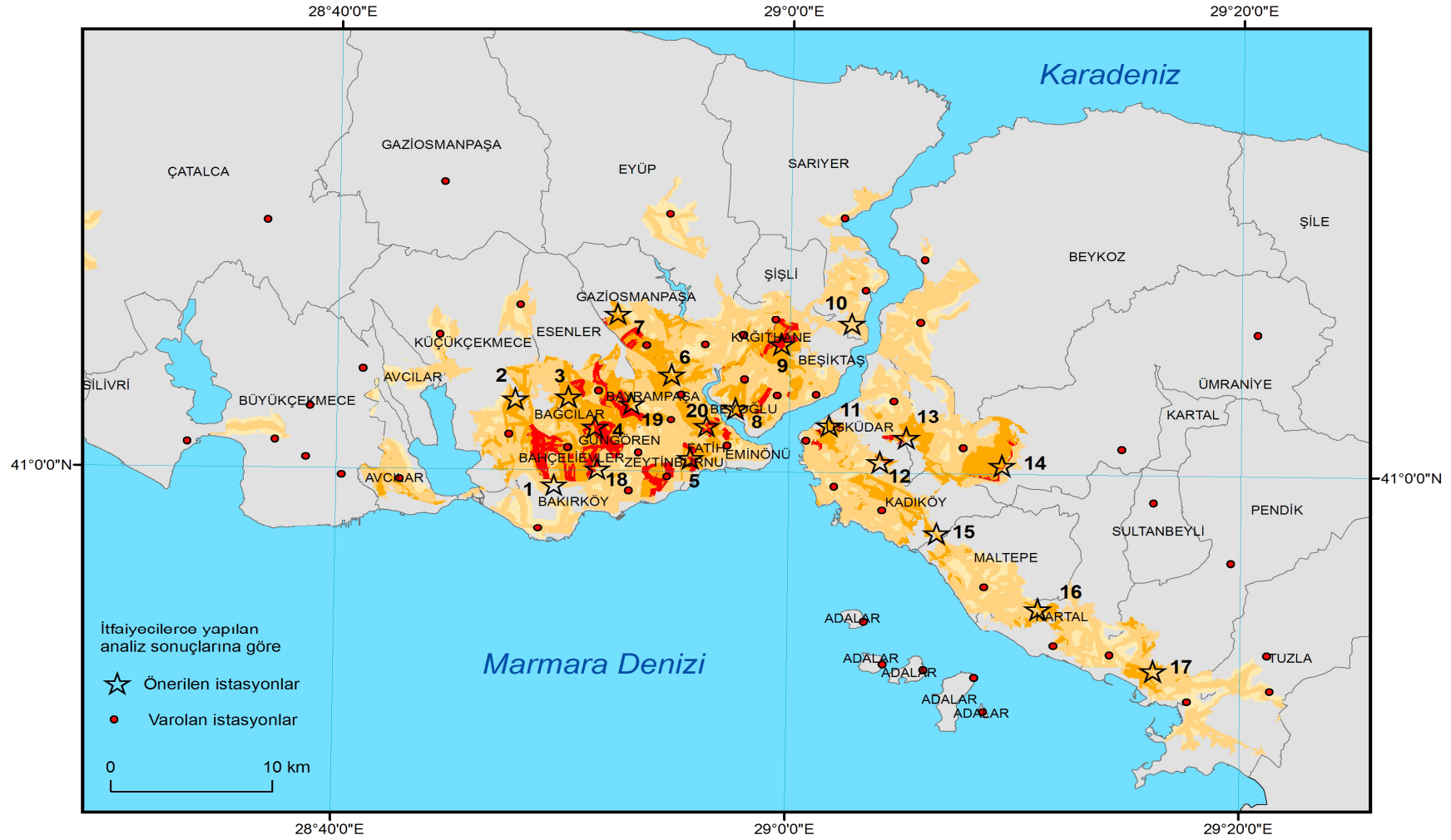
Şekil B.88 : DRU ölçütü için % 80 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



Şekil B.89 : DRU ölçütü için % 100 ağırlık değeri baz alınarak yapılan duyarlılık analizi (itfaiye görevlilerince yapılan değerlendirmeye göre).



Şekil B.90 : Akademisyenlerce yapılan analiz sonuçlarına göre önerilen istasyonlar.



