

**HAZTURK İÇİN İSTANBUL'DA DEPREM SONRASI
YERSEL İVME DAĞILIMININ CBS YARDIMIYLA
MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hüseyin Can Ünen
705041004**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006**

Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr. M. Zeki COŞKUN

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Muhammed ŞAHİN

Y.Doç.Dr. Şinasi KAYA

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Öğrenim hayatım boyunca hiçbir zaman desteklerini esirgememiş olan bütün aileme ve ilkokula başladığımız günden itibaren kardeşim ve benim eğitimimiz için maddi ve manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmamış olan babama teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmam süresince bana her türlü yardımda bulunan ve yönlendiren tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Zeki Coşkun'a; Başta Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Muhammed Şahin ve Sayın Prof. Dr. Ergin Tarı olmak üzere bana yürütülmekte olan projelerinde yer veren Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Ölçme Tekniği Ana Bilim Dalı'ndaki hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

İTÜ Bilişim Enstitüsü, Mühendislikte İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Yüksek Lisans program koordinatörü Sayın Prof. Dr. İbrahim Akduman'a yüksek lisans eğitimim süresince gösterdiği destek ve sağladığı olanaklardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam süresince ilgi ve sabrını sürdüren İrem Ünsal'a; Gösterdikleri dostça davranışlar ve destekleri sayesinde yabancılık çekmememi sağlamış olan başta oda arkadaşlarım Ar. Gör. Himmet Karaman, Ar. Gör. Hakan Yavaşoğlu ve Ar. Gör. Uğur Altın olmak üzere tüm Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği araştırma ve öğretim görevlilerine teşekkür ederim.

Bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden sayın hocam Prof. Dr. Okan Tüysüz ve asistanları Ar. Gör. Korhan Erturaç ve Ar. Gör. Ufuk Tarı'ya teşekkür ederim.

Mayıs, 2006

H. Can Ünen

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. AFET VE ACİL DURUM YÖNETİM SİSTEMLERİ	3
2.1 . Afet ve Acil Durum Yönetimi Kavramları	3
2.2. Acil Durum Yönetiminin Dört Evresi	4
2.2.1. Hazırlıklı Olma	4
2.2.2. Zarar Azaltma	5
2.2.3. Müdahale	5
2.2.4. İyileştirme	6
2.3. Kaynakların Kullanımı	6
2.3.1. Temel Hizmet Fonksiyonları	7
2.3.2. Kaynak Yönetimi	7
2.3.2.1. Ek Kaynak Gereksinimi	8
2.3.2.2. Özel Sektör Kaynakları	8
2.3.3. Yardım İsteme	9
2.3.3.1. TASKK	9
2.4. Entegre Acil Durum Yönetim Sistemleri (EAYS)	10
3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS)	12
3.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı	12
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Bileşenleri	14
3.2.1. Veri Bileşeni	14
3.2.2. Donanım Bileşeni	14
3.2.3. Yazılım Bileşeni	15

3.2.4. Kullanıcı Bileşeni	15
3.2.5. Yöntem/Analiz Bileşeni	15
3.3. Coğrafi Veri Elemanları	16
3.4. Coğrafi Veri Modelleri	17
3.4.1. Vektör Veri	18
3.4.1.1. Spagetti Veri Yapısı	18
3.4.1.2. Topolojik Veri Yapısı	19
3.4.2. Raster Veri	19
3.4.3. Raster Ve Vektör Verilerin Karşılaştırması	20
3.5. Veritabanları	20
3.5.1. Hiyerarşik Veri Modeli	21
3.5.2. Ağ Veri Modeli	23
3.5.3. İlişkisel Veri Modeli	23
3.5.4. Nesne Yönelimli Veri Modeli	24
4. AFET YÖNETİMİNDE CBS UYGULAMASI ÖRNEĞİ: HAZUS-MH	25
4.1. Genel Yapı	25
4.2. HAZUS-MH Afet Modelleri	25
4.3. HAZUS-MH Deprem Modeli	26
4.4. HAZUS-MH Deprem Modeli Analiz Prosedürü	28
4.5. HAZUS-MH Deprem Modelindeki Kısıtlamalar	31
5. TÜRKİYE İÇİN HASAR ANALİZ UYGULAMASI GELİŞTİRİLMESİ (HAZTURK)	33
5.1. Genel Bakış	33
5.2. Uygulama Geliştirme Planı	34
5.3. Pilot Uygulama Kapsamı	35
6. UYGULAMA	37
6.1. Veri Toplama ve Değerlendirme Aşaması	37
6.1.1. Fay Verisi	37
6.1.2. Jeoloji Verisi	38
6.2. Veri İşleme Aşaması	41
6.2.1. Fay Verisi	41
6.2.2. Jeoloji Verisi	42

6.3. Azalım İlişkileri	48
6.3.1. Gülkan ve Kalkan (2002)	48
6.3.2. Özbey ve diğ. (2004)	49
6.4. Modelin Oluşturulması	50
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	56
EK-I (MODEL AKIŞ ŞEMASI)	62
EK-II (ÖRNEK ÇIKTILAR)	64
ÖZGEÇMİŞ	69

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
TASKK	: Tip, Adet, Süre, Kapasite, Konum
EAYS	: Entegre Acil Durum Yönetim Sistemi
AYM	: Afet Yönetim Merkezi
GRASS	: Geographic Resources Analysis Support System
ESRI	: Environmental Systems Research Institute, Inc.
SQL	: Structured Query Language
VTYS	: Veritabanı Yönetim Sistemi
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
NIBS	: National Institute Of Building Sciences
HAZUS-MH	: Hazard United States Multi-Hazard
InCAST	: Inventory Collection Tool
BIT	: Building Inventory Tool
FIT	: Flood Information Tool
TPAO	: Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı
GPS	: Global Positioning System
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
JICA	: Japanese International Cooperation Agency
IDW	: Inverse Distance Weighing
PGA	: Peak Ground Acceleration
ID	: Identification

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 6.1. NEHRP Zemin Sınıflandırması.....	39
Tablo 6.2. Jeoloji ve sondaj verilerinin birleştirilmesinin ardından hücre değerlerinde görülen değişim.....	46
Tablo 6.3. NEHRP zemin sınıflandırmasına göre G1 ve G2 değerleri.....	49

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Acil durum yönetiminin dört evresi..... 4
Şekil 2.2	Entegre acil durum yönetim sistemleri..... 10
Şekil 3.1	Coğrafi veri elemanları..... 16
Şekil 3.2	Coğrafi veri modelleri..... 18
Şekil 3.3	Hiyerarşik, ağ ve ilişkisel veritabanı modelleri..... 22
Şekil 4.1	HAZUS-MH Deprem Modeli..... 29
Şekil 6.1	Marmara Fay Haritası (TPAO, 1999)..... 38
Şekil 6.2	NEHRP sınıflandırması uygulanmış İstanbul jeoloji haritası..... 39
Şekil 6.3	Sondaj noktaları (JICA, 2002)..... 40
Şekil 6.4	Marmara fay haritası (Hubert-Ferrari ve diğ, 2000)..... 41
Şekil 6.5	Marmara fay haritası (Stein ve diğ, 1997)..... 41
Şekil 6.6	Modelde kullanılan fay verisi..... 42
Şekil 6.7	Jeo_Vs_250 görüntüsü..... 43
Şekil 6.8	Avcılar (Jeo_Vs_250)..... 43
Şekil 6.9	Avcılar için sondaj değerlerinin enterpolasyon yöntemleri..... 44
Şekil 6.10	Sondaj noktalarındaki Vs değerlerinin raster formatta gösterimi... 46
Şekil 6.11	Vs_Join_250 ve ondan üretilen nokta veri..... 47
EK-I	
Şekil I.1	Model akış şeması..... 60
Şekil I.2	Model akış şeması (devam)..... 61
Şekil I.3	Model akış şeması (devam)..... 62
Şekil I.4	Model akış şeması (devam)..... 63
EK-II	
Şekil II.1	Model sorgu ekranı..... 64
Şekil II.2	Model çıktı ekranı..... 65
Şekil II.3	Yersel İvme Dağılım Haritası (Gülkan ve Kalkan, 2002)..... 66
Şekil II.4	Yersel İvme Dağılım Haritası (Özbey ve diğ, 2004)..... 67
Şekil II.5	Yersel İvme Dağılım Haritası (Gülkan & Kalkan (2002) – Özbey ve diğ. (2004) Karşılaştırması)..... 68

SEMBOL LİSTESİ

- M_w** : Deprem moment magnitüdü (Richter, 1958)
- V_s** : Yüzeyden itibaren 30m'lik zemin için dayanım dalga hızı (m/s)
- l** : Kırılan fay uzunluğu (km)
- r** : Noktanın depremin merkez üssüne olan uzaklığı (km)
- r_{cl}** : Noktanın depremin merkez üssünün yüzey izdüşümüne olan uzaklığı (km)
- d** : Depremin merkez üssünün yüzeyden derinliği (km)
- V_A** : Regresyon sonucu elde edilmiş hayali bir hız değeri (m/s)
- G_1, G_2** : Zemin sınıfına bağlı katsayılar

ÖZET

Her toplumun afetlerle mücadele edebilmesi için geliştirilmiş ve verimli bir şekilde uygulanmakta olan afet yönetim sistemlerine ihtiyacı bulunmaktadır. Günümüzde deprem, sel, heyelan gibi doğal afetler özellikle 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde yaşanan depremlerin ardından halkın daha fazla dikkatini çekmeye başlamıştır ve bu durum da afet yönetim sistemi uygulamalarının etkin bir şekilde oluşturulup hayata geçirilebilmesi için afet yöneticilerine halkın işbirliği göstermesi konusunda yardımcı olmaktadır.

Afet yönetim sistemlerinden, afet öncesinde olası afetlerin etkilerinin araştırılması veya beklenen bir afetin sebep olabileceği zararların analiz edilip bu zararların uzun vadede önlemler alınarak azaltılması için; Afet sonrası da acil müdahale ve iyileştirme çalışmalarında yön gösterici olarak yararlanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımları, kullanıcıya bu tarz uygulamalar için ideal bir çalışma ortamı sağlamaktadırlar. ABD tabanlı HAZUS-MH da deprem, sel ve kasırgalar için hasar ve kayıp tahminleri yürütebilen, Amerika Federal Afet Yönetimi Ajansı (FEMA) ve Amerikan Ulusal Bina Bilimleri Enstitüsü (NIBS) tarafından geliştirilmiş bir CBS uygulamasıdır.

Türkiye için İTÜ ve ABD'li uzmanların işbirliğinde geliştirilmesi planlanan HAZTURK'ün de HAZUS'un temel yapısı esas alınacak şekilde, Türkiye'ye özgü parametreler ve özel durumlarla bütünleştirilerek geliştirilmesi öngörülmektedir.

Olası bir depremin neden olacağı zararları hesaplayabilmek için söz konusu depremin hangi bölgeleri nasıl etkileyeceğinin, yani depremin ürettiği yersel ivmelerin hesaplanabilmesi gerekmektedir. Bu işlem, aynı zamanda HAZTURK Deprem Modelinde bulunan ilk analiz adımı da olacaktır. Faydan uzaklaştıkça azalım gösteren yersel ivmelerin modellenmesi için deprem büyüklüğü, deprem derinliği, noktanın faya olan uzaklığı ve zemin sınıflandırmasına bağlı pek çok azalım denklemi bulunmaktadır. Yer istasyonlarındaki ölçümler temel alınarak geliştirilen bu denklemler sadece ölçümlerin alındığı bölgeler için geçerli kabul edilebilirler. Bu yüzden modelde Kuzey Batı Anadolu için geliştirilmiş iki azalım denklemine yer verilmekte ve elde bulunan jeoloji ve fay verisi kullanılarak bu denklemlerin çıktıları elde edilebilmektedir.

İstanbul'da beklenmekte olan olası deprem senaryoları için çok sayıda hasar analiz çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmadaki amaç ise: Olası bütün deprem senaryoları için analiz yürütebilecek; analiz adımları süresince kullanıcı müdahalesine gereksinim duymayacak; yüksek doğrulukta veri sağlanması koşuluyla istenilen detayda çıktı alınabilecek; gelecekte oluşabilecek ihtiyaçlar doğrultusunda kolayca güncellenebilecek; diğer benzer çalışmalarla eşgüdüm oluşturulmasına olanak verecek; CBS ortamında çalışacak bir sistemin başlangıç adımlarının atılmasıdır.

SUMMARY

Every nation needs to effectively develop and implement an emergency management system in order to prevent hazard loss. Nowadays, especially after the August 17 and November 12 earthquakes in 1999 in the Marmara Region, natural hazards like earthquakes, floods or landslides are getting much greater attention from the community. And this situation brings the opportunity to develop and implement emergency management systems in an easy and effective way.

Emergency management systems are used for investigating the effects of probable hazards or calculating loss estimates of a predicted hazard and mitigation analysis before a hazard; and for developing response and recovery plans after the hazard. Geographic information systems (GIS) provide an ideal environment to the users for these kinds of applications. HAZUS-MH, developed by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) and the National Institute of Building Sciences (NIBS), is a GIS application which can carry out loss estimations for earthquake, flood and hurricane hazards.

HAZTURK, which will be developed with the cooperation of ITU and specialists from USA, is prescribed to be built on the HAZUS technology with the implementation of local parameters and special situations specific for Turkey.

To be able to calculate the loss caused by a possible earthquake, one should calculate how much the areas of interest are affected. In other words, the ground acceleration values should be calculated for the region. This process will also be the first analysis step of the HAZTURK Earthquake Model. For the attenuation modeling of peak ground accelerations, many attenuation relations are present as functions of the moment magnitude, depth of the epicenter, distance of the point from the fault and the soil class. As these relations are derived from the ground measurements taken from the observation points, they are only accepted to be valid for that specific region. Because of that, two attenuation relations derived for Turkey are used in the model and outputs are taken from these relations using geological data and the fault map in hand.

There are various loss estimate studies based on predicted earthquake scenarios for Istanbul region. The main scope of this study is to build the first steps of a system that can: Carry out analysis for any given earthquake scenario; Pass through the whole analysis process without any user interference; Give outputs in any desired level of detail given that the high precision data necessary is provided; Be easy to update according to probable future needs and that can enable coordination between similar studies.

1. GİRİŞ

Deprem, sel, toprak kayması ve benzeri doğal afetler, özellikle 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 tarihlerinde yaşanan Adapazarı ve Düzce depremlerinin ardından halk tarafından daha çok dikkat ve endişe çekmeye başlamış, İstanbul gibi yoğun yerleşim bölgelerinde de doğal afetler meydana gelebileceğini hatırlatmıştır. Her toplumun, bu tür olası doğal veya insan kaynaklı afetler ve acil durumlara yönelik harcamalar ve rakamlarla ifade edilemeyecek manevi kayıplar karşısında bir eylem planına sahip olması ve bu afetler karşısında zarar azaltma çalışmalarına büyük önem vermesi gerekmektedir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için de afet yönetimi ve afet yönetim sistemi kavramlarının yerleşmesi gerekir.

Afet yönetiminin temel amaçları olarak: Önceden tahmin edebilmek, hasar tahmini yapabilmek ve afet öncesinde gereken önlemleri alabilmek sayılabilir. Afet bilgi sistemleri, meydana gelebilecek deprem, sel, toprak kayması gibi doğal felaketlerin ardından hasar ve kayıpları minimum seviyede tutmak, ya da insan kaynaklı felaketlerin olasılıklarını en aza indirmek ve bu felaketlerin oluşmasının ardından yürütülecek arama/kurtarma, hasar tespit ve iyileştirme çalışmalarının çabuk ve etkili bir şekilde yapılması amaçlarıyla oluşturulur. Bu çalışmaların yürütülmesi aşamasında coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanıcılara analiz aşamalarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Hasar ve kayıp analiz programları, afet yönetiminde CBS uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) işbirliğiyle hazırlanacak olan HAZTURK de afet öncesi oluşabilecek olası afetlerin etkilerinin incelenmesini sağlayacak; Olası afetlerin oluşturabilecekleri zararı tespit edip bu zararların azaltılması için oluşturulacak planlar için yol haritası oluşturacak, deprem sonrası da müdahale ve birimler arasındaki koordinasyonun gerçekleştirilmesine yardımcı olacak raporlar sunacak bir kayıp analiz programı olacaktır.

Yapılarda deprem hasarlarının belirlenebilmesi için, deprem sonrası oluşan yersel kuvvetlerin; yersel kuvvetlerin elde edilmesi için de yersel ivme değerlerinin yapının

bulunduğu bölge için hesaplanması gerekmektedir. Belirli bir bölge için analiz yapılabilmesi için de bölgedeki yersel kuvvetlerin dağılımının bilinmesi gerekir.

Yersel ivme dağılımı hesaplamaya yarayan birden çok azalım ilişkisi bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) California eyaletinde bulunan San Andreas fay sistemi, Kuzey Anadolu fay sistemiyle benzer özellikler gösterdiği için (Stein ve diğ. 1997), California için oluşturulmuş bazı azalım formülleri (Boore ve diğ., 1997)(Campbell, 1997)(Sadigh ve diğ., 1997) Kuzey Anadolu fay sistemi için de kullanılabilir. Kuzeybatı Anadolu için geliştirilmiş olan formüller (Gülkan ve Kalkan, 2002)(Özbey ve diğ., 2004) de temel olarak, en çok kabul görmekte olan Boore modelinin ülkemizdeki yersel ölçüm değerleri kullanılarak katsayıları uyarlanmış halleridir. Bu ilişkilerin tamamı, zemin türü, noktanın faya veya depremin merkez üssüne uzaklığı, depremin aletsel büyüklüğü, depremin derinliği ve fayın kırılma şekline bağlı birer fonksiyon olarak tanımlanmaktadır.

Çalışmanın temel amacı: HAZTURK'e girdi olarak kullanılabilecek formatta bir çıktı üreten, değişkenleri kullanıcı tarafından girilecek, senaryo bağımlı olmayan (oluşabilecek tüm depremlerin modellenebileceği), güncellemelere açık, deprem sonrası İstanbul il sınırları içinde oluşacak yersel ivme dağılımını hesaplayan etkileşimli bir model oluşturulmasıdır.

2. AFET VE ACİL DURUM YÖNETİM SİSTEMLERİ:

2.1 Afet ve Acil Durum Yönetimi Kavramları:

Temel olarak hayat kurtarmak, yaralanmaları önlemek, mal, mülk ve çevreyi korumayı amaçlamakta olan acil durum yönetimi, tehlikeler karşısında hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme amaçlarıyla mevcut kaynaklar üzerinden analiz yapılması, planlama, karar alma ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır.

Bu kapsamda bahsi geçen tehlike ise, acil durum veya afete dönüşebilecek potansiyel olay veya durumdur. Tehlikeler doğal ve teknolojik olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Aynı bölgelerde tekrarlanarak oluşma eğiliminde olan doğal tehlikeler, can, mal, mülk ve diğer sosyal değerleri tehdit eden doğal olaylardır. Boyutu bölgesel özelliklere bağlı olarak değişen doğal tehlikeler arasında ülkemiz kuraklık, sel, heyelan, kar fırtınası, rüzgâr ve deprem gibi tehlikelere açık bir durumdadır. Deprem, sel, çığ ve heyelan, Afet Yasası'nda acil durum yönetimi gerektiren doğal afetler arasında gösterilmektedir. Teknolojik tehlikeler ise: günlük yaşam içinde makineler, aletler, maddeler ve insanların neden olduğu güç kesintisi, patlama, yangın, trafik kazası, uçak kazası, kimyasal veya nükleer sızıntı, sivil düzensizlik, terör gibi tehlikelerdir.

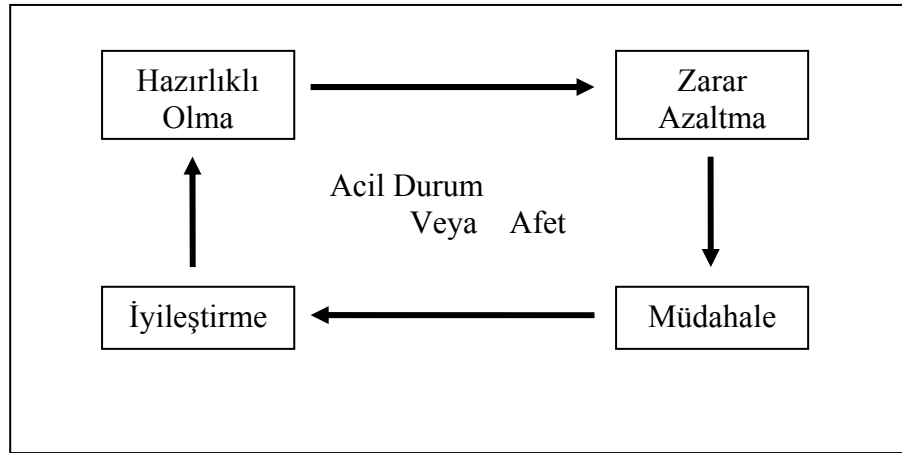
Acil durum, yıkıcı olmakla beraber, yerel ölçekte baş edilebilecek boyuttaki tehlikeli olaylardır. Acil durumlarda devletin bölgedeki yerel çabalara destek vermesi gerekmektedir. Afetler ise acil durumdan daha büyük ölçekte yardım gerektiren, itfaiye ya da polis gibi tek bir birimin başa çıkamayacağı, büyük ekonomik ve insan kaybına neden olan, kriz durumu ilan edilmesini gerektiren durumlardır.

Tehlikenin topluma etkilerinin analizi, bir acil durum yöneticisinin temel adımlarından biri olmalıdır. Bu analiz, toplumda geçmişte yaşanmış olan acil durumların incelenmesi, tüm olası tehlikelerin tanımlanması, riskin tanımlanması ve bir tehlike durumunda can, mal, mülk ve çevreye vereceği zararların belirlenmesi

eylemlerini kapsayan çok yönlü bir işlemdir. Herhangi bir yerel birimin karşı karşıya olacağı potansiyel afet sayısı göz önüne alındığında, acil durum yönetimi konusunda başarılı olabilmek için: yüksek risk taşımakta olan tehlikeleri analiz ederek mevcut kaynakların organizasyonunu gerçekleştirmek gerekmektedir.

2.2 Acil Durum Yönetiminin Dört Evresi:

Acil durum yönetimi çerçevesinde yürütülen eylemler birbirini takip eden dört temel evreden biri içinde yer almaktadır. Bu evreler: Hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.1). Bu evreler zaman zaman birbirleriyle çakışabilir ve aynı anda yürütülmeleri gerekebilir. Bu durum, evreler arasındaki ayrımı zorlaştırabilir.



Şekil 2.1: Acil durum yönetiminin dört evresi (İTÜ AYM, 2001).

2.2.1 Hazırlıklı Olma:

Olası tehlikelere karşı planlama, eğitim ve tatbikatlar yardımıyla hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme evrelerinin uygulanması için etkin bir acil durum yönetimi çalışmasıdır. Tehlike riski altındaki bölgelerde yaşayanlar için koruyucu planlama ve hazırlık, tehlike ortaya çıkmadan önce gerçekleştirilmiş olmalıdır. Acil durumlar ani bir şekilde ortaya çıktıkları için, acil durum sorumlulukları, ancak daha önceden hazırlanmış önlem planlarıyla etkin bir şekilde yerine getirilebilir.

Hazırlıklı olma, acil durum halinde yetki ve sorumlulukların belirlenmesi ve destek kaynaklarının düzenlenmesini içerir. Tüm yönetim kademelerince acil durum yönetimi görev dağılımı ve atamaları yapılmış olmalı, belirlenen görevlerin yerine

getirilebilmesi için gereken personel, donanım ve benzeri kaynakların tanımlarının yapılmış olması gereklidir. Donanım ve ekipman bakımı, personel eğitimi ve benzeri aktiviteler sürekli güncellenmeli, acil durum müdahale organizasyon ve kaynaklarının tehlikeli durumlarda zara görme olasılığını en aza indirmek için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Hazırlıklı olma konusundaki temel unsur, idari birimin acil durum yönetimi konusundaki farklı taahhütlerin bağlantılarını sağlayacak planların geliştirilmesidir.

2.2.2 Zarar Azaltma:

Zarar azaltma, olası tehlikeler ve bunların etkileri nedeniyle oluşabilecek can ve mal kaybı zararlarını uzun dönemde azaltmayı veya ortadan kaldırmayı amaçlayan önlemler olarak tanımlanır. Örnek zarar azaltma çalışmaları olarak: risk bölgelerinde bölgeleme ve risk haritaları hazırlanması, yapılaşma ve imar yönetmelikleri hazırlanması, sel ve diğer benzeri tehlikeli durumlara ilişkin verilerin toplanıp yerleşime uygun bölgelerin belirlenmesi, afet sonrası geçici barınak sağlanması gibi örnekler verilebilir. Halkı, deprem sırasında düşmesini önlemek üzere kitaplık ve dolap gibi eşyaların sabitlenmesi gibi temel önlemler konusunda eğiterek kayıp ve yaralanmaların sayısını azaltmak da zarar azaltma kapsamına girmektedir.

Ekonomik zarar azaltma çalışmaları, tehlike riski taşıyan bölgelerde her afet sonrası yeniden yapılanma çalışmalarının tekrar başlamasının önüne geçerek uzun dönemde afet kayıplarının da azaltılmasını sağlar. Bir afet sonrası, halktaki duyarlılığın yüksek olduğu bir dönemde başlanacak çalışmalar, maddi kaynakların elde edilmesi, bazı tesis ve altyapı birimlerinin tasarım ve konumlarının gözden geçirilmesi gibi konularda da kolaylık sağlanmasına sebep olur. Bu gibi kolaylıklar, afet sonrasında başlanıp sürdürülecek zarar azaltma çalışmaları sonucunda daha güvenli yerleşim ve altyapı birimleri elde edilmesini sağlar.

2.2.3 Müdahale:

Can ve mal kurtarma amacıyla, acil durum donanım, kaynak ve personeli kullanılarak afetzedeleri tahliye etmek, yiyecek, içecek, barınak ve sağlık yardımına ihtiyaç duyanlara yardım ulaştırmak, elektrik, su, iletişim gibi kritik hizmetlerin çalışmasını sağlamak için yürütülen eylemleri kapsamaktadır. Bu sayılan ana maddelerin yanı sıra: Müdahaleyi gerçekleştiren birim içerisindeki olağanüstü durumu normale döndürme çalışmaları, görev alacak acil durum yönetim personelinin

belirlenmesi, halkın uyarılması ve bilgilendirilmesi, arama-kurtarma çalışmalarının yürütülmesi, hasar tespiti, bölge dışından talep edilecek yardımların belirlenmesi ve zarar azaltma evresi için göz önüne alınacak hususların belirlenmesi gibi eylemler de müdahale evresi kapsamına girmektedir.

2.2.4 İyileştirme:

Sosyal, bireysel ve ekonomik yaşantının ve hizmet birimlerinin normal işleyişlerine dönmeleri ve gelecekteki olası tehlikeler karşısında korunaklı olmalarını sağlayacak şekilde yeniden yapılandırılmaları işlemleridir. Beslenme, giyim, barınak gibi temel insani ihtiyaçlar karşılanırken aynı anda enerji, iletişim, su, ulaşım, kanalizasyon gibi altyapı sistemlerinin de kısa dönemde kurulması veya yeniden yapılandırılmasını amaçlar. Uzun vadedeyse, denge sağlandıktan sonra gerçekleştirilecek zarar azaltma çalışmaları da göz önüne alınarak ekonomik hareketliliğin oluşturulması, konutlar ve kamu binalarının yeniden inşası gibi çalışmaları kapsamaktadır.

2.3 Kaynakların Kullanımı:

Afet veya acil durum sırasında yerel yönetim, acil durum destek hizmetleri, merkezi idare ve devlet gibi her düzeydeki idari birimin bir araya getireceği kaynaklar bulunmaktadır. Bu birimlerin katkısı şu şekildedir:

Yerel yönetimler, personel hakkındaki bilgisi ve diğer birimlere kıyasla kaynaklara daha yakın olması sebebiyle doğrudan harekete geçmektedirler. Acil durum yardım hizmetlerinin planlanmasında, öncelikle ilçe veya il hudutları içindeki kurum ve kuruluşların güç ve kaynaklarının kullanımı esas alınır (Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik, 88/12777).

Acil durum destek birimleri, güvenlik, itfaiye, arama-kurtarma ve bayındırlık konularıyla ilgili, 24 saat müdahaleye hazır konumdaki yerel yönetim birimleridir. Acil durum müdahale personeli ve operasyon ekibi olarak da görev alırlar.

İl düzeyindeki merkezi idare ve yönetim birimlerinde hem yöneticilik yetenekleri hem de yasal yetki bulunmaktadır. Bu yüzden merkezi idare ve yerel yönetimler arasındaki iletişimin sağlanmasında rol oynarlar.

Devlet ise yasal yetki, maddi kaynak, araştırma imkânı, teknik bilgi, hizmet ve uzmanlaşmış elemanlara sahiptir.

2.3.1 Temel Hizmet Fonksiyonları:

Yönetim ve kontrol fonksiyonu, kaynak yönetimini gerçekleştiren, bilgi toplama ve analiz aşamalarını gerçekleştirerek acil durumlarda karar veren sistemdir. Acil durum yöneticisi, sistematik bir yaklaşım ile acil durumun analizi yaparak hızlı, doğru ve etkin müdahale kararları verir; Müdahale ekiplerinin koordinasyonunu sağlar; Diğer müdahale birimleri ile koordinasyonu gerçekleştirir ve mevcut kaynakların etkin ve verimli olarak kullanımını sağlar.

İletişim ve haberleşme fonksiyonu, sistemin verimli olarak işleyebilmesi için esastır. Acil durumda ekiplerin yönetiminin ve her türlü iletişim cihazının kurulum, kullanım, bakım ve yedeklemesinin sorunsuz bir şekilde sağlanması gereklidir.

Uyarı sistemleri; yaralanma veya maddi hasarların önlenmesi için uygun şekilde davranmayı sağlamak amacıyla, acil durum müdahale ekiplerinin ve halkın sürekli hazır durumda olmasını gerektirir ve bu yüzden son derece önemlidir. Bu aşamada acil durum yöneticisi, resmi görevliler, müdahale ekipleri ve halkı acil durum halinde alarma geçirerek uyarı yapılmasını sağlamalı, acil durum yönetiminin dört evresi boyunca halka doğru ve zamanında bilgi verilmesini sağlamalıdır. Acil durum yöneticisi, gerektiğinde, halkın güvenli ve düzenli bir şekilde korunması amacıyla tahliye kararı vermeli; tahliye edilen halkın afetin olumsuz etkilerinden korunmasını sağlamak için de kitlesel bakım hizmetleri (barınak, yiyecek, tıbbi bakım, giyecek, vb.) yürütmelidir.

Afet veya acil durum sırasında verilen sağlık hizmetleri temel olarak acil yardım hizmetleri, hastane, toplum sağlığı, çevre sağlığı, ruh sağlığı ve cenaze hizmetleri gibi hizmetleri kapsamakla beraber bazı özel aktiviteleri de barındırmaktadır. Acil durum yöneticisi, bu hizmetlerin teminini sağlar. Bunlara ek olarak: Yaralıların tedavi ve nakliye işlemleri, ölümlerin defin işlemleri, su ve yiyecek kaynaklarının kirliliğinin önlenerek salgın hastalıkların önünün alınması gibi hizmetler de sayılabilir.

2.3.2 Kaynak Yönetimi:

Kaynak yönetimi, acil durum ihtiyaçlarının (personel, malzeme, vb.) hızlı ve etkin bir şekilde temin, dağıtım ve kullanımının sağlanmasıdır. Kaynak yönetimi; Karar mercilerine mevcut kaynakların envanterinin bildirimi, eldeki kaynakların uygun şekilde kullanımı ve zamanında ihtiyaç bölgesine ulaştırılması, müdahalede

kullanılan kaynakların zarar veya hasar gördüğü durumlara karşı ek kaynakların güvence altında tutulması, altyapı ve ekonomik faaliyetlerin kesintileri göz önüne alınarak temel toplum gereksinimlerinin karşılanması, yerel yönetim kaynaklarının muhasebelerinin tutulması gibi hizmetlerin saplanması açısından gereklidir.

2.3.2.1 - Ek Kaynak Gereksinimi:

Para, donanım, personel gibi kaynaklarda, ihtiyaç ve kapasite arasında açık olduğu zamanlarda erişilebilir ek kaynaklar, bu açığın kapatılmasına yardımcı olur. Merkezi idare acil durum personeli tarafından “Hazırlıklı Olma İçin Kapasite Değerlendirmesi” yapılarak merkezi idare ve yerel düzeyde acil durum yönetimi arasındaki ortaklığın afete ne derece hazırlıklı olduğu görülür. Merkezi idare ve yerel yönetim düzeyindeki ek kaynaklar toplum açısından önem taşımaktadırlar.

Ek kaynaklara gösterilebilecek temel örnek devlet afet yardım ödeneğidir. Yerel yönetimler ayrıca yerel kuruluşlar, çevre yerleşimler ve komşu yerleşimlerden destek talebinde bulunarak kaynaklarını arttırabilirler. Yerleşimler veya kuruluşlar arası iki taraflı yardım anlaşmaları veya yerel anlaşmalar da bir diğer ek kaynak elde etme yolu olarak gösterilebilir. Bu anlaşmaların kapsamı yardım malzemeleri, temel ihtiyaçlar, hizmet temini veya personel desteğini içerebilir.

2.3.2.2 - Özel Sektör Kaynakları:

Devletin can ve mal güvenliği veya yaşam standartlarının sağlanması gibi konularda yükümlülükleri olmasına karşın hükümetler tek başlarına değil, tüm acil durum ve afetlerde acil durum yönetim sistemlerinin birer parçası olan özel sektör gruplarıyla da çalışabilirler. Kar amacı gütmeyen Kızılay gibi yardım organizasyonları da bu kapsam dâhilindedir. Afet veya acil durum halinde özel sektör ile gerçekleştirilen bu ortaklık, afet yönetiminin de temelini oluşturur. Sivil toplum kuruluşlarının elemanları da bu noktada destek elemanları olarak rol almaktadırlar.

Kar amacı güden ve gütmeyen özel sektör kuruluşları her düzeyde gönüllü destek ve uzmanlık hizmeti verebilir, farklı alanlarda uzman personel, teknik yardım, donanım ve diğer malzemeleri sağlayabilir, büyük kayıp ve maliyetleri üstlenebilirler. Kuruluşlar, hükümete acil durumlarda verebilecekleri yardımı bildirerek bu durumun acil durum yönetim planlarında belirtilmesini sağlayabilirler.

Devlet ve özel sektör arasındaki ilişkilerin hızla geliştirilip güncellenmesi gerekmektedir. İlişkilerin öncelik sıralamasında gerilere atılması ve acil durum sonrasında başlatılması çok geç ve verimsizdir.

2.3.3 Yardım İsteme:

Afet sonrası etkili ve zamanında istenecek yardımın toplum ve bireye faydası da büyük olacaktır. Olağanüstü Hal Kanunu'nun 20. maddesinde "Yardım İstemi" şu şekilde tanımlanmaktadır:

"Bölgelerinde bu kanunun (2935 sayılı, 25.10.1983 tarihli, Olağanüstü Hal Kanunu) 3. maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi gereğince olağanüstü hal ilan edilen bölge valileri, kendi mülki idare bölümlerindeki "Acil Kurtarma Yardım Örgütleri"nin ihtiyacı karşılayamayacağının anlaşılması üzerine, çevredeki bölge valiliklerine başvururlar.

Bölge valileri, ani ve olağanüstü olaylarla karşılaşmaları veya yakın bölge valiliklerinin göndereceği yardım gelene kadar, bölgedeki askeri komutanlıktan yardım isteyebilir."

Afet sonrası değerlendirme raporlarından, ortaklık kavramının iyi anlaşılmış olmasına rağmen çok sayıda yetkilinin etkili ve zamanında yardım isteme yetilerinin yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Çok genel ifadelerle belirtilen istekler, yetersizlik sebebiyle afetzedelerin ihtiyaç duydukları malzemeye erişememesi ya da ihtiyaç duyulandan çok daha fazla yardım malzemesiyle karşı karşıya kalınmasına sebep olmuştur.

2.3.3.1 - TASKK

Yardım istenirken bölgede duyulan ihtiyaçla ilgili olarak (T)ip, (A)det, (S)üre, (K)apasite ve (K)onum bilgilerinin eksiksiz ve doğru bir şekilde verilmesi önem taşımaktadır.

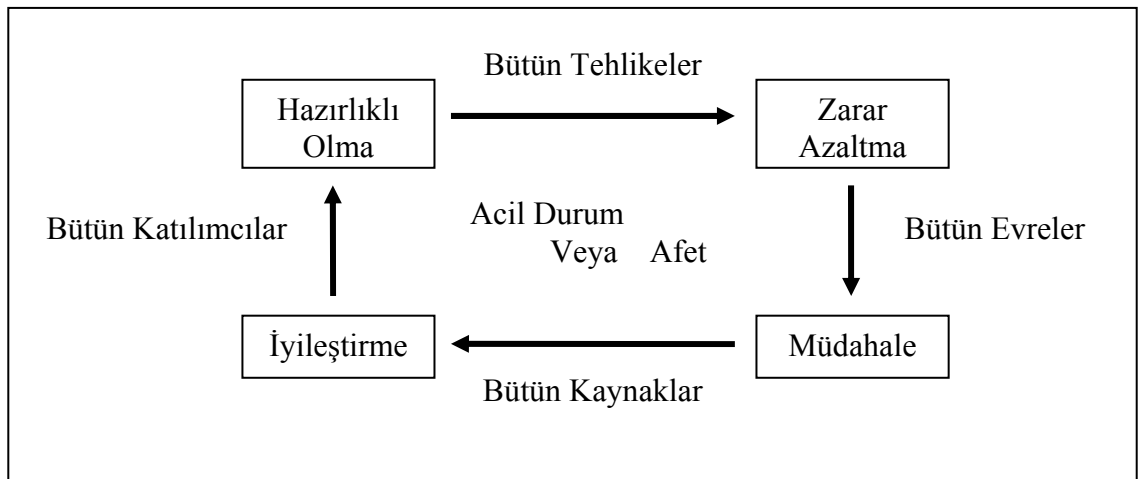
Acil durum personeli, eldeki kaynaklara ve bu kaynakların kapasitelerine bağlı olarak gereken yardımı sağlamakla sorumludur. Kaynakların yetersiz kalacağı durumlarda bir üst idareden; Bir üst idarenin kaynakları da yetersiz kalırsa Başbakanlığa bağlı en üst acil durum yönetim birimleriyle çalışarak TASKK kuralını sağlayacak şekilde talepte bulunmaları gerekmektedir.

2.4 Entegre Acil Durum Yönetim Sistemleri (EAYS):

Entegre acil durum yönetiminde, terörizmden doğal afetlere kadar acil durum yönetiminin dört evresi ile ilgili tüm kaynaklar, hem özel sektör hem de diğer kamu kuruluşlarından gelecek kaynakların en iyi şekilde koordine edilebilmesini sağlamak amacıyla içerilir. Bu özelliğiyle, acil durum koruma çabalarının idare ve organizasyonu için kavramsal bir çerçeve sunmaktadır.

Acil durumlarda yerel düzeyde farklı özelliklere sahip gruplar (polis, itfaiye, Kızılay ve benzeri gönüllü organizasyonlar, vb.) farklı görevler (uzman, acil durum yöneticisi, acil durum yönetim merkezi personeli, vb.) alırlar. Tüm bu gruplar ve görevler planlama, koordinasyon ve iyi tanımlanmış rollerle birbirleriyle ilişkilendirilir ve entegre acil durum yönetim sisteminin birer parçasını oluştururlar.

Tüm olası afetlere yönelik tasarlanan bu sistem, yerel yönetimin olası riskler karşısında müdahale planları oluşturmasını ve afete hazırlıklı olmasını sağlayacaktır. En iyi acil durum yönetimi, insanla bir afet durumunda alışık oldukları işlem ve sistemleri uygulayacağı için, iyi kurulmuş ve günden güne geliştirilen ilişkilerle sağlanır.



Şekil 2.2: Entegre acil durum yönetim sistemleri (İTÜ AYM, 2001)

Entegre acil durum yönetim sistemleri, küçük kazalardan büyük olaylara, tüm olası acil durumlar göz önüne alınarak hazırlanır ve acil durum yönetimi gerektirecek tüm durumlarda benzer yönetim stratejilerinin kullanılmasına uygundur. Hükümetin her düzeyi, özel ve kamu sektöründen bütün kaynakların acil durumlara hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme çabalarında birleştirilmesini öngörür.