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Turan ERDEN
Doğum Yeri ve Tarihi: Tekirdağ-Merkez / 16.02.1977
Adres: Çayır Caddesi No: 10/3 İstinye/Sarıyer/İstanbul
Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi
Yüksek Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

- Erdoğan, S., Şahin, M., Yavaşoğlu, H., Tiryakioğlu, İ., **Erden, T.**, Karaman, H., Tarı, E., Bilgi, S., Tüysüz, O., Baybura, T., Taktak, F., Güllü, M., Telli, A.K., Yılmaz, İ., Gökarp, E., Boz, Y. 2008, Monitoring of Deformations Along Burdur Fethiye Fault Zone with GPS, *Journal of Earthquake Engineering*, 12(S2): 109-118, Taylor & Francis, ISSN: 1363-2469.
- **Erden, T.**, Coşkun, M., Z., 2006, Analyzing Shortest and Fastest Paths with GIS and Determining Algorithm Running Time, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3736, pp: 269-278, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Akyılmaz, O., **Erden, T.**, İpbüker, C., 2005, A Fuzzy Logic Approach to The Ginzburg IV Projection, *Survey Review*, Vol 38, No. 295, pp: 25-38.
- Baykal, O., Tarı, E., Coskun, M. Z., **Erden, T.**, 2005, The Accuracy of The Point Layout with The Polar Coordinates, *ASCE, Journal of Surveying Engineering*, Vol. 131, No.3, pp:87-93

Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

- **Erden, T.**, Coşkun, M., Z., İpbüker, C. 2003, *CBS'de Ağ Analizi ve Ulaşım Problemleri*, Harita Dergisi, Ocak 2003, sayı 129, s. 17-32.
- **Erden, T.**, İpbüker, C. 2003, *Karar Destek Sistemi Olarak Mekansal Analiz ve CBS*, Harita Dergisi, Temmuz-2003, sayı 130, s. 1-11.

Hakemli uluslararası konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

- **Erden, T.**, Coskun, M.Z., (2009), "Use of Geospatial Tools in Emergency Management", TIEMS 16th Annual Conference, pp: 491-500, June 9th-11th, Istanbul.

- Sahin, M., **Erden, T.**, Uçar, D., Tarı, E., Musaoğlu, N., Coşkun, M.Z., Özerman, U., Yıldız, S.S., Mentese, E., (2009), “*Current status of Istanbul Disaster Information System Project*”, TIEMS 16th Annual Conference, pp: 508-515, June 9th-11th, Istanbul.
- Sahin, M., et al., (2009), “*Establishment of a GIS based Disaster Information and Meteorological Early Warning Systems in Rize Province of Turkey*”, TIEMS 16th Annual Conference, pp: 132-140, June 9th-11th, Istanbul.
- **Erden, T.**, Coskun, M.Z., (2008), “*GIS-Aided Emergency Management Activities in The World And Turkey: A Current Landscape*”, TIEMS 15th Annual Conference, June 17th-19th, 2008, Prague, Czech Republic.
- Coşkun, M.Z., Sahin, M., **Erden, T.**, Uçar, D., Tarı, E., Musaoğlu, N., Özerman, U., Ünen, H.C., Yıldız, S.S., Yağcı, A., (2008), “*GIS Standards for Turkey Disaster Information System*”, TIEMS 15th Annual Conference, June 17th-19th, 2008, Prague, Czech Republic.
- Sahin, M., Tarı, E., Tüysüz, O., Karaca, M., Genc, C., Musaoglu, N., Örmeci, C., Ucar, D., Alkan, R. M., Taskın, G., Üsküplü, S., Ünen, H. C., Kaya, Ş., Yanalak, M., Özerman, U., Kalkan, Y., Arslan, E., İpbüker, C., Coskun. M. Z., **Erden, T.**, Yavaşoğlu, H., Altın, M. U., (2008) “*Rize Disaster Management and Meteorological Early Warning System*”, TIEMS 15th Annual Conference, June 17th-19th, 2008, Prague, Czech Republic.
- Şahin, M., Uçar, D., Tarı, E., Musaoğlu, N., Coskun, M.Z., Özerman, U., **Erden, T.**, Unen, HC., (2008), “*Recent Developments on the Istanbul Disaster Information System Project*”, TIEMS 15th Annual Conference, June 17th-19th, 2008, Prague, Czech Republic.
- **Erden, T.**, Coskun, M.Z., (2007), “*Interfacing Emergency Management with GIS-Aided Spatial Decision Support Systems*”, 17th International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, November 8-9, 2007, Sofia, Bulgaria
- Ünen H.C., Şahin M., Tarı E., Coşkun M.Z., Karaman H., **Erden T.**, (2007), “*Istanbul Disaster Informaton System*”, 14th TIEMS Annual Conference 2007, pp. 241-247, June 5-8, Trogir, Croatia, 2007.
- Bilgi, S., Kalkan, Y., Yalın, D., **Erden, T.**, Yavaşoğlu, H., (2006). “*Geodetic Monitoring in The Biggest Dam of Turkey: Atatürk Dam*”, 16th International Symposium on Modern Technologies, Education And Professional Practice in Geodesy And Related Fields, pp: 94-102, 09-10 November 2006, Sofia, Bulgaria.
- Altın., M., Yavaşoğlu, H., Tarı, E., Baykal, O., ÇAkmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., Erturaç, K., İnce, CD., Karaman, H., Tarı, U., Tüysüz, O., Yanalak, M., (2006), “*GPS Measurements on the Western Marmara Segment of North Anatolian Fault*”, International Workshop on Comparative Studies of the NAF and SAF, 14-18 August, İstanbul, Turkey.
- Şahin, M., Karaman, H., **Erden, T.**, (2006), “*Disaster and Emergency Management Activities in Turkey*”, XXIII FIG Congress, October 8-13, 2006, Munich, Germany.