Entegre acil durum yönetim sisteminde bütün katılımcılar ulusal kıstaslarca belirlenen acil durum planlarını geliştirmek için birleşirler. Bu planlar acil durum sırasında kılavuz olabilecek kadar detaylı; Aynı zamanda da kritik yerel durumlarda yeterli esnekliği gösterebilecek kadar genel olmak durumundadır. Entegre acil durum yönetim sistemleri, acil durum yönetiminin dört evresi boyunca sürekli olarak devam etmektedir. Afet yönetiminin dört evresinin döngüsel bir ilişki içinde süreklilik gösterdiği saptanmıştır. Bu da gerçek hayatta veya simülasyonlarla kazanılan deneyimlerden gelecekte yaşanabilecek acil durum zararlarının azaltılması konusunda bilgi edinilebileceğini ve acil durum yönetim sistemlerinin tek bir afet için değil, gelecekte yaşanacak olası afetleri de kapsadıklarını göstermektedir. (İTÜ-AYM, 2001)

3 COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS):

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Kavramı:

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi bilgiyi depolama ve işlemeye yarayan bilgisayar temelli sistemlerdir. Bir CBS, coğrafi konum bilgisinin analiz aşamasında kilit önem taşıdığı durumlarda verinin toplanma, saklama ve analizi için tasarlanır (Aronoff, 1989). CBS kavramı, “coğrafya”, “bilgi”, “sistem”, “coğrafi bilgi” ve “bilgi sistemi” kavramlarının bir bileşimidir. Bu yüzden de CBS’ni tanımlamadan önce bu kavramlar üzerinde durulmalıdır.

Coğrafya, insanlar ve yer ile bunların arasındaki ilişkiyi inceleyen bilimdir. Sözcük olarak Yunanca *gaia* (yeryüzü) ve *gráphein* (yazmak) kelimelerinden gelmektedir. Coğrafya, 4 özellikle karakterize edilen bir disiplin olarak tanımlanabilir: Yeryüzü üzerindeki özelliklerin (dağ, nehir, deniz, vb.) dağılımı; Bazı şeylerin nerede, ne zaman, neden ve nasıl meydana geldiğini anlamak (ör. Yanardağlar); Olayların diğer olaylarla ilgi ve bağıntıları ve haritalar aracılığıyla bilgi ve fikirlerin iletişiminin sağlanması. Bunlardan ilk üçü coğrafyanın temel prensipleri, sonuncusu ise araştırmalar sonucunda elde edilen bilgilerin ifadesidir (Gregg ve Leinhardt, 1994).

Coğrafya, beşeri ve fiziksel coğrafya olmak üzere ikiye ayrılır. Beşeri coğrafya kapsamında nüfus, doğum/ölüm oranları, dil, din, ekonomi gibi konular; Fiziksel coğrafya kapsamında ise yeryüzü şekilleri, yerkabuğu hareketleri, iklim, bitki ve hayvan topluluklarının dağılımı, topografya gibi konular incelenir.

Bilgi, verilerin anlamlı bir şekilde birleştirilmesi, analizi veya özetlenmesi sonucunda ortaya çıkan ifadelerdir. Anlam kazandırılan verilerden oluşturulmuş bir bilgi, bir başka sistem için de veri olarak kabul görebilir.

Sistem, bir bütün oluşturacak şekilde birbirleriyle bağlanan öğelerin bütünüdür.

Coğrafi Bilgi, yeryüzünde konum ve şekil gibi coğrafi özelliklerle ifade edilebilen nesnelere ilişkin bilgidir. CBS’de analiz yapılabilmesi için, ilgili coğrafi varlıklara ait gerekli tüm coğrafi bilgilerin bilgisayar ortamında hazır bulunması gerekir. CBS’de

depolanan ve analizde kullanılan veri ve bilgilerin tamamı coğrafi veri olarak sınıflandırılır. Coğrafi veriler, konum ve öznitelik bilgisine sahip olan, coğrafi olarak ifade edilebilen varlıkları temsil eden verilerdir.

Bilgi sistemi, karar vermede yarar sağlayacak bilgilerin üretimi için veriler üzerinde çalışan, veri toplanmasından analize kadar olan bütün işlemler topluluğudur. Bu analizler sonucunda elde edilecek bilgiler şu özelliklere sahip olmalıdır:

- 1- Önceden bilinen bilgiler olmayıp, kullanıcıya fayda sağlayabilmelidirler.
- 2- Kullanıcının beklentilerine uygun çerçevede olmalıdırlar.
- 3- Karar verme işlemlerinde kullanıcı gereksinimleriyle çelişmemelidirler.
- 4- Karar verme aşamasında kullanıcıyı yönlendirmelidirler.

Bu özellikteki bilgilerin elde edilebilmesi için bilgi sistemleri etkin veri yönetim olanakları sunmalı ve esnek olmalıdırlar.

Coğrafi Bilgi Sistemi, coğrafi verinin işlenmesinde şu dört özelliğe sahip bilgisayar temelli bir sistemdir: Veri girişi, veri yönetimi, analiz ve çıktı (Aronoff, 1989). Yukarıdaki tanıma ek olarak pek çok farklı CBS tanımı yapılmıştır:

Coğrafi Bilgi Sistemi, coğrafi nesnelere ait coğrafi verilerin toplanması, doğrulanması, depolanması, bu verilerin veri tabanı işlemleri, sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülmesi ve coğrafi veri ve bilgilerin gösterimi için kullanılan gelişmiş bilgi sistemidir (Batuk ve dig., 1996).

Coğrafi Bilgi Sistemi, coğrafya ile ilgili grafik ve grafik olmayan verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur (Bank, E., 1994).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, konuma bağlı varlıklara ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, bir coğrafi veri tabanı biçiminde organize edilmesi, işlenmesi, sorgulanması ve kullanıcılara çizimler, ekran görüntüleri veya raporlar biçiminde sunulmasını sağlayan yazılım/donanım sistemleridir (Sarbanoglu, H., 1991).

Coğrafi Bilgi Sistemi, yer yüzeyinin bir bölümünü ve bu bölümde yer alan teknik ve idari donanım ile birlikte, ekonomik ve çevre ile ilgili nesneleri de tanımlayan tüm verilerin toplanması, depolanması ve sunulması işlemidir (Bartelme, N., 1989).

Coğrafi Bilgi Sistemi, coğrafi olarak referanslanan bilgiyi etkin bir biçimde elde etme, depolama, işleme, analiz etme ve sunma amacıyla oluşturulmuş bilgisayar donanım, yazılım, coğrafi veri ve personelin bir organizasyonudur (Environmental Systems Research Institute, 1994).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, geniş bir alana yayılmış bilginin işlenmesi, sunulması, analizi ve modellenmesine olanak sağlayan grafik harita karakteristikleri ile coğrafik olarak referanslanan veriyi depolayan ve bunlar arasındaki bağlantıyı kuran bir bilgisayar sistemi olarak tanımlanır (Antenucci ve diğ., 1991).

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemi Bileşenleri:

Coğrafi bilgi sistemleri, veri, donanım, yazılım, kullanıcı ve yöntemler bileşenleri olmak üzere beş temel bileşene ayrılır. Bu bileşenler, CBS'nin temel fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gereklidir (Yomralıoğlu, 2000).

3.2.1 Veri Bileşeni

Veri, bilginin işlenebilen kısmı ve CBS'nin en önemli ve elde edilmesi en zor bileşenlerindendir. CBS verisi mekânsal ya da mekânsal olmayan öznitelik verilerinden oluşur. Mekânsal veri coğrafi konum ve koordinatlarla açıkça belirtilirken öznitelik verileri ise konumla ilgili bilgileri içeren tanımlayıcı veri gruplarıdır. Bu veriler çeşitli yöntemlerle toplanabileceği gibi, piyasadan hazır halde de elde edilebilir.

Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve gösterdikleri farklı yapılar, veri toplama aşamasında büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. Bir CBS projesinin de bu yüzden veri toplama aşaması yaklaşık %50'lik bir kısmını oluşturmaktadır. (Yomralıoğlu, 2000).

3.2.2 Donanım Bileşeni

Coğrafi verinin depolanması ve işlenmesi için ihtiyaç duyulan bir bilgisayar ve ona bağlı yan öğeleri kapsayan bileşendir. Kurulacak sistemin kapsamına bağlı olarak kişisel bilgisayardan ağ üzerinde çalışmakta olan çok kullanıcı ve yüksek işlem

kapasiteli sunucu bilgisayarlarına kadar değişim göstermektedir. Bilgisayarlara bağlı olarak ayrıca yazıcı, tarayıcı, sayısallaştırmacı, ek veri toplama ve depolama üniteleri de donanım bileşenini oluşturmaktadır. Donanım bileşeni, tüm sistem içinde en önemli bileşen olarak kabul edilebilir. (Yomralıoğlu, 2000).

3.2.3 Yazılım Bileşeni

Yazılım bileşeni, coğrafi verilerin depolanması, analizi ve görüntülenmesi gibi fonksiyonları yürütmeye yarayan ve bilgisayar üzerinde çalıştırılan programlardan oluşur. Bunların çoğunluğu ticari uygulamalar olmakla birlikte, üniversitelerce eğitim ve araştırma amaçlı geliştirilmiş olanları da mevcuttur. Dünyada en yaygın olarak kullanılan yazılımlar olarak ArcGIS, MapInfo, GeoMedia, GRASS verilebilir.

Bir CBS yazılımında olması gereken temel unsurlar olarak şunlar sayılabilir: Coğrafi veri girişi ve işlemleri için gerekli araçları bulundurması, bir veritabanı yönetim sistemine sahip olması, konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemesi, ek donanımlarla yapılacak bağlantılar için ara yüz desteği bulundurması. (Yomralıoğlu, 2000).

3.2.4 Kullanıcı Bileşeni

Oluşturulan sistemlerin etkili bir biçimde işleyebilmesi için donanım bileşenlerinin kapasiteleri yeterli değildir. Bir CBS, kullanıcısının eğitim, tecrübe ve yeteneğiyle doğru oranda başarılı olabilir. Kullanıcılar, sistemleri tasarlayan, koruyan ve çalıştıran kişilerden oluşan geniş bir kitledir ve süreç, insanların istek ve beklentilerini diğer insanların karşılaması şeklinde işler.

Bir CBS kullanıcısı şu niteliklere sahip olmalıdır: Coğrafya, kartografya ve bilgisayar bilimleriyle ilgili bilgi sahibi olmak, CBS yazılımı kullanımında tecrübe sahibi olmak, kullanılan veriler hakkında eksiksiz bilgiye sahip olmak, mekânsal analizi yönetme yeteneğine sahip olmak. (Chou, 1997)

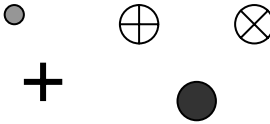
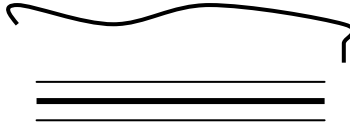
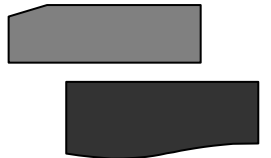
3.2.5 Yöntem/Analiz Bileşeni

Hedeflenen çıktıların elde edilebilmesi için izlenecek yöntemler ve gerçekleştirilecek analizler sistemin yapısına uygun olarak seçilmelidir. İdeal bir coğrafi bilgi sistemi, önceden tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işler. Birimler arasındaki bilgi akışının verimli bir biçimde sağlanabilmesi için gerekli yöntemlerin belirlenmiş

kurallar uyarınca uygulanıyor olması gerekmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri bilgilerin depolanması, erişilmesi ve görüntülenmesi için geliştirilmiş sistemlerdir ve veri kalitesi ve veride devamlılık sağlanması önemli noktalardır. Modellemenin oluşturulan veritabanına uygun bir biçimde yapılması, analiz ve yöntemler belirlenirken dikkate alınması gereken bir konudur (ESRI, 1998)

3.3 Coğrafi Veri Elemanları

CBS’de işlemlerin yürütülebilmesi için analizde kullanılacak coğrafi varlıkların bilgisayar ortamında matematiksel gösterimlere dönüştürülmesi gerekir. Grafik (nokta, çizgi, poligon) ve grafik olmayan (öznitelik bilgileri, tablosal dokümanlar) veriler olarak iki sınıfa ayrılarak bilgisayara aktarılan bu veriler arasında bağlantılar kurularak bilgisayarda gerçekleştirilecek analiz ve gösterimlere uygun hale getirilirler.

		
1) Nokta (Point)	2) Çizgi (line)	3) Poligon (poligon)
X_1, Y_1	$X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3$	$X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; X_1, Y_1$
Bir tek koordinat değeri (x,y) ile gösterilen, sıfır boyutlu, uzunluk ve alan bilgisi olmayan, ölçeğe bağlı büyüklüğe sahip coğrafi detaylardır.	Başlangıç ve bitiş noktaları bulunan, koordinatlar dizisinden oluşan, uzunluk bilgisi olup, alan bilgisi olmayan coğrafi detaylardır.	Başlangıç ve bitiş noktası aynı olan koordinat dizisinden oluşan, uzunluk ve alan bilgilerinin beraberce var olduğu kapalı ve dolu alanlı coğrafi detaylardır.
<i>Ağaç, kavşak, direk merkez, poligon noktası...</i>	<i>Yol, akarsu, su şebekesi, demiryolu, kıyı, kanal...</i>	<i>Bina, tarla, göl...</i>

Şekil 3.1: Coğrafi veri elemanları (Yomralıoğlu, 2000).

Grafik veriler, bir koordinat sistemini referans kabul ederek, uzayda koordinatlarla ifade edilir ve coğrafi elemanlarla ilgili şekil ve konum bilgisinin gösteriminde kullanılırlar. Grafik olmayan verilerse şekil ve konumlarıyla ifade edilmiş coğrafi elemanların grafik olarak gösterilemeyecek çeşitli özelliklerini (öznitelik)

vermektedir. Örneğin bir binanın köşelerinin koordinatları ve binanın şekli grafik olarak ifade edilebilirken, kat sayısı, oturma alanı, tipi, barınan kişi sayısı gibi grafik olarak ifade edilemeyen bilgiler öznitelik olarak depolanır.

Coğrafi verilerin harita üzerinde gösterimi sırasında oluşan karmaşık yapı göze alındığında, grafik verilerin sınıflandırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu sayede grafik veriler geometrik olarak tanımlanarak bilgisayarda saklanabilir bir hale getirilirler. Coğrafi veriler, *nokta*, *çizgi* ve *poligon* olmak üzere üç temel unsurdan meydana gelirler (Şekil 3.1).

Gerçek dünyadaki coğrafi varlıklara bakıldığında mutlaka bu üç veri elemanından bir tanesiyle temsil edilebildikleri görülmektedir. Örnek olarak: ağaç, aydınlatma direkleri, rögar kapakları, yerleşim merkezleri gibi detaylar nokta ile; Akarsu, yol, su hattı, gaz hattı, demiryolu gibi detaylar çizgi ile; Parsel, bina, orman, göl gibi detaylar da poligonla temsil edilirler.

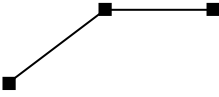
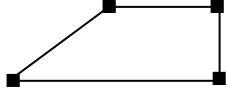
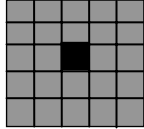
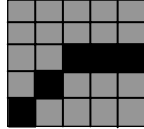
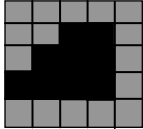
Bu yaklaşımla, varlıkların gösterimi basite indirgenmiş olur ve bir haritanın sadece nokta, çizgi ve poligonlardan oluşmuş olduğunu söylemek mümkündür. Konum bilgileri bir veya bir dizi koordinat olarak ifade edilirken, grafik olmayan bilgiler öznitelik verileri olarak ifade edilirler (Yomralıoğlu, 2000).

3.4 Coğrafi Veri Modelleri

CBS’de, takip eden aşama iki farklı yapıdaki veriler arasındaki bağlantıların kurulmasıyla, haritalar üzerinde sağlanan yorum özelliklerinin bilgisayar üzerinde de sağlanmasıdır. Bu iki yapı, raster ve vektör veri yapılarıdır. Coğrafi veri modellerinin yapıları, verinin elde ediliş biçimine göre değişiklik gösterir. Aynı şehir hakkındaki bilgilerin edinilmesinde bir haritanın sayısallaştırılması (vektör yapı) ile bir uydu görüntüsünden yararlanılması (raster yapı) yöntemleri arasında veri yapısı olarak farklılıklar bulunmaktadır. Her iki veri yapısı da farklıdır ve birbirleriyle karşılaştırıldığında avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Veri yapısının belirlenmesi, CBS’de verilmesi gereken en önemli kararlardan biridir. Pek çok CBS yazılımı hem vektör hem de raster veri yapısını desteklemektedir ve iki yapının bir arada kullanılabilmesi olanağını sunar.

3.4.1 Vektör Veri

Vektör veri modelinde temsil veri elemanlarının konumları nokta, çizgi ve poligonlarla gösterilir. Harita alanı, herhangi bir konumun yüksek doğrulukta belirlenebileceği sürekli bir koordinat düzlemi olarak kabul edilir. Bu nedenle, coğrafi verilerin bu şekilde gösterimine detaya dayalı gösterim adı verilmektedir. Nokta olarak temsil edilen coğrafi varlıklar tek bir koordinat çifti; Çizgi olarak gösterilecekler bir koordinat çiftleri serisi; Poligon olarak gösterilecekler de bir döngü oluşturacak şekilde aynı noktada başlayıp aynı noktada biten koordinat çiftleri serisi kullanılır (Şekil 3.2). Vektör verilerin depolanmasında iki temel anlayış bulunmaktadır. Bunlardan biri *spagetti veri yapısı*, diğeri de *topolojik veri yapısı* anlayışdır (Aronoff, 1989).

			Detay Türü		
			Nokta	Çizgi	Poligon
Veri Yapısı	Vektör	Gösteri			
		Depola	X_1, Y_1	X_1, Y_1, X_2, Y_2 X_3, Y_3	X_1, Y_1, X_2, Y_2 X_3, Y_3, X_4, Y_4
	Raster (Tarama)	Gösteri			
		Depola	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0

Şekil 3.2: Coğrafi Veri Modelleri (Yomralıoğlu, 2000)

3.4.1.1 - Spagetti Veri Yapısı

Bu veri yapısında coğrafi veriler basılı haritadan çizgiler halinde koordinat çifti serilerine aktarılır. Alanlar poligonlarla gösterilir ve komşu poligonların ortak sınırları iki kez çizilmek durumundadır. Detayların çakışması veya komşu olması durumunda ortak kenar veya noktalar her detay için tekrarlanarak depolanır. Kayıt sırasında coğrafi varlıkların yapısı aynen korunur, fakat veri elemanlarındaki süreklilik birbirlerinden bağımsız olarak düşünülür ve elemanlar arasında herhangi

bir ilişki tanımlanmaz. Örneğin, iki yolun kesişim noktaları göz ardı edilerek iki yolun da kesintiye uğramaksızın devam ettiği kabul edilir. Ya da bir poligonun komşuluğu olduğu diğer poligonlar kaydedilmediği için komşuluk analizini doğrudan yapmak mümkün olmamaktadır.

Spagetti veri yapısı mekânsal analiz türlerinin çoğu için uygun kabul edilmemektedir, çünkü herhangi bir mekânsal analiz hesaplardan türetilmek zorundadır. Harita kopyalama veya basım işlemlerinde ise elemanlar arasındaki ilişkilere ihtiyaç olmadığı için kullanışlı kabul edilebilir (Aronoff, 1989). Spagetti veri yapısının sebep olabileceği hatalar şunlardır:

- Çizgi detayların kesişim noktalarında kopukluklar ve taşmalar olabilir
- Alan detaylar tam olarak kapanmayabilir
- Alan detaylar üst üste binebilir veya aralarında boşluklar olabilir
- Detayların çakışma yerleri belli değildir
- Komşuluk ilişkileri belli değildir
- Yön belli değildir
- Navigasyon olanağı yoktur. (Erden, 2001)

3.4.1.2 - Topolojik Veri Yapısı

Topolojik yapıda spagetti yapıya ek olarak detaylar arası komşuluk, yön, çakışma, kesişme, bağlantı gibi mekânsal ilişkiler bulunmaktadır. Komşu durumundaki, çakışan veya kesişen detayların ortak nokta ve kenarları bir kez depolandığı için, spagetti yapısında karşılaşılan binme, boşluk, kopukluk, taşma gibi geometrik hatalar elimine edilmiş olur. Topolojik yapıda noktalar düğüm, çizgi detaylar düğüm serileri, alanlar da kenarlardan oluşmuş poligonlar olarak tanımlanır.

3.4.2 Raster Veri

Raster, coğrafi verilerin bir matris gibi satır ve sütunlar meydana getirecek şekilde dizili hücrelerle temsil edildiği bir yapıdır. Her satır ve sütun kesişimine karesel bir görüntü elemanı (piksel) denk düşmektedir. Örneğin, bir paftanın kapladığı alan, raster veri yapısında $N \times M$ boyutunda bir grid ağından oluşur. Bu ağ içinde yer alan her bir hücre, ayırt edilebilen en küçük coğrafi varlığı gösterir. Hücre boyutundan küçük olan varlıklar raster veri yapısında görüntülenemezler. Bu açıdan raster veri, vektör verinin sağladığı detay seviyesini sağlayamaz. Vektör yapı daha çok harita

üzerindeki özelliklerin çizgisel gösterimi şeklinde olurken, raster yapı aynı coğrafi özelliklerin çekilmiş bir fotoğrafı gibidir. Nokta detaylar tek bir piksel ile; Çizgi detaylar hat boyunca çizginin içinden geçtiği piksellerle; Poligon detaylar da poligonun içine denk düştüğü piksellerle temsil edilirler (Şekil 3.2) (Burrough, 1986). Matris kodlama, zincir kodlama, satır boyu kodlama, blok kodlama ve dörtlü ağaç kodlama olmak üzere beş çeşit raster veri depolama yöntemi bulunmaktadır.

3.4.3 Raster Ve Vektör Verilerin Karşılaştırması

Raster veri, kullanıcıya basit veri yapısı ve analiz kolaylığı sunmaktadır. Uydu görüntüleriyle haritaların kombinasyonunu sağlar ve konumsal analizlerin gerçekleştirilmesi kolaylığı vardır. Piksellerin standart boyutları sebebiyle simülasyon işlemleri daha kolay yapılmaktadır ve basit veri yapısı sebebiyle yüksek maliyet gerektirmez.

Raster verinin dezavantajları olarak da: Grafik verilerin geniş hacimler gerektirmeleri, piksel boyunun büyütülmesi sonucunda önemli derecede bilgi kaybı oluşması, raster haritaların vektör haritalara oranla daha kötü görünmesi ve ağ yapılandırması ve elemanlar arası bağlantılar oluşturmanın güç olması sayılabilir.

Vektör veri ise, gerçek durumun veri yapısına doğrudan yansımaya imkân vermekte ve bütünlük arz eden bir veri yapısı sunmaktadır. Topolojik yapı, ağ bağlantıları şeklinde açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilebilmektedir. Grafik ve grafik olmayan veriye ulaşma, güncelleme ve genelleme mümkündür ve grafik gösterim ölçeğe bağlı doğruluğa sahiptir.

Vektör verinin dezavantajları arasında veri yapısındaki karmaşıklık gösterilebilir. Ayrıca pek çok şeklin üst üste binmesi karışıklığa yol açabilmektedir. Her bir coğrafi varlığın farklı topolojik yapılara sahip olması nedeniyle simülasyon işlemi zordur. Yüksek kalite ve renkli görüntüleme/çıkartma işlemleri yüksek maliyet gerektirir ve çok yönlü yazılım ve donanımlara olan ihtiyaç pahalı teknolojik ürünleri gerektirir. (Yomralıoğlu, 2000)

3.5 Veritabanları

Veritabanı, birbirleriyle ilişkilendirilmiş veri elemanlarının aynı yapı içerisinde yönetimini sağlayan bir birimdir. Bu, genel bir tanımdır çünkü piyasadaki veritabanı

yazılımlarının her birinin işleyişi değişiklik göstermektedir. Örneğin Microsoft Access tüm veritabanını tek bir veri dosyasına kaydederken Microsoft SQLServer ve Sybase veritabanını ortak bir kullanıcıya ait bir veri elemanları grubu olarak görmektedir (Oppel, 2004). Veritabanı kullanımının temel amacı, önceden ayrıık olan durum ve olaylar arasındaki ilişkilerin tanımlanmasıdır. Tek kullanıcıli veya küçük ölçekli bir CBS’de veriye erişim doğrudan yapılır. Daha büyük ve karmaşık verilerin bulunduğu çok kullanıcıli ve daha büyük sistemlerde ise erişim bir veritabanı yönetim sistemi aracılığıyla dolaylı yoldan sağlanır.

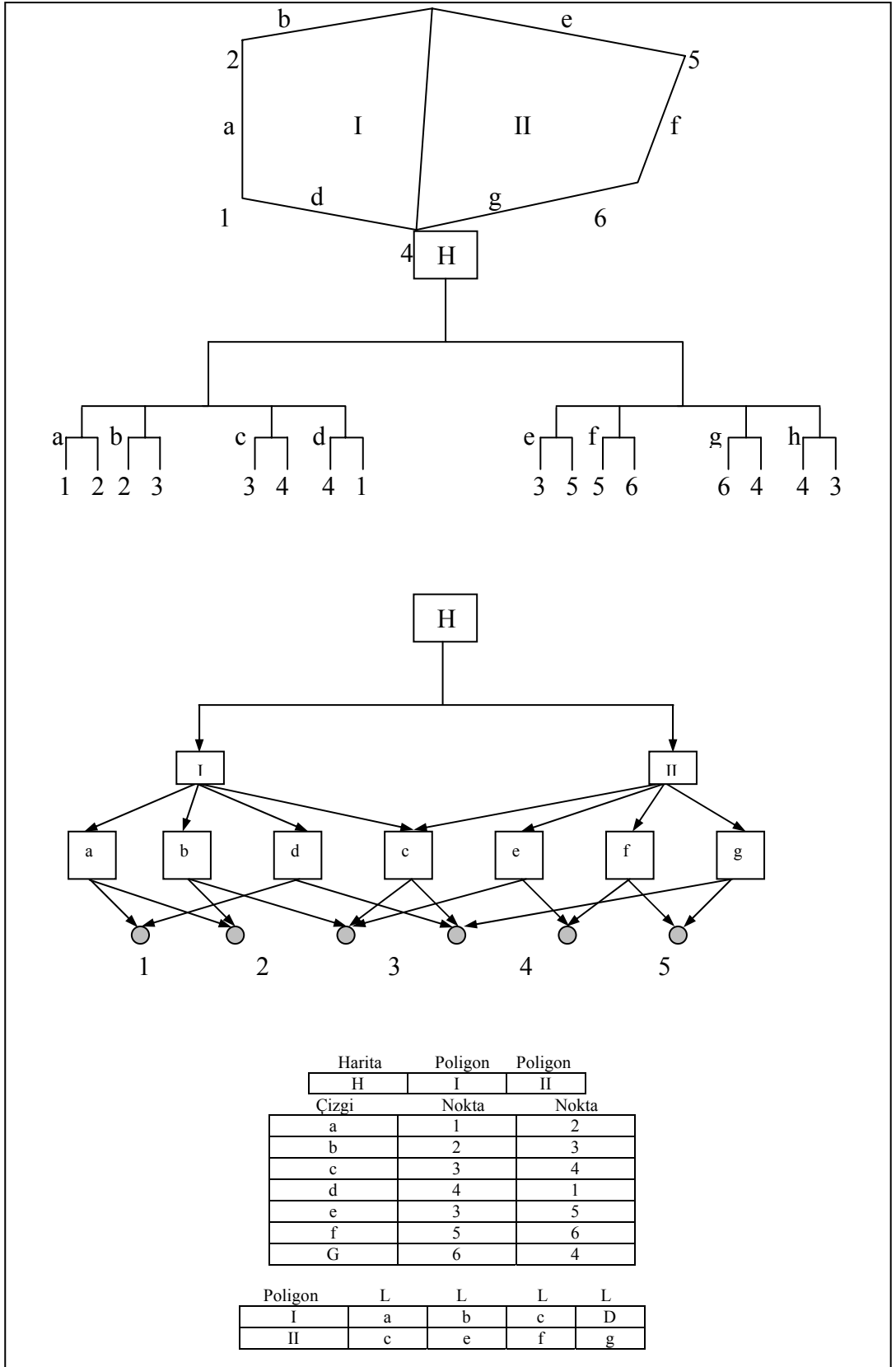
Veritabanı Yönetim Sistemleri, bir veritabanı yaratmak ve üzerinde işlemler gerçekleştirmek olanağı sağlayan bir yazılım ya da programlar topluluğudur. Bu nedenle, veritabanı yönetim sistemi (VTYS), çeşitli uygulamalar için veritabanlarını tanımlama, yaratma ve veritabanlarının üzerinde işlem yapma yeteneğı olan genel amaçlı bir yazılım sistemidir. Veritabanının tanımlanması denildiğinde veritabanlarını oluşturan verilerin tip ve uzunluklarının belirlenmesi anlaşılır. Veritabanının yaratılması kavramı ise, veritabanı yönetim sistemi kontrolü altında, bir depolama ortamına verilerin yüklenmesini anlatır. Bir veritabanı üzerinde işlem yapma kavramı ise; belirli bir verinin sorgulanması, veriler üzerinde meydana gelen değişiklikleri yansıtmak üzere veritabanını güncellenmesi ve verilerden rapor üretilmesi gibi eylemlerin gerçekleştirilmesidir (Yomralıoğlu, 2000).

VTYS kullanmanın getireceğı avantajlar olarak şunlar sayılabilir: VTYS kullanıcıya merkezi kontrol sağlar, verilerin etkin paylaşımını mümkün kılar, uygulama bağımsızlığı sağlar, yeni veritabanı uygulamalarının eklenmesini kolaylaştırır, çok kullanıcıli sistemlerde verinin kapladığı alanın ve veri tekrarlarının azalmasını sağlar ve birden fazla kullanıcının aynı anda çalışmasına olanak verir.

VTYS’nin dezavantajları olarak da yazılım ve gerekli donanımın yüksek maliyeti, dosya sistemine kıyasla artan karmaşıklık ve yedekleme yapılmadığı takdirde veri kaybı riski gösterilebilir (Aronoff, 1989).

3.5.1 Hiyerarşik Veri Modeli

Hiyerarşik model, veritabanı sisteminin yerini aldığı dosya sisteminden türemiştir. Kayıtlar bir organizasyon şemasındaki gibi hiyerarşik bir bağlantıya sahiptirler (Şekil.3.3). Kayıtlar arasındaki ilişkiler ebeveyn-çocuk ilişkisinde olduğu şekilde tek yönlü bire çok şeklinde düzenlenmektedir. Bu düzenlemede her ebeveyn birden fazla



Şekil 3.3: Hiyerarşik, ağ ve ilişkisel veritabanı modelleri (Yomralıoğlu, 2000)

çocuğa sahip olabilirken her çocuk için tek bir ebeveyn tanımlıdır. Her çocuk da kendi çocuklarıyla ebeveyn ilişkisi içindedir (Oppel, 2004). Bir veriden bir başka veriye ulaşabilmek için ortak ebeveyne kadar ulaşılması gereklidir. Yani, veriye doğrudan erişim mümkün değildir ve veriler arasında hiyerarşik bir ilişki kuruludur. Hiyerarşi kurulurken CBS’de kullanılacak olası sorgulamalar göz önüne alınarak bir hiyerarşik ilişki kurulur. Fakat yeni sorgulamalar için hiyerarşik yapının değiştirilmesinin zorluğu, bu yapının coğrafi verilerin depolanması için uygun bir yapı olmadığını göstermektedir (Erden, 2001).

3.5.2 Ağ Veri Modeli

Ağ modeli hiyerarşik modelle hemen hemen aynı dönemlerde oluşturulmuştur. Veriler hiyerarşik yapıda olduğu gibi organize edilir ve ağ modeli hiyerarşik modelin geliştirilmişidir (Şekil 3.3). Ağ modelinde her ilişkinin bir adı vardır ve tablolar arasındaki bağlantılar belirli ilişkilerin çağırılmasıyla kurulabilir. İlişkiler bire çok yerine çoğa çok olarak tanımlıdır. Bu yolla, hiyerarşik modelde görülen, bir veriden diğer veriye ulaşım için ortak ebeveyne kadar çıkma gerekliliği ortadan kalkmakta ve işlem sürelerinde azalma sağlanmaktadır. Ancak veritabanının genişletilmesi karmaşık bir durum oluşturduğu için çok kullanışlı görülmemektedir. Modelin karmaşıklığı ve yönetim ve bakımı için gerekli teknik eleman sayısının yüksekliği de coğrafi veri yönetiminde kullanışlı olmamasının bir diğer nedeni olarak gösterilebilir (Oppel, 2004).

3.5.3 İlişkisel Veri Modeli

Hiyerarşik ve ağ modellerinin ortak bir eksiklikleri bulunmaktadır: Esneklik. Veriler arasındaki bağlantılar önceden tanımlanmış olduğu için analizler aynı tanımlı rotaları izlemek zorunda kalmaktadırlar. İlişkisel veri modelinin önceki modellerden temel farklılığı, tanımlanmış bağlantıların sonuca giden yolları kısıtladığı kabulüdür. Kullanıcı, veritabanının oluşturulması sırasında her olası ilişkiyi öngöremeyebilir. İlişkisel veritabanının getirdiği kolaylık ilişkilerin veri girişi sırasında değil, ihtiyaç duyulduğu zamanlarda tanımlanabilmesidir. Veri, iki boyutlu tablolar olarak sunulur ve model tablolar arasında birleştirme gibi işlemler yapmaya olanak vermektedir (Şekil 3.3). Her tabloda en az bir anahtar alan bulunmakta ve veriye erişim bu anahtarlar sayesinde sağlanmaktadır. Tablolar arasındaki ortak alanlar farklı tabloların birbiriyle ilişkilendirilmesine yaramaktadır. İlişkisel modelin görece

basitliği ve öğrenim kolaylığı geniş çapta kabul görmesinin temel nedenlerinden biridir (Oppel, 2004).

İlişkisel modelin hiyerarşik ve ağ veri modellerine göre avantajları şunlardır: Daha esnek bir yapı sunması, sağlam bir matematiksel temele dayanıyor olması, anlaşılır olması ve gereksiz veri tekrarının engellenmesi.

İlişkisel modelin ana dezavantajları ise: Oluşturulma aşamasının zorluğu ve daha yüksek performanslı sistemlere gereksinim duyması olarak sayılabilir (Aronoff, 1989).

3.5.4 Nesne Yönelimli Veri Modeli

Nesne yönelimli veri tabanı modeli, nesne yönelimli programlama dillerinin (C++, C#, Java, vb.) imkânlarıyla veritabanı sistemlerinin sunduğu imkânların ikisini de kullanabilen bir modeldir. Bu modelde varlıklar programlama dilinin objeleri olarak bulunurlar. Nesne yönelimli model, düşük maliyet ve yüksek performans sunarken, farklı programlama dillerinin bir arada kullanılmasına da olanak verebilirler (<http://www.service-architecture.com/object-oriented-databases/>). Nesne yönelimli model, hiyerarşik ve ağ modellerinin hızlandırılmış bir kombinasyonu şeklinde, gerçek varlıkların etrafındaki verilerle daha esnek bir yapıda ilişkilendirilmesini organize eder. İlişkisel modelde her varlık bir kayıtla ifade edilir ve öznelilikler arasındaki mantıksal ilişkiler açıklanırken, nesne yönelimli modelde veri, doğal yapıya göre benzer olguya sahip gruplar halinde organize edilmiş bağımsız objelerin bir serisi şeklinde tanımlanır. Bu durumda, veriler sadece bir kez veri tabanında bulunur ve veriye gösterge ile erişim arttığı gibi komutların veritabanı içerisinde tüm yönlerle geçişi de esnektir. Günümüzde, çok sayıda nesne yönelimli veri tabanı olmaması ve CBS fonksiyonlarının yeterince desteklenmemesi, nesne yönelimli yaklaşımın CBS uygulamalarında yaygın düzeyde kullanılmamasının nedenlerinden biridir (Yomralıoğlu, 2000).

4 AFET YÖNETİMİNDE CBS UYGULAMASI ÖRNEĞİ: HAZUS-MH

4.1 Genel Yapı:

FEMA(Federal Emergency Management Agency) ve NIBS (National Institute of Building Sciences) işbirliğiyle geliştirilen *Hazard U.S. Multi Hazard* (HAZUS-MH), Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ulusal düzeyde uygulanabilen, standartlaşmış bir metodolojiye sahip olan ve deprem, sel ve kasırgalar sonucu oluşabilecek olası kayıpları hesaplamaya yarayan modeller içermekte olan, ArcGIS üzerinde çalışan bir yazılımdır. HAZUS-MH, bu özellikleriyle, CBS üzerinde hazırlanmış bir afet yönetimi uygulaması örneğidir.

HAZUS-MH'in geliştirilmesi aşamasında NIBS, rüzgâr, deprem ve sel konusunda komiteler oluşturma ve teknik altyapı hazırlanması için yazılım uzmanları sağlama görevlerini üstlenmiş durumdadır. HAZUS-MH tarafından üretilen hasar tahminleri günümüz bilim ve mühendislik teknolojilerinden faydalanarak kasırğa, sel ve depremler için üretilmektedir.

Veri toplama ve girişi için üç farklı veri giriş aracı hazırlanmış durumdadır. InCAST (Inventory Collection Tool), kullanıcıların yerel ölçekteki yapısal verileri toplayıp HAZUS'la birlikte kullanıcıya sunulan ülke ölçeğindeki genel veri kümelerini güncellemesini ve daha yüksek detaylı analizler gerçekleştirmesini mümkün kılmaktadır. BIT (Building Inventory Tool) ise kullanıcıların özellikle büyük ölçekli bina verisi girmek için kullanabilecekleri başka bir araçtır. Son olarak FIT (Flood Information Tool) kullanıcıların sel verileri üzerinde HAZUS standartları dâhilinde değişiklik yapmalarına imkân veren bir araçtır. Bu üç araç da HAZUS-MH DVD'si içerisinde kullanıcılara sunulmaktadır. (<http://www.fema.gov>)

4.2 HAZUS-MH Afet Modelleri

HAZUS-MH Deprem Modeli, kullanıcı tarafından girilen olası depremler senaryoları için bina, ulaşım, altyapı ve nüfus temelli bir hasar ve kayıp analizi

gerçekleştirmektedir. Model ayrıca deprem sonrası enkaz miktarı, olası yangınlar, ölü/yaralı miktarı ve barınak ihtiyaçlarını da kullanıcıya sunmaktadır. Deprem modeli ayrıca bina bazında inceleme yapma imkânı sunan “Advanced Engineering Building Module” isimli bir araç da sunmaktadır. HAZUS-MH içinde bu aracın yanı sıra 2002 yılında hazırlanmış ulusal afet haritaları, Project’02 azalım fonksiyonları, 5 ve daha büyük magnitüde sahip geçmiş depremler de bulunmaktadır.

HAZUS-MH Kasırga Rüzgâr Modeli, tüm A.B.D. kıyı şeridi ve Hawaii’de yaşanabilecek kasırgalar için hasar ve kayıp analizi yapmaya imkân verecek şekilde konut, sanayi ve devlet binaları veritabanı sunmaktadır. Model ayrıca ekonomik kayıp, fırtına sonrası barınak ihtiyacı ve enkaz durumu da hesaplamaktadır. Gelecekte modelin, daha geniş bir bölgeyi de kapsamak üzere, dolaylı ekonomik zarar, can kaybı, ulaşım ve temel hizmet sistemlerindeki hasarlar ve çevreye olan etkileri de hesaplaması planlanmaktadır.

HAZUS-MH Sel Modeli, akarsu boyları ve kıyı şeritleri için sel simülasyonu yapabilmektedir. Her türlü yapı, hayatsal öneme sahip hizmetler, ulaşım sistemleri, ulaşım araçları ve ekinler için hasar analizi yapabilmektedir. Model, enkaz durumu ve barınak ihtiyaçları da vermektedir.

Ek olarak, HAZUS-MH, birden fazla modeli birden çalıştırarak çoklu afet analizi de yapabilmektedir. Ayrıca üçüncü kişiler tarafından hazırlanmış farklı modellerin (nükleer patlama, radyoaktif serpinti, kimyasal/biyolojik silahlar, vb.) çalışmasına da olanak sunmaktadır. (<http://www.fema.gov>)

4.3 HAZUS-MH Deprem Modeli

Deprem sonrasına yönelik hasar tahminleri, günümüz bilimsel ve mühendislik bilgilerine dayalı, deprem etkisiyle oluşabilecek insani ve ekonomik hasar ve zararların öngörüsüdürler.

FEMA tarafından sunulan HAZUS deprem hasar tahmin metodolojisi, yapı stoku, yerel jeoloji, ekonomik veriler hakkında bilgi ve matematiksel formüller içeren bir yazılım programıdır. Yer hareketleri, yapısal hasar ve nüfus bilgilerinin gösterimi için ArcGIS yazılımı kullanılmaktadır. Varsayılan depremin konumu ve büyüklüğü tanımlandıktan sonra sistem yersel hareketler, hasar gören bina sayısı, ölü ve yaralı sayısı, ulaşım sistemlerindeki hasar, su ve elektrik şebekelerindeki hasar, evsiz kalan

insan sayısı ve oluşacak hasarın giderilmesi için gerekecek maddi kaynakları belirlemektedir.