- Altın., M., Yavaşoğlu, H., Tari, E., Baykal, O., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., Erturaç, K., İnce, C.D., Karaman, H., Tari, U., Tüysüz, O., Yanalak, M., (2006), "*GPS Measurements on the Western Marmara Segment of North Anatolian Fault*", XXIII FIG Congress, Munich, Germany, 8-13 October, 2006.
- **Erden, T.**, Coşkun, M.,Z., (2006). "*Searching The New Locations And Determining The Latest Status of Fire Stations with GIS in Istanbul*", TIEMS 13th Annual Conference: Advances in Global Emergency Management, May 23-26, 2006, Seoul, Korea.
- Şahin, M., Uçar, D., Tari, E., İpbüker, C., Coşkun, Z., Musaoğlu, N., Kaya, Ş., **Erden, T.**, Karaman, H., Yavaşoğlu, H., Bilgi, S., (2005) "*Disaster Information System of TURKEY (TABIS): GIS Standards*", Proceedings of 1st International Workshop on An Earthquake Loss Estimation Program for Turkey, pp.159-171, December, 1-2, 2005, Istanbul, Turkey.
- Yavaşoğlu, H., Tari, E., Baykal, O., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., Erturaç, M.K., İnce, C.D., Karaman, H., Tari, U., Tüysüz, O., Yanalak, M., (2005). "*GPS Measurements on The Western Marmara Segment Of North Anatolian Fault*", Proceedings of International Symposium on Modern Technologies, Education And Professional Practice in Geodesy And Related Fields, pp:201-205, 03- 04 November, 2005, Sofia.
- Yavaşoğlu H., Tari E., Sahin M., Karaman H., **Erden T.**, Bilgi S., Erdoğan S., (2005), "*Applications of Global Positioning System (GPS) in Geodynamics: With Three Examples From Turkey*", RAST 2005 Recent Advances in Space Technology, June 09-11, 2005, İstanbul, Turkey, pp385-389.
- Yavaşoğlu, H., Rüzgar, Y., Baykal, O., Bilgi, S., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., İnce, C., D., Karaman, H., Tari, E., Tari, U., Tüysüz, O., (2004). "*GPS measurements along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolia segment*", 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, V2 s904-907, 14-20 April 2004, Thessaloniki, Greece.
- Yavaşoğlu, H., Rüzgar, Y., Tari, E., Baykal, O., Erturaç, M., K., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., İnce, C., D., Karaman, H., , Tari, U., Tüysüz, O., (2004). "*GPS measurements on the western Marmara of North Anatolian Fault segment*", 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, V2 s901-903, 14-20 April 2004, Thessaloniki, Greece.
- Alkan, R. M., Kalkan, Y., Baykal, O., İpbüker, C., Yanalak, M., **Erden, T.** Erdoğan, C. (2003). "*Internet-Based GIS Implementations: A Case Study in an Ancient Settlement of Istanbul*", Proceedings of The ISPRS WG VII/4 Symposium Remote Sensing of Urban Areas, Regensburg, Germany, 27-29 June, Vol: XXXIV-7/W9, pp.11-17.
- Şahin, M., Baykal, O., Uçar, D., Tari, E., Coşkun, M., Z., Türkoğlu, H., Göksel, Ç., İpbüker, C., Kaya, Ş., Musaoğlu, N., Yiğiter, R., **Erden, T.**, Üstün, B., Karaman, H., Yavaşoğlu, H., Bilgi, S., (2002). "*GIS Standarts based on Emergency Management of Turkey*", International Symposium on Geographic Information Systems, September 23-26, 2002, Istanbul.

- Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R., M., Yanalak, M., **Erden, T.**, (2002), “*Deformation monitoring with geodetic and geotechnical methods: Case study in Ambarlı region*”, International Symposium on Geographic Information Systems, September 23-26, 2002, Istanbul.
- Şahin, M., **Erden, T.**, Coşkun, M., Z., Türkoğlu, H., Kaya, Ş., Musaoğlu, N., Göksel, Ç., Baykal, O., (2001). “*The Development of A National Disaster Management Decision Support System in Turkey Using GIS and Remote Sensing*”, International Symposium On“Geodetic, Photogrammetric And Satellite Technologies – Development And Integrated Application” Sofia, Bulgaria, 08-09 November 2001.
- **Erden, T.**, Coşkun, M., Z., (2001). “*Emergency Planning in Metropolitan Cities by GIS*”, International Symposium On“Geodetic, Photogrammetric And Satellite Technologies – Development And Integrated Application” Sofia, Bulgaria, 08-09 November 2001.
- Şahin, M., Ural, D., Yentürk, N., Şener, S., Coşkun, Z., **Erden, T.**, (2001). “*Emergency Management Activities after the Two Major Earthquakes in Turkey: August 17 & November 12, 1999*”, International Symposium On“Geodetic, Photogrammetric And Satellite Technologies – Development And Integrated Application” Sofia, Bulgaria, 08-09 November 2001.
- Kalkan, Y., Alkan, R., Yanalak, M., **Erden, T.**, (2001). “*The Vertical Results of the Ambarlı Deformation Measurements by Geodetic Methods*”, International Symposium On“Geodetic, Photogrammetric And Satellite Technologies – Development And Integrated Application” Sofia, Bulgaria, 08-09 November 2001.
- İnce, C., Baykal, O., Çakmak, R., Dikbaş, A., **Erden, T.**, Ergintav, S., İpbüker, C., Özşamlı, C., Şahin, M., Tarı, E., Tarı, U., Tüysüz, O., (2001). “*GPS Measurements along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolia Segment*”, International Symposium On“Geodetic, Photogrammetric And Satellite Technologies – Development And Integrated Application” Sofia, Bulgaria, 08-09 November 2001.

Hakemli ulusal konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

- Coşkun, MZ., **Erden, T.**, (2007), “*İtfaiye İstasyonları İçin Yeni Yerleşimlerin CBS Ortamında Belirlenmesi*”, 11. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007. Ankara.
- Baykal, O., Tarı, E., Coşkun, M.,Z., **Erden, T.**, (2005) “*Kutupsal Koordinatlarla Nokta Aplikasyonunda Doğruluk*”, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, s: 95-110, 23-25 Kasım 2005, Ayazağa, İstanbul.
- Kalkan, Y., Yıldırım, H., Baykal, O., Alkan, R., M., Yanalak, M., **Erden, T.**(2002), “*Ambarlı Liman Bölgesindeki Heyelanların Jeodezik ve Geoteknik Yöntemlerle İzlenmesi*”, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu 2002 yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı. 10-11-12 Ekim 2002, İznik.
- Yavaşoğlu, H., Baykal, O., Bilgi, S., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., İnce, C., Karaman, H., Tarı, E., Tarı, U., Tüysüz, O., (2002). “*Kuzey Anadolu Fayı’nın Orta Anadolu Bölümünün GPS Ölçmeleri ile Güncel Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi*”, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Altıncı Toplantısı (ATAG 6), MTA Genel Müdürlüğü, 21-22 Kasım 2002, Ankara.

- Yavaşoğlu, H., Baykal, O., Bilgi, S., Çakmak, R., **Erden, T.**, Ergintav, S., İnce, C., Karaman, H., Tarı, E., Tarı, U., Tüysüz, O., (2003). “*Kuzey Anadolu Fayı’nın Orta Anadolu Bölümünün GPS Ölçmeleri ile Güncel Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi*”, Türkiye Kuvatıneri Çalıştay IV, 29-30 Mayıs, İstanbul.