Gelecekte olabilecek depremler için hasar ve kayıp tahminleri yürütmek devletin yerel, bölgesel ve ülke düzeyinde afete hazırlıklı olması ve etkin müdahale planları oluşturması konusunda büyük önem taşımaktadır. HAZUS tarafından yapılan bir deprem kayıp tahmini yaşamsal önem taşıyan şu kararların alınmasında yardımcı olacak çıktılar içermektedir:

- * Arazi kullanım planları ve bölgelendirmeler (ör: Olası bir depremin yersel kuvvet dağılım haritasına bakarak yerel halkın depremden en çok zarar gördüğü bölgeleri ve risk altındaki binaların tespiti).

- * Bina güçlendirme, restorasyon ve yıkım çalışmalarının planlaması, öncelikli binaların belirlenmesi.

- * Yerel, bölgesel, eyalet ölçeğinde veya ülke ölçeğinde acil müdahale planları hazırlanması.

- * Sağlık yardım ihtiyaçlarının öngörülmesi ve tahmini yaralı ve evsiz sayısı üzerinden müdahale planları oluşturulması.

- * Afetzedeler için maddi yardım planlaması.

HAZUS, deprem öncesinde yaşanabilecek olası kayıpların önüne geçilmesi ve iyileştirme çalışmalarının yürütülmesi için kullanılabilmektedir. Kayıp tahminleri özel ve devlet sektörüne planlama, bölgeleme, yapı standartları geliştirme ve kayıpların önüne geçmeyi amaçlayan tedbirleri alma konusunda yardımcı olmaktadır. Bu analizler aynı zamanda tehlike altındaki yapıların güçlendirmesinde izlenebilecek alternatif yöntemlerin karşılaştırmasında da kullanılabilmektedirler.

HAZUS çıktıları, yine deprem öncesi hazırlıklı olma aşamasında da kullanılmaktadır. Beklenen bir depreme karşı hazırlıklı olma bilinci, beklenen depremin yaratacağı etki ve vereceği hasar görüldüğü zaman daha etkin olarak oluşur. Çıktılardaki tahminler, müdahale planları hazırlanırken ve müdahale kaynaklarının kapasiteleri belirlenirken afet yöneticisine yol göstermektedir.

Deprem sonrasında ise, hasar ve kayıp sayısının hemen elde edilmesiyle müdahale çalışmalarının erken başlaması ve yaralılara geç müdahale veya ikincil hasarlar yüzünden meydana gelen can kayıplarının azalması sağlanmaktadır. HAZUS, yıkıcı

bir depremin hemen ardından afet yöneticilerinin hasar, enkaz ve can kaybının yoğun olduğu bölgeleri belirlemesine yardımcı olarak depremden en çok etkilenen bölgelere acil yardım ekiplerinin en kısa sürede ulaşmasını sağlamaktadır.

İnsani yardım ve müdahale kuruluşları HAZUS'u kullanarak oluşacak hasarın tahmini üzerinden kendi yardım bütçelerini belirleyebilirler. Yerel, bölgesel ve merkezi yöneticiler de bölge dışından istenecek kendi idari birimlerinin kapasitesini aşan yardım miktarını belirlerken HAZUS çıktılarından faydalanabilirler.

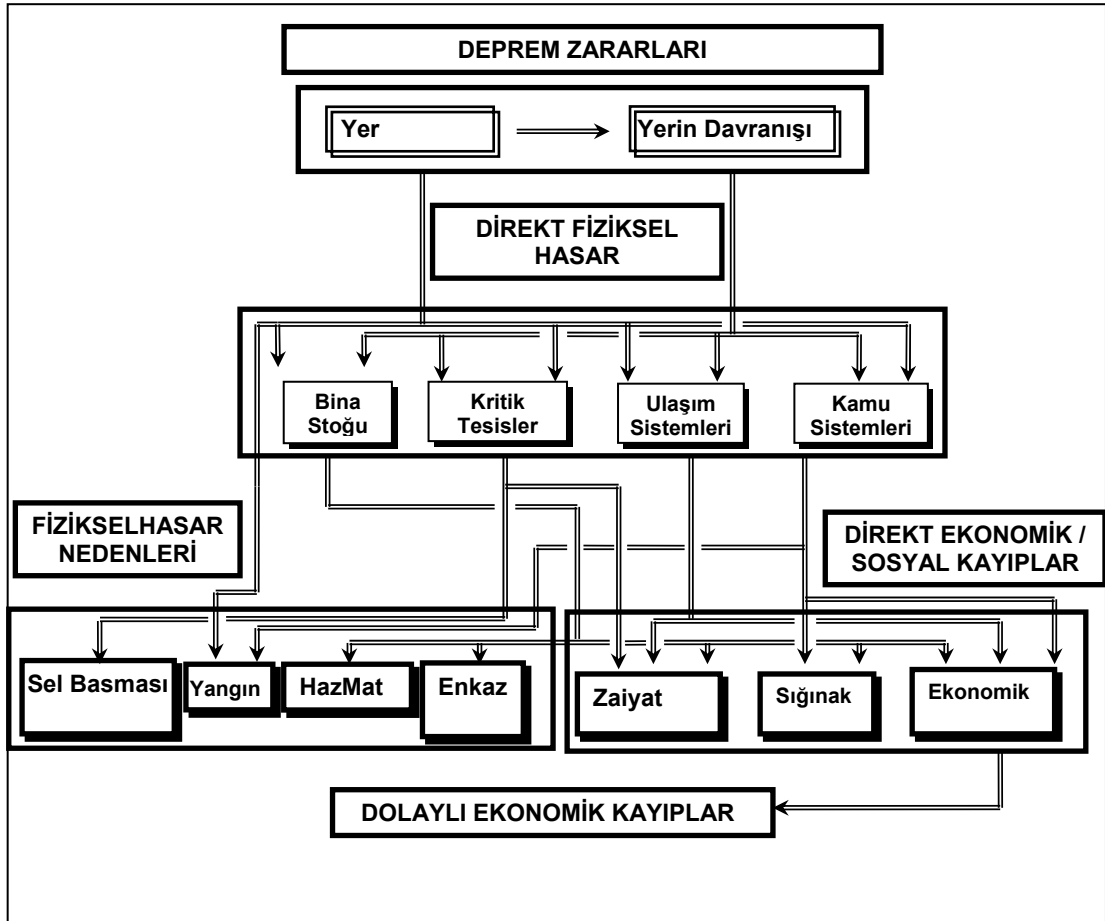
HAZUS'un veri gereksinimi, yapılacak olan analizin detayına, yerel veya bölgesel verilerin varlığına ve hasar analizi için ayrılmış bütçeye bağlıdır. HAZUS-MH Deprem Modeli, 3 detay seviyesinde analiz yapmaya imkân vermektedir. Birinci seviye analiz, HAZUS yazılımıyla birlikte gelen verilerin kullanımıyla gerçekleştirilen genel bir analizdir. Jeoloji, yapı stoku ve ekonomik veriler detaylı olmayıp, bölgenin özelliklerini genel kapsamda yansıtmakta olan ulusal ölçekteki verilerdir. Tahminlerde ulaşılan sonuçların daha yüksek doğrulukta olabilmesi için kullanılan verilerin de daha yüksek detay içermesi gerekmektedir. İkinci seviye analiz gerçekleştirebilmek için de yerel veya bölgesel jeoloji, yapı stoku ve bölge ulaşım ağları hakkında daha detaylı veriler sağlanmalıdır. İkinci seviye analiz gerçekleştirilirken yapı ve jeoteknik uzmanlarının yardımından faydalanılmalıdır. Üçüncü seviye analiz de yerel verilere bölge için yapılmış zemin etütleri ve yapısal analizlerden elde edilen bölgeye özel verinin de eklenmesi ve kullanıcının hasar analiz metodolojisini kendi ihtiyaçları doğrultusunda uyarlayabildiği, yüksek detayda çalışan, bina bazında analizin mümkün olduğu bir durumdur. Birinci ve ikinci seviye analizler yerel yönetim birimlerinin afet yönetim ve planlama uzmanlarınca gerçekleştirilebilirken, üçüncü seviye analiz araştırma kurumlarınca, yapı ve jeoteknik alanındaki uzmanlar tarafından gerçekleştirilebilir. (<http://www.fema.gov>)

4.4 HAZUS-MH Deprem Modeli Analiz Prosedürü

HAZUS, ArcGIS CBS yazılımı üzerinde çalışmakta olup, deprem hasarlarını hesaplamak, haritalamak ve görüntülemek üzere bir dizi bilimsel algoritma kullanmaktadır. Varsayılan depremin konumu ve büyüklüğü tanımlandıktan sonra sistem yersel hareketler, hasar gören bina sayısı, ölü ve yaralı sayısı, ulaşım sistemlerindeki hasar, su ve elektrik şebekelerindeki hasar, evsiz kalan insan sayısı ve oluşacak hasarın giderilmesi için gereken maddi kaynakları bir dizi

matematiksel formüller kullanarak belirlemektedir. Bu formüller deprem büyüklüğü, yersel kuvvetler, yapısal hasarlar, onarım masrafları ve doğrudan olmayan ekonomik etki arasındaki ilişkileri tanımlar. HAZUS, kullanıcının varsayılan depremin konum ve büyüklüğünü değiştirerek toplumu bekleyen tehlikelerin boyutlarını ortaya koymasına ve potansiyel tehlikelerin karşılaştırmalı olarak incelenmesine yardımcı olur.

HAZUS-MH Deprem Modeli'ni oluşturan modüller Şekil 4.1'de görülmektedir. Bu çalışmada güdülen amaç ise, Türkiye için oluşturulacak olan HAZTUK yazılımında kullanılmak üzere yersel veriler yardımıyla yerin davranışını modelleyecek olan ilk modülün oluşturulmasıdır. (<http://www.fema.gov>)



Şekil 4.1: HAZUS-MH Deprem Modeli (FEMA)

HAZUS analizi, üç temel adımdan oluşmaktadır: ilgi alanının belirlenmesi, afetin tanımlanması, hasar ve kayıp analizi yürütülmesi.

İlgi alanının belirlenmesi için bir sihirbaz kullanıcıyı şu adımlar boyunca yönlendirmektedir:

- 1- İlgi alanının adı ve tanımı.
- 2- Kümeleme seviyesinin belirlenmesi (Nüfus bölgeleri: kasaba, ilçe, şehir, vb. Seviyesinde analiz).
- 3- Altı veri DVD'si içerisinde ilgi alanıyla ilgili verileri içeren DVD'nin sürülmesi.
- 4- DVD'deki verinin kullanıcının verdiği isimle bilgisayara kaydedilmesi.
- 5- Envanter menüsü kullanılarak ilgi alanı verilerine göz atılması, varsa gerekli eklentilerin yapılması.

İlgi alanının ArcGIS'de açılmasının ardından afetin tanımlanması için kullanıcı şu adımları izler:

- 1- Menüdeki "Hazard" tuşunu kullanarak afetin tanımlanması için gereken fonksiyonlara erişim.
- 2- Afet tipi (tarihi, kaynaktan alınma, rasgele, olasılıklı veya kullanıcı tanımlı) seçimi.
- 3- Fay tipi ve azalım ilişkisi seçimi.
- 4- Merkez üssü konumunun tanımlanması.
- 5- Depreme bir isim verilmesi.

Analizin son aşamasında ise şu adımlar izlenerek hasar ve kayıp analizi gerçekleştirilir:

- 1- Hesaplamaların yapılması için menüden "Analysis" tuşu kullanılır.
- 2- Parametreler belirlenir.
- 3- Analiz seçenekleri belirlenir ve analiz modülü çalıştırılır.
- 4- Menüde bulunan "Results" tuşu kullanılarak her bir modülün çalışması sonucu oluşan sonuç raporlarına ulaşılır.
- 5- Sonuç raporunun çıktısı alınır ve sonuçlar harita üzerinde gösterilir. (Schneider ve Schauer, 2005a)

4.5 HAZUS-MH Deprem Modelindeki Kısıtlamalar

Yeterli veri kalitesi sağlansa ve analizler sorunsuz olarak yürümüş olsa bile jeolojik ve yapısal belirsizlikleri gidermek mümkün olmadığı için çıkan sonuçlar kesinlik taşımamaktadır. Güncel yapı stokları ve doğru zemin haritaları kullanıldığında makul sonuçlar elde edilmesine rağmen; Farklı derecelerde hasar görmüş binaların ve köprülerin sayılarının hesaplanması gibi daha detaylı sonuçlar elde edilmek istendiğinde programın standart verilerinin kullanımı yüksek doğruluklu sonuçlar sunamamaktadır. Bölgesel ve daha genel sonuçlar alınmak istenen çalışmalarda ise tüm bölgeler için sabit bir zemin sınıfı kabul edilmesi kabul edilebilir sonuçlar sunmaktadır.

Bina bazında gerçekleştirilecek analizlerde elde edilen sonuçlar, benzer yapı ve sınıftaki binaları temsil eden ortalama değerler olarak kabul edilmektedir. Fakat sıklıkla görülmektedir ki: Benzer binalar deprem sırasında birbirlerinden tamamen farklı davranışlar sergileyebilmekte ve farklı derecelerde hasara maruz kalabilmektedirler. Yeraltında bulunan dağıtım şebekelerinin bir kısmı da varsayımlar oluşturularak girildikleri için kimi bölgelerde eksik ve basitleştirilmiş olabilmektedir. Bu durum da yeraltı şebekelerinde gerçekte, HAZUS tarafından hesaplanandan olasılıkla daha fazla hasar meydana gelmesine sebep olmaktadır.

Yıkıcı olmayan orta ve düşük şiddetteki depremler ($M_w < 6,0$) için yoğun yerleşim merkezlerini kapsayacak şekilde yapılan analizler gerçek değerlerden çok daha fazla hasar öngörmektedir. Ayrıca hazırlanan fay harita ve modelleri yaklaşık olarak oluşturulduğu için, HAZUS tarafından kırıldığı varsayılan fay segmenti, gerçekte kırılan segmenti tam olarak temsil etmeyebilmektedir.

Doğu A.B.D.'deki yer hareketlerinin büyük belirsizlikler göstermesi ve yapı tasarımında ve HAZUS Deprem Modeli'nde kullanılan azalım ilişkilerinin tutucu bir yapıda olması nedeniyle program tarafından hem senaryo bazlı hem de olasılıklı analizlerde elde edilen hasar ve kayıp tahminleri gerçekte oluşan değerlerle karşılaştırıldığında abartılı olabilmektedir.

SQL Server MSDE, veritabanı başına 2GB'lık dosya boyutu sınırı getirdiği için, seçilen ölçekte (mahalle, ilçe, semt, vb.) en fazla 2000 nüfus bölgesi için analiz yürütülebilmektedir. Yaklaşık 2GB veya daha fazla büyüklüğe sahip verilerle çalışmak için Microsoft SQL Server 2000 yazılımının satın alınması gerekmektedir.

2000 nüfus bölgesi için analiz yürütülse bile bu analizin süresi standart bilgisayarlarda yaklaşık iki saati bulabilmektedir ve bilgisayarın sanal bellek miktarının 1024MB'tan 2048MB'a yükseltilmesi gerekmektedir. (Schneider ve Schauer, 2005a)

5 TÜRKİYE İÇİN HASAR ANALİZ UYGULAMASI GELİşTİRİLMESİ (HAZTURK)

5.1 Genel Bakış

İT ve ABD’li uzmanların işbirliğiyle geliştirilmesi planlanan HAZTURK, afetler karşısında hazırlıklı ve güven içinde bir toplum oluşması amacıyla afet risk yönetimi, proje planlama, yardım programları ve mevcut altyapının iyileştirilmesi alanlarında kullanılacak bir program olacaktır. Geliştirilecek araçlar, NIBS ve FEMA ortak çalışması sonucu ortaya ıkmiş olan HAZUS’u temel alacaktır ve proje aşamasında işbirliğinde bulunacak katılımcıların ihtiyaçlarına göre şekillenecektir. Sonuç olarak da afet sonrası müdahale ve iyileştirme, afet öncesi de hazırlıklı olma ve zarar azaltma evrelerinde yürütülecek farklı çalışmalara elverişli bir araç oluşacaktır.

Etkin risk değerlendirmesi ve veri paylaşımı gerçekleştirebilmek için bilgisayar tabanlı risk analizi, sismik afet planlaması ve Türkiye’ye özel şu özelliklere sahip araçlar gerekmektedir:

- Tehlikelerin yeri ve büyüklüğünün tahmini;
- Olası hasar ve kayıpların hesaplanması;
- Müdahale ve iyileştirme için lojistik destek sağlanması;
- Alt ve üst yapı hasarlarının en aza indirgenmesi;
- Birden çok kaynaktan veri toplanması;
- Veri paylaşımı sağlanması;
- Diğer afet yönetim araçlarıyla koordinasyon sağlanabilmesi;
- Yazılım ve donanım gereksinimlerinin düşük olması.

Analiz aracının içinde oluşturulacak veritabanları nüfus, bina stoku, yaşamsal önem taşıyan tesisler, ulaşım, kamu hizmetleri bilgilerini içerecektir ve gerektiğinde genişlemeye olanak verecektir. Müdahale ve iyileştirme çalışmalarının

planlanmasında analiz araçları barınak ve hastane yatak gereksinimleri hakkında detaylı bilgi sunacak, yaşamsal önem taşıyan hizmetlerin durumlarını ve yangın söndürme, arama-kurtarma, enkaz kaldırma, tehlikeli maddelerin temizlenmesi ve altyapı şebekelerinin tamirini üstlenecek personel gereksinimlerini belirtecektir.

Afet zararının azaltılmasında, afet yöneticileri geliştirilecek araç yardımıyla beklenen afetin sebep olabileceği hasar ve zarar hakkında fikir sahibi olup, afet öncesi arazi kullanım ve yapı standartları konularında önlemler alınmasını gerektirecek kırılgan yapılar ve bölgelerin belirlenmesi işlemlerini gerçekleştireceklerdir. Araçlar aynı zamanda konutların, önem taşıyan yapıların, altyapı hizmetlerinin kırılganlıklarını hesaplayacak; Güçlendirmeye ihtiyaç duyacak yapıları saptayacak ve yürütülecek çalışmaların maddi boyutlarını analiz edecektir. Sonuçlar ve haritalar aynı zamanda yöneticiler, planlamacılar ve kamuoyunun risk azaltma konusunda alacakları eğitimlerde de kullanılacaktır.

5.2 Uygulama Geliştirme Planı

Geliştirilecek araçlar hasar ve kayıp analizi gerçekleştirme konusunda HAZUS'un tüm afet yönetimi, müdahale, iyileştirme ve zarar azaltma analiz yeteneklerine sahip olacak; ek olarak Türkiye verilerini kullanarak deprem analiz yeteneğine de sahip olacaktır.

Geliştirilecek risk değerlendirme araçlarında şu özelliklerin bulunması düşünülmektedir:

- Kullanıcıların istekleri doğrultusunda çalışma bölgeleri tanımlayabilmelerine, yerel nüfus ve bina bilgilerini girebilmelerine, yerel jeolojik verileri girebilmelerine, Türk yapı stoku için oluşturulmuş hasar fonksiyonlarını girebilmelerine ve sosyal ve ekonomik verileri girebilmelerine olanak veren bir yazılım mimarisine sahip olması.
- Küresel ölçekte afet verisi, jeopolitik veriler, alt ve üst yapı verileri ve nüfus bilgileri içeren kapsamlı bir uluslararası veritabanı.
- Standartlaştırılmış bir veri giriş sistemi.
- Türkiye'deki yapısal özellikleri de yansıtacak biçimde, gelişmiş teknoloji düzeyindeki analiz fonksiyonları.

- Yaklaşık olarak gerçek zamanlı kayıp değerlendirme yeteneği.
- CBS ve internet teknolojilerinin olanaklarını en iyi şekilde kullanan, yararlı, kullanılabilir ve yön gösterici sonuçlar sunan bir yazılım platformu.

Geliştirilecek araçlar ayrıca şu ek özelliklere sahip olacaktır:

- Çoklu afet analiz yeteneği. İlk afet analiz modeli olarak hazırlanması öngörülen deprem modelinin ardından fırtına, sel, orman yangını, tsunami, toprak kaymaları ve diğer afetler için de modeller hazırlanması planlanmaktadır.
- Diğer benzer kayıp analiz modelleri ve uluslararası kuruluşlar tarafından geliştirilmiş benzer uygulamalarla bağlantı kurabilecek kadar esnek bir veri yapısına sahip olması düşünülmektedir.
- Uluslararası uygulamaların çıkış noktasında temel kabul edilebilir bir durumda olacaktır.

Kapsamlı yürütülecek geliştirme aşamasında şu ana görevler üstlenilecektir:

- Türkiye içindeki afet yönetim uygulamaları, potansiyel kullanıcıların ihtiyaçları, mevcut bilgisayar ve internet teknolojilerinin analizi.
- Ülke çapındaki kaynaklardan idari haritalar, jeolojik ölçümler, sismik risk çalışmaları, nüfus bilgileri, bina stok verisi, bina tipleri ve yapı standartlarının edinilmesi.
- Türkiye'ye özgü bina tiplerinin davranışları ve oluşabilecek barınak ihtiyaçları da göz önüne alınarak özgün modüllerin oluşturulması.
- Geliştirme aşamasının ardından bakım ve güncellemelerin yürütülebilmesi için teknik destek ve eğitim planlarının oluşturulması.

5.3 Pilot Uygulama Kapsamı

Risk değerlendirme programlarında karşılaşılan belirsizliklerin göz önüne alınabilmesi için işe yerel ölçekte bir pilot uygulamayla başlanması temel fonksiyonların oluşturulabilmesi için büyük önem taşıyan bir ilk adımdır. Pilot uygulamanın şu beş adımdan oluşacağı öngörülmektedir:

1. İhtiyaçlar, halkın işbirliği isteği, erişilebilir verilerin varlığı gibi parametreler göz önünde bulundurularak bir pilot uygulama bölgesi belirlenmesi. Devletten pilot bölgedeki kurulum, yerel yöneticilerin işbirliği; Üniversitelerden uygulamanın oluşturulması, veri toplama ve yöntem geliştirme aşamalarını yürütecek teknik personel; Özel sektörden de destek ve işbirliği yükümlülüklerini gerçekleştirmesi beklenmektedir.
2. Yerel ve bölgesel düzeyde afet yönetim yetenekleri ve kapasitelerinin, yerel veri kaynaklarının ve yerel ölçekte adapte edilebilecek teknolojinin belirlenerek kaynak değerlendirmesi yapılması.
3. Prototip yazılım araçları ve bir veritabanı modeli oluşturularak verideki boşlukların ve yeni veri gereksinimlerinin belirlenmesi; Yerel yapı stoku ve mühendislik pratiğiyle elde edilen tecrübeler ışığında HAZUS fonksiyonlarının kontrolü ve gerekiyorsa yerel veriler üzerinden yeni analiz fonksiyonları tanımlanması ve tanımlanan fonksiyonların doğruluğunun kontrolü.
4. Prototip yazılımın bölge için uygulanıp sonuçlarının yerel, bölgesel ve devlet düzeyindeki yöneticilere sunulurken ortak bir değerlendirme gerçekleştirilmesi ve yazılımın gelecekteki kullanıcılarına yönelik bir plan oluşturulması.
5. Projeden elde edilen çıktılar, varılan sonuçlar, prototip yazılımın değerlendirilmesi veri gereksinimleri ve yeni eklentiler oluşturulması için planları içeren bir sonuç raporu hazırlanması. Raporun sonuçlarının paylaşılması, çıkarılan derslerin görüşülmesi ve olası eklentilerin belirlenmesi amacıyla bir çalıştay düzenlenmesi.

Pilot uygulama, risk değerlendirme araçları ve onların uygulamalarının Türkiye için çalışırılığının değerlendirilmesi için en uygun yöntemdir. Yerel yönetim ve halkın göstereceği işbirliği bu yaklaşımın kilit unsurları olarak görülmektedir ve gelecekte yürütülecek çalışmalarda elde edilecek başarılar da buna bağlıdır. Yerel yönetimlerce kullanılacak bu ölçekte bir uygulama bulunmaması da bu yöndeki afet yönetim uygulamaları için zemin oluşturacaktır. (Schneider ve Schauer, 2005b)

6 UYGULAMA

Çalışmanın temel amacı, HAZUS Deprem Modeli (Şekil 4.1) temel alınarak hazırlanacak olan HAZTURK Deprem Modeli içerisinde yer alacak ilk alt model olan yer ve yersel hareketlerin modellenmesi görevini üstlenen modelin oluşturulmasıdır. Model, ArcGIS 9 yazılımı üzerinde hazırlanmış, kullanıcı tarafından aletsel büyüklük, derinlik ve koordinat verileriyle tanımlanan rasgele bir depremin İstanbul il sınırları içerisinde kalan alan üzerinde oluşturacağı yersel ivmelerin dağılımını depremin büyüklüğü, depremin derinliği, faya olan uzaklık ve zemin özelliklerinin bir fonksiyonu olan bir azalım formülü kullanarak hesaplayan bir uygulamadır. Modelin sunduğu değerlerin, HAZTURK tarafından hasar analiz aşamasında girdi olarak kullanılması öngörülmektedir.

Uygulama adımları sırasıyla verinin elde edilmesi, farklı kaynaklardan elde edilen verilerin entegrasyonu, verinin işlenerek modelde kullanılır bir hale getirilmesi, modelde kullanılacak azalım ilişkilerinin belirlenmesi ve modelin oluşturulması olarak gerçekleşmiştir.

6.1 Veri Toplama ve Değerlendirme Aşaması

6.1.1 Fay Verisi

Model, işlemlerini gerçekleştirmek için uygulama bölgesine ait jeolojik harita ve fay haritası olmak üzere iki veri kümesine ihtiyaç duymaktadır. Fay verisinin oluşturulmasında Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı'nca (TPAO) Marmara Denizi'nde yürütülmüş petrol ve doğalgaz arama amaçlı çalışmalar sonucunda 1999 yılında oluşturmuş olduğu fay haritası kullanılmıştır (Şekil 6.1).

Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fayı'nın iki kolunun geçiş yolu üzerindedir. Bu kollardan ilki Marmara Denizi'ne İzmit Körfezi'nden girip kuzey hat boyunca devam ederek batıda Mürefte'den karaya çıkmaktadır. İkinci kol ise İznik Gölü'nün güneyinden geçip Gemlik Körfezi'nden Marmara Denizi'ne girerek Biga Yarımadası'nın içerisinden Ege yönüne dönmektedir. (Tüysüz, 2003)

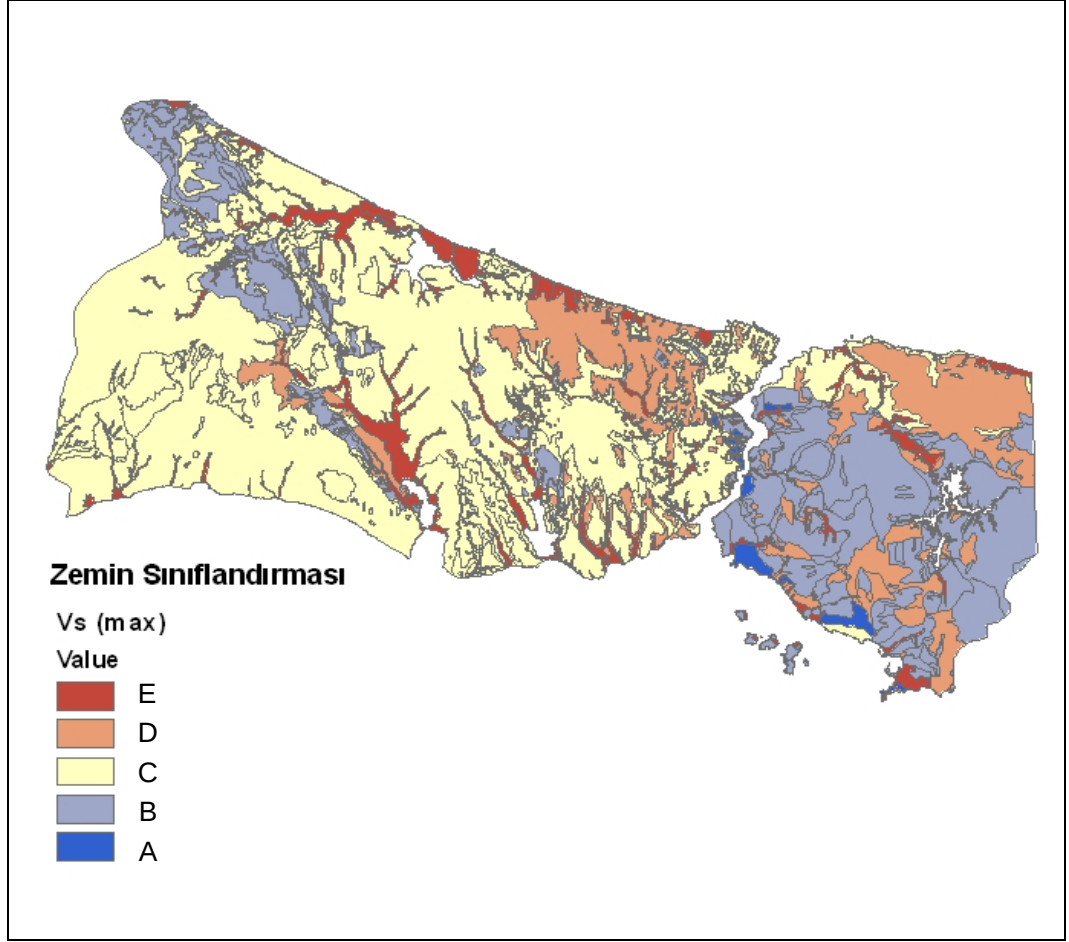


Şekil 6.1: Marmara Fay Haritası (TPAO, 1999)

Yapılmakta olan GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi – Global Positioning System) ölçümlerinin gösterdiği üzere Anadolu Yarımadası, Arap Yarımadası'nın kuzey yönündeki hareketi sonucu sıkışması sebebiyle Sina Yarımadası'ndaki bir kutbun etrafında saat yönünün tersinde dönmektedir. Bu dönme, batı kısımlarda gerilmeli bir yapıya ve çek-ayır havzalar oluşmasına neden olmaktadır. Marmara Denizi tabanında bulunan üç çukurluğun da bu bağlamda birer çek-ayır havzaya denk geldiği düşünülmektedir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). TPAO haritası da, 1990'dan sonra deniz araştırmalarına ağırlık verilmesi ve Marmara Denizi içerisinde doğalgaz sahalarının keşfinin ardından üretilmiş, Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi içerisindeki modellerinden biridir. Mevcut sismik ve batimetrik verilere dayanarak öngörülen pek çok farklı görüş ortaya atılmaktadır ve bu görüşlerin daha tatmin edici sonuçlara ulaşabilmesi için yürütülmekte olan deniz jeoloji, jeofizik ve batimetri çalışmalarının tamamlanması gerekmektedir (Tüysüz, 2003).

6.1.2 Jeoloji Verisi

Jeoloji verisi ise İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden temin edilmiş olup 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarının sayısallaştırılması yoluyla üretilmiştir (Resim.6.2). Jeolojik verilerin gösteriminde NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program – Ulusal Deprem Risk Azaltma Programı) sınıflandırması temel alınmıştır ("Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings And Other Structures", 1997) (Şekil 6.2).



Şekil 6.2: NEHRP sınıflandırması uygulanmış İstanbul Jeoloji Haritası

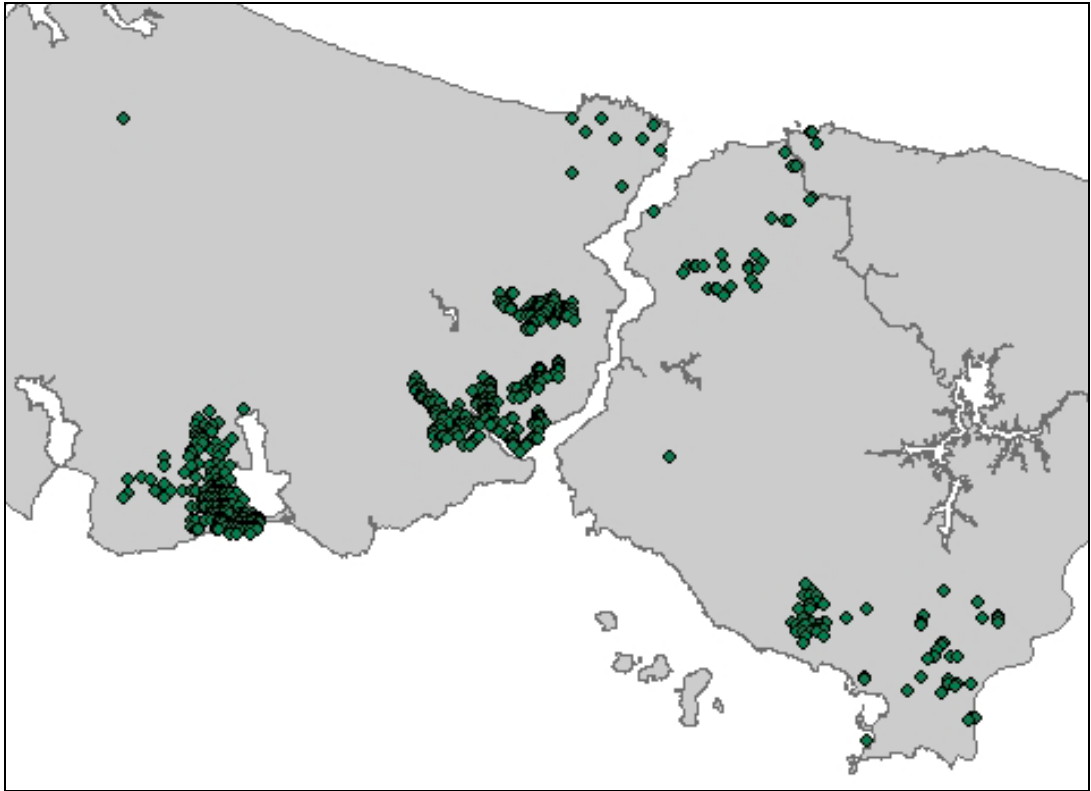
Zemin, uygulanan sınıflandırma uyarınca (Tablo 6.1) Vs (zemin yırtılma hızı) değerlerine göre beş sınıfa ayrılmıştır. Vs hız değerleri, zeminin yoğunluğuna bağlı olarak değişen, yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışlarının belirlenmesi için önemli parametrelerden biridir. Bu değerler aynı jeolojik oluşum içerisinde farklı nokta ve derinliklerde bile değişiklik gösterebilmektedirler. Jeoloji haritasından elde edilen Vs değerleri, her oluşum için üst 30 metrelik kısımdaki değerlerin ortalaması olarak tanımlanmıştır ve bu durum veriye ve bu verinin kullanılacağı analizlere bir belirsizlik boyutu katmaktadır.

Tablo 6.1: NEHRP Zemin Sınıflandırması

Zemin Sınıfı	Vs 30
A	> 1500 m/s
B	760 m/s < < 1500 m/s
C	360 m/s < < 760 m/s
D	180 m/s < < 360 m/s
E	< 180 m/s

Jeoloji verilerindeki belirsizlik seviyesinin düşürülmesi, arazide yapılacak sondaj çalışmalarının gerçekleştirilmesiyle mümkün olabilir. Sondaj yapılan noktalar için gerçek Vs değerlerinin belirlenmesi, sondajlardan elde edilen numuneler üzerinde yürütülen dayanım testleriyle mümkün olmaktadır. Elde edilen değerler yalnız sondaj yapılan nokta ve çok yakın çevresi için geçerli sayılabileceğinden, ortalama Vs değerlerinin sebep olduğu belirsizliğin giderilebilmesi için sondaj aralığının sık tutulması gerekmektedir. Bu da hem uygulama zorluğu açısından hem de maddi açıdan engeller oluşturmaktadır.

2002 yılında JICA (Japon Uluslar arası İşbirliği ajansı) ve İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi) işbirliğinde gerçekleştirilen “Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dâhil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışması” dâhilinde 439 noktada İBB tarafından sondaj çalışması yapılmış ve sondaj noktalarında her 1m derinlik için Vs değeri ölçülerek noktaların ortalama Vs değerleri belirlenmiştir (JICA, 2002) (Şekil 6.3).



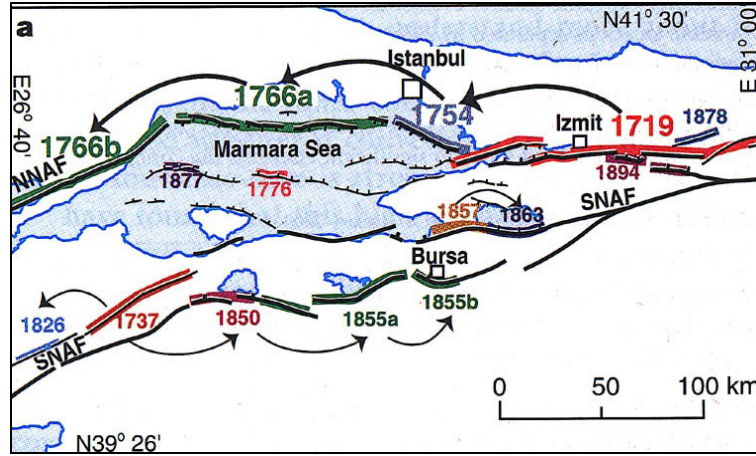
Şekil 6.3: Sondaj noktaları (JICA, 2002)

Model için oluşturulacak altlık da önce jeolojik haritadan okunan Vs değerlerinden oluşturulmuş; Sondaj noktalarının bulunduğu yerlerde ise jeoloji haritasından okunan Vs değeri yerine sondajlarda ölçülen gerçek Vs değerleri kullanılmıştır.

6.2 Veri İşleme Aşaması

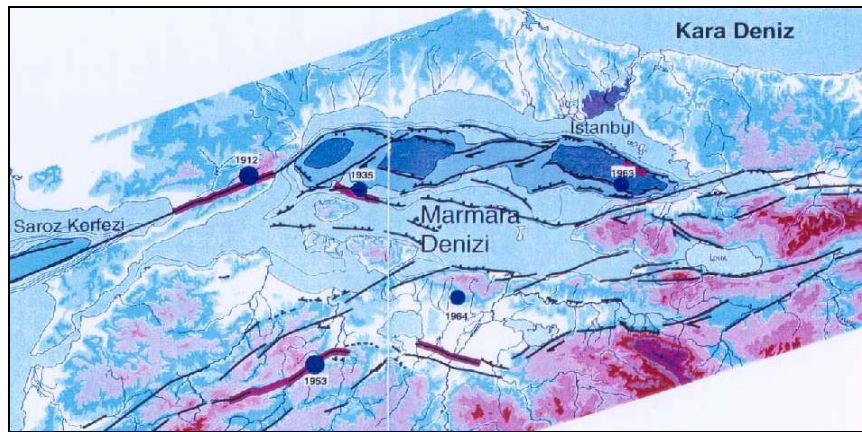
6.2.1 Fay Verisi

TPAO (1999) Marmara Denizi fay haritasının modelde kullanılabilecek şekilde sadeleştirilmesi gerekmektedir. Harita, Şekil 6.1’de görüldüğü haliyle aktif ve büyük depremler üretmesi beklenen fay veya fay segmentlerinin yanında çok sayıda aktif olmayan veya yıkıcı büyüklükte deprem üretecek uzunluğa sahip olmayan küçük lokal fayları da içermektedir.



Şekil 6.4: Marmara fay haritası (Hubert-Ferrari ve diğ., 2000)

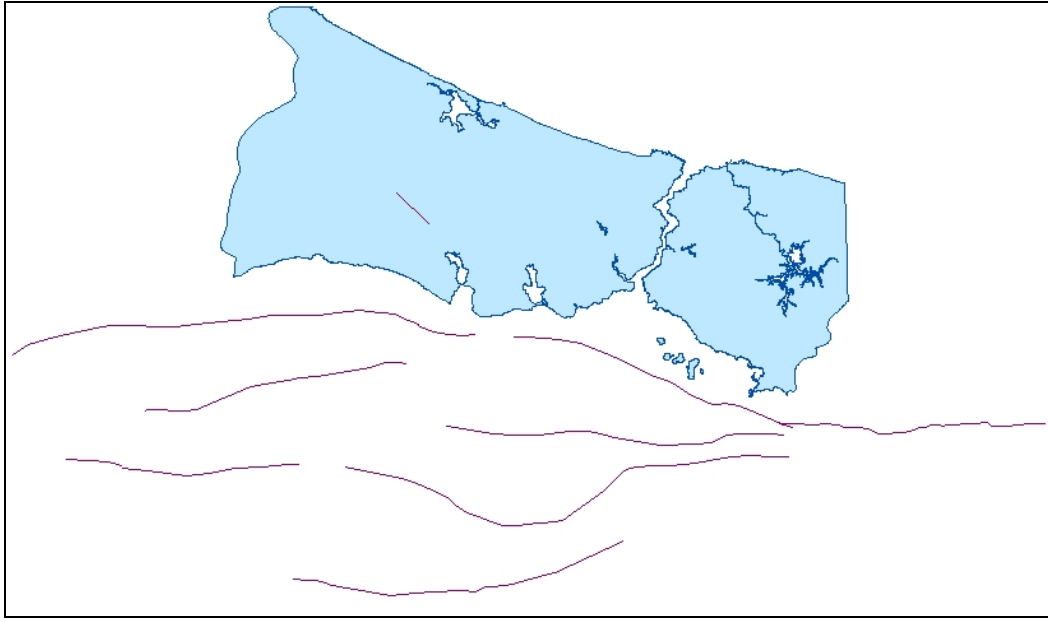
Bahsi geçen büyük fayların veya fay segmentlerinin belirlenmesi için iki harita yol gösterici olarak kabul edilmiştir: 2000 yılında Hubert-Ferrari, Barka, Jacques, Nalbant, Meyer, Armijo, Tapponier ve King tarafından (Şekil 6.4) ve 1997 yılında Stein, Barka ve Dieterich tarafından (Şekil 6.5) oluşturulan haritalar. Bu haritalar referans kabul edilerek ana segmentler belirlenmiş ve bu segmentleri oluşturan faylar birleştirilerek tek bir sürekli fay gibi gösterilmiştir.



Şekil 6.5: Marmara fay haritası (Stein ve diğ., 1997)

Aletsel büyüklüğü 6.0 veya daha küçük olan depremler için azalım formülleri uygulanırken noktayla depremin merkez üssü arasındaki mesafe formüle katıldığı için, üretebileceği en büyük deprem $M_w = 6.0$ olan faylar belirlenerek haritadan silinmiş; Modelin kullanacağı fay verisi oluşturulmuştur (Şekil 6.6). Deprem esnasında yırtılan fay uzunluğu ve deprem büyüklüğü arasında bir ilişki bulunmaktadır ve bu ilişki, l oluşan yüzey kırığının uzunluğu olmak üzere Denklem.[6.1] ile tanımlanmaktadır: (Wells ve Coppersmith, 1994)

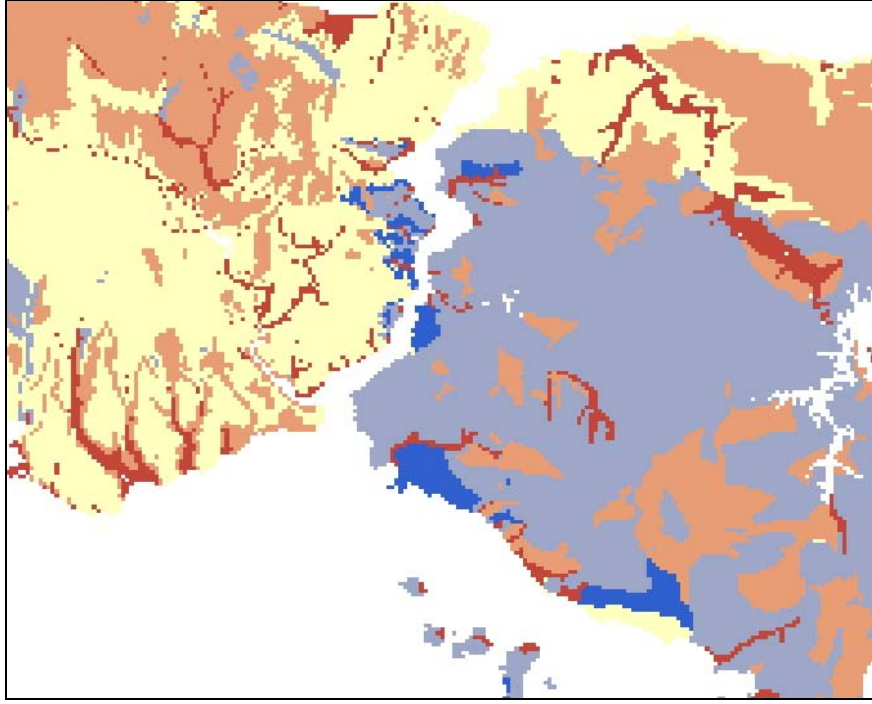
$$M_{max} = 5.08 + 1.16 \log(l) \quad [6.1]$$



Şekil 6.6: Modelde kullanılan fay verisi

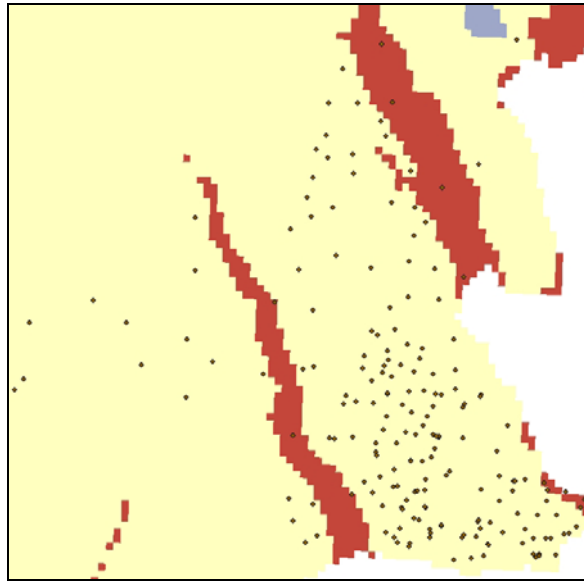
6.2.2 Jeoloji Verisi

Bazı mekansal analizlerin ve işlemlerin raster veriler üzerinde yürütülmesi daha etkin ve kolay olduğu kabul edilip, “Feature to Raster Conversion Tool” kullanılarak jeoloji haritasından Vs değerleri hücre değeri alınarak *Jeo_Vs_250* ismiyle, 250m hücre boyuna sahip olan bir raster görüntü oluşturulmuştur (Şekil 6.7). Sondaj verisiyle jeoloji verisini birbirlerine entegre edebilmek için sondaj noktalarındaki Vs değerleri kullanılarak başka bir raster görüntü oluşturulup iki raster görüntünün birbirleriyle mozaiklenmesi gerekmektedir. İlk aşamada sondaj noktalarının yoğun dağılım gösterdiği bölgeler belirlenip o bölgelerdeki noktalar ayrılmış ve her bölge için ArcGIS içerisinde yer alan beş farklı enterpolasyon yöntemiyle (IDW, Kriging, Natural Neighbor, Spline, Trend) Vs dağılımları çıkarılmıştır.

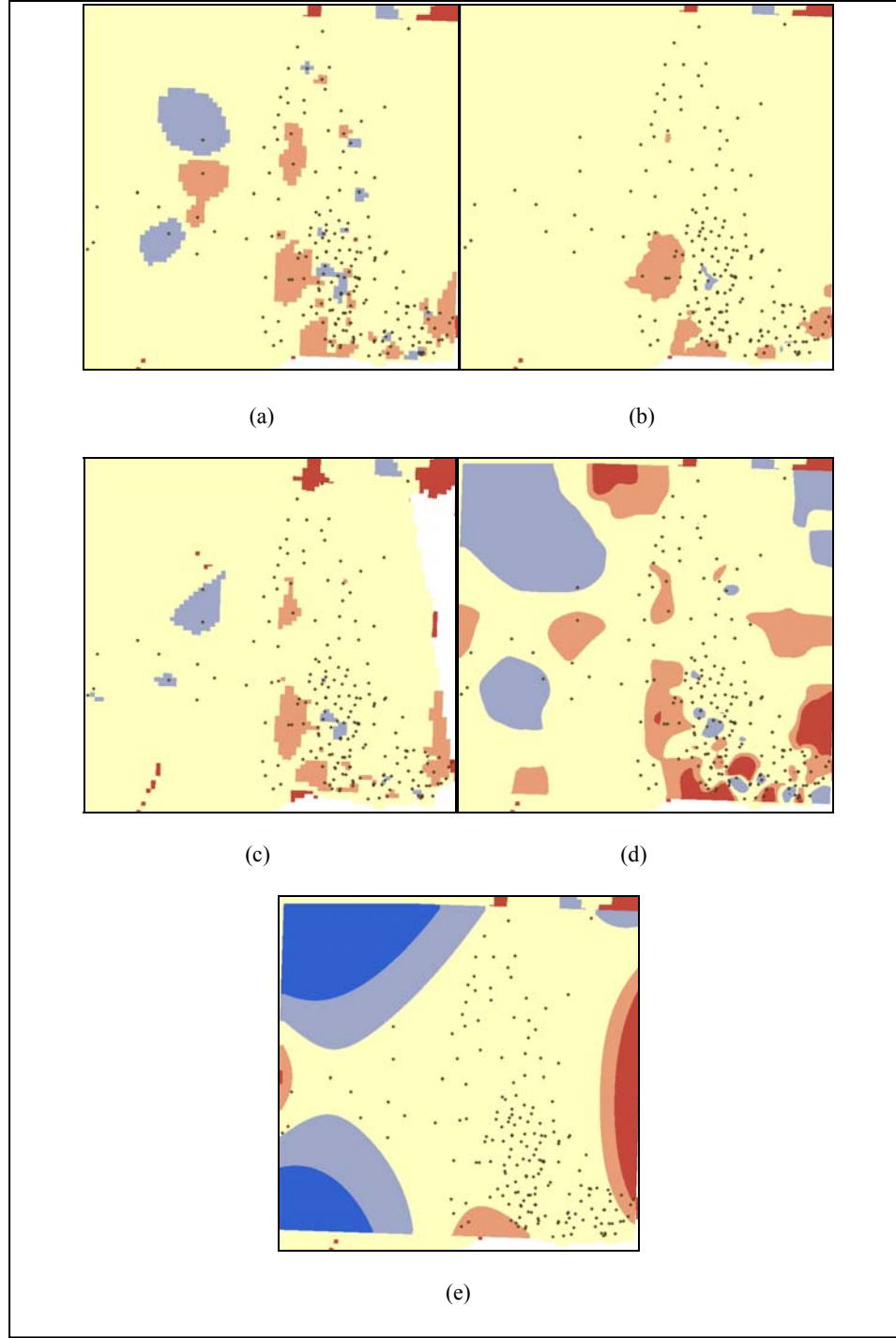


Şekil 6.7: Jeo_Vs_250 görüntüsü (Şekil 6.2’deki NEHRP sınıflandırması kullanılmıştır)

Yapılan enterpolasyonların kabul edilebilirliğini görmek üzere Küçükçekmece Gölü’nün batı kısmında kalan ve Haramidere’nin yatağını da içine alan Avcılar bölgesindeki sondaj verileri üzerinde karşılaştırma yapılmıştır. *Jeo_Vs_250* görüntüsünden bakıldığı zaman E zemin sınıfına giren Haramidere’nin akarsu yatağı açıkça belli olmaktadır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8: Avcılar (Jeo_Vs_250) Şekil 6.2’deki NEHRP sınıflandırması kullanılmıştır)



Şekil 6.9: Avcılar için sondaj değerlerinin interpolasyon yöntemleri [(a): IDW; (b): Kriging; (c): Natural Neighborhood; (d): Spline; (e): Trend] (Şekil 6.2'deki NEHRP sınıflandırması kullanılmıştır)

İlk interpolasyon yöntemi olan IDW (Inverse Distance Weighing)(Şekil 6.9.a), değerlerin hesaplanması sırasında noktaya en yakın konumdaki kullanıcı tarafından belirlenen sayıda noktanın değerlerini, noktaların uzaklıklarıyla ters orantılı olarak ağırlıklandırarak bir değer hesaplamaktadır (ESRI, 2004).

Kriging yöntemi (Şekil 6.9.b), yüzey değerlerindeki varyasyonu açıklamak üzere örnek noktalar arasındaki yön ve mesafe bilgilerinin bir korelasyon içinde olduğunu kabul eden istatistiksel bir yöntemdir. Yöntem, hücre değerlerini belirlenen bir yarıçap içerisinde kalan tüm nokta değerlerini matematiksel bir fonksiyonla eşleyerek hesaplamaktadır (ESRI, 2004).

Natural Neighborhood (doğal komşuluk) yöntemi (Şekil 6.9.c), noktaya en yakın konumdaki noktayı belirleyip iki değer arasında doğrusal enterpolasyon yaparak hücre değerleri hesaplayan bir yöntemdir. İşlem adımları diğer yöntemlere kıyasla daha basit olduğu için çok geniş veri kümelerinde kolaylıkla uygulanabilmektedir (ESRI, 2004).

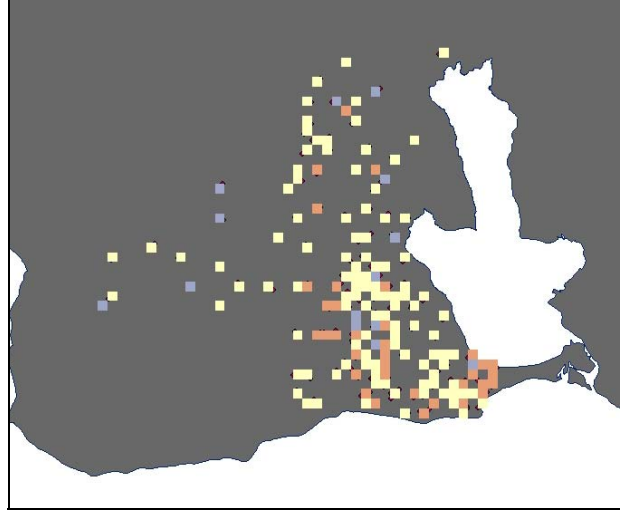
Spline yöntemi (Şekil 6.9.d), enterpolasyonu gerçekleştirirken şu iki koşulu sağlamaktadır:

- Yüzey tam olarak noktalar üzerinden geçmeli;
- Yüzeyin eğriliği minimum olmalıdır (yüzeyin her nokta üzerinde alınan ikinci türevlerin kareleri toplamı minimum olmalıdır.) (ESRI, 2004).

Trend (Şekil 6.9.e), verilen noktalar arasında regresyon sonucu bir en küçük kareler yüzeyi oluşturur. Yöntem, yüzeyi best-fit (en uygun oturma) yoluyla oluşturduğu için yüzeyin noktalardan geçme zorunluluğu yoktur. Kullanıcı polinomun derecesini belirleyerek oluşturulacak yüzeyin karmaşıklığını belirleyebilir. Daha yüksek derecede verilecek bir polinomun daha iyi değerler verme zorunluluğu bulunmamaktadır (ESRI, 2004).

Uygulanan beş farklı enterpolasyonun ardından elde edilen çıktılar sonucunda dere yatağının büyük oranda kaybolduğu görülmektedir. Bu uygulamada, enterpolasyon yöntemleri uygulanırken sondaj noktalarındaki değerlerin noktadan uzakta bulunan ve noktaların temsil etmediği kabul edilen bölgelerdeki değerleri de etkilediği görülmektedir. Sondaj noktalarının sadece sondaj yapılan alan için geçerli olması da göz önüne alındığında, hiçbir enterpolasyon yönteminin eldeki sondaj verileri için kullanımının uygun olmadığı görülmektedir. Tüm sondaj verileri, her noktanın oluşturulacak raster'da sadece içinde kalacağı hücrenin değerini etkileyecek şekilde, "Point to Raster Conversion Tool" kullanılarak *Boreholes_All_Raster_250* isimli raster dosya oluşturulmuştur (Şekil 6.10). Daha sonra *Boreholes_All_Raster_250* ve

Jeo_Vs_250 dosyaları “Mosaic to New Raster Tool” kullanılarak birleştirilmiş, *Vs_Join_250* adlı raster dosya oluşturulmuştur (Şekil 6.11). Yeni raster dosyanın hücre değerleri atanırken, hücre çakışması durumunda sondaj değerlerini içermekte olan *Boreholes_All_Raster_250*’nin hücre değerleri kullanılmıştır.

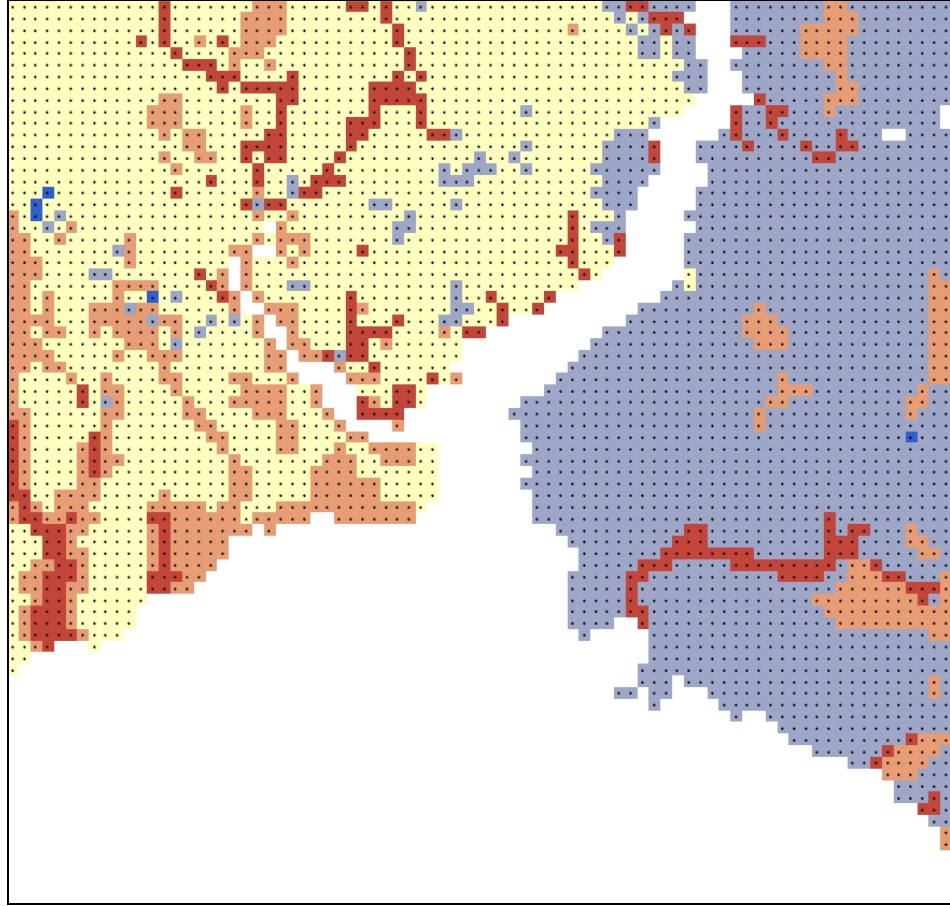


Şekil 6.10: Sondaj noktalarındaki Vs değerlerinin raster formatında gösterimi (Şekil 6.2’deki NEHRP sınıflandırması kullanılmıştır)

Jeoloji ve sondaj verilerinin birleştirilmesi aşamasında 429 adet hücrenin değeri, sondaj değerlerini alacak şekilde değiştirilmiştir. Bu işlemin ardından 193 hücre için zemin sınıfı aynı kalmış; 85 hücre daha düşük bir veri sınıfına atanmış; 161 hücre de daha yüksek bir zemin sınıfına atanmıştır. 493 adet hücre için birleştirme öncesi sınıflar arası dağılım ve birleştirme sonrası sınıflar arası değişim Tablo.6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.2: Jeoloji ve sondaj verilerinin birleştirilmesi sonrası hücre değerlerinde görülen değişim.

Jeolojik Harita		Sınıflara Atanan Hücre Sayısı				
Sınıf	Sayı	A	B	C	D	E
A	20	*	15	5	*	*
B	39	8	16	13	1	1
C	295	5	66	175	48	1
D	52	2	16	31	2	1
E	33	*	9	19	5	*
Toplam		15	122	243	56	3



Şekil 6.11: *Vs_Join_250* ve ondan türetilen nokta veri (Şekil 6.2’deki NEHRP sınıflandırması kullanılmıştır)

Modelde kullanılacak olan jeolojik verileri içeren katmanın oluşturulmasının ardından, model depremi üretecek faya olan geometrik uzaklığın hesaplanıp azalım formüllerinde kullanılabilmesi için raster formattaki veriden her hücrenin merkezine bir adet denk gelecek şekilde nokta veri oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem, ArcToolbox içerisindeki “Raster to Point Conversion Tool” kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Çevrimin ardından tüm İstanbul ilini kapsayacak şekilde yaklaşık 72000 adet nokta üretilmiştir. Uygulamanın model oluşturma ve deneme aşamalarında 250m çözünürlük için oluşturulan noktalar hesap sürelerini büyük miktarda uzattığı için, bu çalışma için belirlenen çözünürlük 250m’den 750m’ye düşürülmüş; *Vs_Join_250* dosyası 750m çözünürlükte yeniden örneklenmiş; nokta veri 750m çözünürlükteki raster veriden yeniden türetilmiş ve veri miktarı ve hesap sürelerinde 1/9 oranında bir azalma elde edilmiştir.

6.3 Azalım İlişkileri

Yersel hareketlerin incelenmesi ve modellenmesinin temelini Reid tarafından 1911’de öne sürülen elastik tepki teorisi oluşturmaktadır. Faydaki ani hareket, sismik dalgaların faydan fay boyunca dağılımına; dolayısıyla yersel hareketlere neden olmaktadır. Kuramsal azalım formülleri, deterministik veya olasılıklı yöntemlerle depreme ilişkin şiddet, yersel ivme, yersel hız, spektral ivme gibi değerlerin modellenmesini sağlamaktadırlar. Bütün kuramsal fonksiyonlar yersel ölçüm değerlerinden türetilmiş veya bu değerlere uyacak şekilde kendilerinden önce gelen bir modelden türetilmişlerdir. Yersel hareketlerin modellenenebilmesi için kırılma mekanizmaları ve dalga yayılma teorileriyle çalışmakta olan pek çok karmaşık matematiksel simülasyon yöntemleri bulunmasına rağmen zemin sınıflandırmasıyla ilgili kısıtlamalar bu modellerin afet senaryolarında verimli olarak kullanılamaması sorununu yaratmaktadır (Erdik, 2003).

Oluşturulan modelde kullanılmak üzere, Türkiye’nin kuzeybatı bölümü temel alınarak oluşturulmuş iki azalım ilişkisi seçilmiştir. Bunlardan ilki 2002 yılında Polat Gülkan ve Erol Kalkan tarafından geliştirilen; İkincisiyse 2004 yılında Cem Özbey, Ali Sarı, Lance Manuel, Mustafa Erdik ve Yasin Fahjan tarafından geliştirilen azalım ilişkileridir.

6.3.1 Gülkan ve Kalkan (2002)

Türkiye’de bulunan 47 yersel ölçüm istasyonundan toplanan veriler kullanılarak Boore, Joyner ve Fumal tarafından 1997 yılında üretilmiş denklemin ölçüm verilerine uyarlanmasıyla elde edilmiş bir denklemdir (Denklem 6.2). Ölçümler, 1976-1999 yılları arasında sözü geçen 47 ölçüm istasyonundan ölçülmüş moment büyüklüğü 5 ve daha fazla olan 10 depremden, yumuşak toprak, toprak ve kaya zeminler için alınmıştır.

$$\ln(PGA) = -0.682 + 0.253(M_w - 6) + 0.036 (M_w - 6)^2 - 0.562 \ln r - 0.297 \ln(V_s/V_A) \quad [6.2.a]$$

$$r = (r_{cl}^2 + d^2)^{1/2} \quad [6.2.b]$$

Burada PGA, yersel ivme değeridir ve g (9.81 m/s) cinsinden ifade edilmektedir. M_w , depremin aletsel büyüklüğü; V_s , zemin dayanım hızı; V_A , regresyon sonucu elde

edilmiş hayali bir hız değeri; r_{cl} , noktanın faya olan uzaklığı; d , depremin merkezinin derinliğidir. Hesaplamalarda zemin sınıflandırılmasına gidilip her sınıf için belirlenecek ortalama bir V_S değeri kullanılabileceği gibi, sınıflandırmaya gidilmeden her noktanın kendi V_S değeri de kullanılabilmektedir. Model, ve bu bağlamda ölçüm değerleri de, ilk 15km için Boore ve diğ. (1997) denkleminde daha düşük; 15km'den sonrası için de daha büyük değerler vermektedir. Bu da ölçümler sonucu geliştirilen denklemlerin sadece geliştirildikleri bölge için yansıtıcı olduğunu göstermektedir (Gülkan ve Kalkan, 2002).

6.3.2 Özbey ve diğ. (2004)

Türkiye'nin kuzey batısında, 17 depremden alınmış 197 ölçüm kaydı kullanılarak, Boore, Joyner ve Fumal tarafından 1993 yılında geliştirilen denklemin bu değerlere uyarlanmış bir denklemdir (Denklem 6.3). Ölçüm değerleri çoğunlukla 1999 Kocaeli ($M_w = 7.4$) ve Düzce ($M_w = 7.2$) depremleri ve bu depremleri takip eden artçı depremlerden alınmıştır.

$$\text{Log}(PGA) = 3.287 + 0.503(M_w - 6) - 0.079(M_w - 6)^2 - 1.1177 \log(r) + 0.141 G_1 + 0.331 G_2 \quad [6.3.a]$$

$$r = (r_{cl}^2 + d^2)^{1/2} \quad [6.3.b]$$

Burada PGA, yersel ivme değeridir ve g (9.81 m/s) cinsinden ifade edilmektedir. M_w , depremin aletsel büyüklüğü; r_{cl} , noktanın faya olan uzaklığı; d , depremin merkezinin derinliğidir. G_1 ve G_2 , yersel ivme hesaplanacak noktanın zemin sınıfına göre belirlenen katsayılarıdır. NEHRP zemin sınıflandırmasına göre ayrılmış sınıflar için denklemde alınacak G_1 ve G_2 değerleri Tablo 6.3'te görülebilir:

Tablo 6.3: NEHRP zemin sınıflandırmasına göre G_1 ve G_2 değerleri

NEHRP Sınıf	V_S (m/s)	G_1	G_2
A	> 1500	0	0
B	760 - 1500	0	0
C	360 - 760	0	0
D	180 - 360	1	0
E	< 180	0	1

6.4 Modelin Oluşturulması

Model, kullanıcıdan depremin büyüklüğü, oluştuğu derinlik, merkez üssünün koordinatları ve oluşturulacak katmanın kaydedileceği yeri girmesini istemekte; Önceden oluşturulmuş merkez üs katmanında koordinatları verilen noktayı işaretlemekte; Noktaya en yakın uzaklıktaki fayı depremi üreten fay olarak seçerek jeoloji haritasından 750m aralıkla oluşturulmuş noktaların her birinin belirlenen faya olan uzaklığını hesaplamakta; kullanıcının girdiği değerleri kullanarak her nokta için tanımlanan depremin ürettiği yersel ivme değerlerini belirlenen her iki azalım ilişkisini de kullanarak hesaplamakta; Ayrıca her iki azalım ilişkisinin karşılaştırmasını da yaparak her nokta için o noktada hesaplanan en yüksek değeri olarak üçüncü bir dağılım daha sunmaktadır.

Modelin oluşturulmasında ArcGIS 9 yazılımı içerisindeki ArcToolbox eklentisi kullanılmıştır. ArcToolbox içerisinde her bir CBS analiz fonksiyonu bağımsız olarak çalıştırılacak araçlar şeklinde sunulmaktadır. Yapılan CBS işlemlerinde bu araçlar tek tek çalıştırılabilmekte, ya da birden fazla aracın belli bir sıra içerisinde birbirini takiben çalıştırılması gerekmektedir. ArcToolbox, belirli bir sıralamaya sahip işlemlerin özdevinimini gerçekleştirip kullanıcının önceden tanımladığı araçları istediği şekillerde çalıştırmasına olanak sağlayacak modeller oluşturmasına olanak vermektedir. Akış şeması ve model parametreleri belirlenerek kullanımı kolay bir arayüzde hazırlanıp kaydedilen modeller, uzun işlem adımlı analizlerde kullanıcıya büyük rahatlıklar sağlayabilmekte; İşlemlerin her seferinde aynı adımlar izlenerek standart bir şekilde yürütülmesine olanak vermektedir (ESRI, 2004).

Modelin çalışması için ArcMap ekranında açık bulunması gereken veriler şunlardır: Marmara Denizi fay verisi (*Marmara_Fay*), İstanbul ili dâhilinde 750m aralıkla dizili nokta verisi (*Point_Vs_Join_750*), kullanıcı tarafından değer atanacak değişkenlerin değerlerinin kaydedileceği tablo (*Merkez_Us*) ve depremin merkez üssünü işaretleyecek nokta veri (*Epicenter*). *Merkez_Us* tablosunun öznitelikleri, kullanıcı tarafından girilecek deprem büyüklüğü (M_w), deprem derinliği (Derinlik), merkez üssün X koordinatı (X) ve merkez üssün Y koordinatıdır (Y). *Point_Vs_Join_750*'nin öznitelikleri de noktanın V_s değeri (GRID_CODE), Tablo.6.3'ten belirlenen G_1 ve G_2 katsayıları (G_1 , G_2), deprem büyüklüğü (M_w), deprem derinliği (d), denklemlerde kullanılmak üzere deprem büyüklüğünün 6'dan farkı (M_w_6),

büyükliğün 6'dan farkının karesi (Mw_6_Kare), Denklem 6.2.b ve 6.3.b'de hesaplanan r değerinin 10 doğal logaritması ($\ln_r$), r değerinin 10 tabanında logaritması ($\log_r$), Gülkan ve Kalkan tarafından geliştirilmiş azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmış yersel ivme değerleri (PGA_Gulkan), Özbey ve diğ. (2004) Tarafından geliştirilmiş azalım ilişkisi kullanılarak hesaplanmış yersel ivme değerleri (PGA_Ozbey) ve iki azalım ilişkisinin karşılaştırılıp en yüksek değerleri alınarak hesaplanmış olan yersel ivme değerleridir (PGA_MAX).

ArcToolbox'da oluşturulmuş deprem modelinin akış şeması **Ek-1**'de sunulmuş; Modelin açıklamasında belirtilen işlem adımları için **Ek-1**'de görülen işlem adımları referans alınmıştır.

ADIM 1: Kullanıcı tarafından girilen deprem büyüklüğü, *Merkez_Us* tablosunun “Mw” kolonuna kaydedilir.

ADIM 2: Kullanıcı tarafından girilen deprem derinliği, *Merkez_Us* tablosunun “Derinlik” kolonuna kaydedilir.

ADIM 3: Kullanıcı tarafından girilen, depremin merkez üssüne ait X koordinatı, *Merkez_Us* tablosunun “X” kolonuna kaydedilir.

ADIM 4: Kullanıcı tarafından girilen, depremin merkez üssüne ait Y koordinatı, *Merkez_Us* tablosunun “Y” kolonuna kaydedilir.

ADIM 5: *Merkez_Us* tablosundaki “X” ve “Y” kolonlarındaki koordinat bilgisi alınarak bir *Merkez_Us_Layer* adıyla geçici bir nokta katmanı oluşturulur.

ADIM 6: *Merkez_Us_Layer* geçici katmanı, kullanıcının belirlediği bir isimle, modelin çalıştığı “Ivme_Model.mdb” veritabanının dışarısına kalıcı bir katman olarak kaydedilir.

ADIM 7: Merkez üs noktası ve fay verisi arasında geometrik sorgulama yapılabilmesi için, *Merkez_Us_Layer* katmanında tanımlı nokta verisi, veritabanının içerisinde bulunan *Epicenter* nokta katmanına kopyalanır.

ADIM 8: *Epicenter* katmanındaki verilerin *Marmara_Fay* katmanına olan uzaklıkları hesaplanarak, *Epicenter* tablosunda oluşturulan iki yeni kolona her bir noktaya en yakın fayın ID'si ($NEAR_FID$) ve noktayla fay arasındaki mesafe ($NEAR_DIST$) yazılır. Böylece depremin merkez üssüne en yakın, yani depremi üreten fay belirlenmiş olur.

ADIM 9: *Marmara_Fay* ve *Epicenter* tabloları, ilk tablodan OBJECTID, ikinci tablodan da NEAR_FID kolonları eşlenerek birleştirilir. *Epicenter* tablosunda tek bir eleman bulunduğu için, bire bir eşleme sonucunda *Marmara Fay* katmanında sadece depremi üreten fay kalmış olur.

ADIM 10: *Point_Vs_Join_750* içerisindeki her noktanın *Marmara_Fay* içerisindeki seçilen faya olan uzaklıkları hesaplanarak *Point_Vs_Join_750* tablosunda NEAR_FID ve NEAR_DIST kolonları oluşturularak fay'ın ID değeri ve her noktanın faya olan uzaklığı yazılır.

ADIM 11: Kullanıcı tarafından girilen deprem büyüklüğü, *Point_Vs_Join_750* tablosundaki her nokta için "Mw" kolonuna yazılır.

ADIM 12: Kullanıcı tarafından girilen deprem derinliği, *Point_Vs_Join_750* tablosundaki her nokta için "d" kolonuna yazılır.

ADIM 13: *Point_Vs_Join_750* tablosundaki, Mw kolonundaki değerin 6'yla olan farkını veren Mw_6 kolonunun değeri hesaplanır.

ADIM 14: *Point_Vs_Join_750* tablosundaki Mw_6 kolon değerlerinin kareleri hesaplanarak Mw_6_Kare kolonuna yazılır.

ADIM 15: Denklem 6.2.b ve 6.3.b 'de hesaplanan r değerinin 10 tabanında logaritması hesaplanıp *Point_Vs_Join_750* tablosundaki log_r kolonuna yazılır.

ADIM 16: Denklem 6.2.b ve 6.3.b 'de hesaplanan r değerinin doğal logaritması hesaplanıp *Point_Vs_Join_750* tablosundaki ln_r kolonuna yazılır.

ADIM 17: Gülkan ve Kalkan (2002) azalım formülü kullanılarak her nokta için *Point_Vs_Join_750* tablosunun "PGA_Gulkan" kolonunun değerleri hesaplanır. Denklem ilgili değişkenleri tablonun "Mw_6", "Mw_6_Kare", "ln_r" ve "GRID_CODE" kolonlarından alınacak şekilde düzenlenen Denklem.6.2 ArcGIS'e şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\text{Exp} (-0.682 + (0.253 * [Mw_6]) + (0.036 * [Mw_6_Kare]) - (0.562 * [ln_r]) - (0.297 * \text{Log} ([GRID_CODE]/1381)))$$

ADIM 18: Özbey ve diğ. (2004) azalım formülü kullanılarak her nokta için *Point_Vs_Join_750* tablosunun "PGA_Ozbey" kolonunun değerleri hesaplanır. Denklem ilgili değişkenleri tablonun "Mw_6", "Mw_6_Kare", "log_r" , "G1" ve

“G2” kolonlarından alınacak şekilde düzenlenen Denklem 6.3 ArcGIS’e şu şekilde tanımlanmıştır:

$$(10^{(3.287+(0.503*[Mw_6])-(0.079*[Mw_6_Kare])-(1,1177*[log_r])+(0.141*[G1])+(0.331*[G2]))})/981$$

ArcGIS’de “Log()” fonksiyonu doğal logaritma için kullanılmaktadır. Dolayısıyla 10 tabanında logaritma hesaplamak için formüllerde “ Log () / Log (10) “ ifadesi kullanılmıştır.

ADIM 19: *Point_Vs_Join_750* tablosunun “PGA_Gulkan” kolonundaki değerlerinden, dosya adını ve konumunu kullanıcının belirleyeceği 750m hücre boyuna sahip, raster formatta bir yersel ivme dağılım haritası oluşturur.

ADIM 20: *Point_Vs_Join_750* tablosunun “PGA_Ozbey” kolonundaki değerlerinden, dosya adını ve konumunu kullanıcının belirleyeceği 750m hücre boyuna sahip, raster formatta bir yersel ivme dağılım haritası oluşturur.

ADIM 21: 19. ve 20. adımlarda üretilen raster verilerden, üst üste gelen hücrelerin en yüksek değerlerini kullanarak üçüncü bir dağılım haritası oluşturur. Bu yöntem, iki dağılım ilişkisinin karşılaştırılarak hasar analizi aşamasında daha yüksek hesaplanan olası yersel ivme değerlerinin kullanılmasını sağlar.

Oluşturulan bu modelin Mw = 7.0, Derinlik = 6677m, X Koordinatı = 656567m, Y Koordinatı = 4513243m değerleri için ürettiği örnek dağılım haritaları **Ek-II**’de sunulmuştur.

7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çıktıları, hazırlanacak CBS tabanlı bir hasar analiz programında kullanılmak üzere İstanbul il sınırları içerisinde olası bir deprem sonrası oluşacak yersel ivme değerlerinin dağılımının hesaplanması amaçlanmıştır.

Uygulamada İstanbul il sınırları dâhilindeki bölgenin 1/25000 ölçekli jeoloji haritalarından sayısallaştırılmış jeoloji verisi ve 1999 yılında TPAO tarafından yayınlanmış fay haritası üzerinden benzer bazı diğer çalışmalar referans alınarak oluşturulan Marmara Denizi fay verisi kullanılmıştır.

Modelden elde edilen çıktıların doğruluğunu etkileyecek en büyük engel jeoloji verilerindeki önüne geçilemez belirsizlik faktörü olmuştur. Yersel verilerin %100 doğrulukta temsili mümkün olamadığı için, %100 doğruluğa sahip bir yersel tepki modeli oluşturulması da mümkün olamamaktadır. Dünya çapında benzer konularda yürütülen çalışmaların öncelikli amaçları verilerdeki belirsizlik seviyesini mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu da teorik değerler yerine ölçülmüş gerçek değerlerin kullanılmasıyla sağlanabilmekte ama çok geniş bölgeler için detaylı yersel ölçüm çalışmaları yürütmek çok büyük miktarlarda maddi kaynak gerektirmektedir. Veri doğruluğunun artırılması için JICA çalışmasında elde edilen sondaj verileri jeoloji haritasıyla bütünleştirilmiştir. Bu bütünleştirme işlemi için önce çeşitli enterpolasyon yöntemleri denenmiş; Bölüm 6.2’de incelendiği üzere yersel ölçüm verilerinin enterpolasyona uygun olmadıkları görülmüştür. Sonuç olarak, her sondaj verisinin sadece sondajın yapıldığı noktayı doğru temsil ettiği görülerek sondaj bölgesinin haritası oluşturulurken temel olarak eldeki jeoloji haritası alınmış; sondaj noktalarına denk düşen değerler sondaj değerleriyle değiştirilmiştir.

Model ayrıca, Kuzey Batı Anadolu için oluşturulmuş iki farklı azalım formülünün karşılaştırmasını da sağlamıştır. Gülkan ve Kalkan (2002) tarafından oluşturulan azalım formülü (Formül 6.2.a) ve Özbey ve diğ (2004) tarafından oluşturulan azalım formülü (Formül 6.3.a) kullanılarak yersel ivme dağılımları hesaplanmış; iki dağılım daha sonra hücre bazında analiz edilerek, üst üste gelen hücrelerde en yüksek yersel

ivme değeri alınacak şekilde üçüncü bir dağılım verisi elde edilmiştir. Ek II’de Şekil II.3, Şekil II.4 ve Şekil II.5’te görülebileceği üzere, Gülkan ve Kalkan (2002) azalım ilişkisi yakın mesafelerde Özbey ve diğ. (2004) azalım ilişkisine göre çok düşük ivme değerleri vermekte, uzak mesafelerde ise daha yüksek değerler vermektedir. Olması gerekenden daha düşük ivme değerleri elde etmek hasar analizinde yanlış sonuçlara yol açacağı için, Gülkan ve Kalkan (2002) modeli kullanışlı bulunmamıştır.

Bölüm 6.4’te açıklanan adımlar arasından 13, 14, 15 ve 16 numaralı adımlar başlangıçta öngörülmemesine rağmen, fazla uzun olduğu için ArcMap’in hesaplayamayıp yanlış değerler vermesi üzerine formülü kısaltmak amacıyla eklenmiştir. Model, bazı parametreleri formülün içinde hesaplamak yerine önceden hesaplayıp oluşturulan ilgili sütuna yazmakta; formülde de bu değerleri kullanarak basitleştirmeye gitmektedir. Yazılım kaynaklı bu sorunun, daha ileri düzeyde yazılım geliştirme araçları kullanılarak giderilmesi mümkündür.

Çalışmada karşılaşılan bir diğer kısıtlama ise bilgisayardaki işlem sürelerinin azaltılması amacıyla veri çözünürlüğünün 250m’den 750m’ye değiştirilmesi sonucu kullanılan jeoloji verisinin detay seviyesinde görülen azalma olmuştur. Doğruluğun artırılması için hücre boyutları daha küçük seçilerek daha çok hücre oluşturulması gerekmekte; Fakat analizlerin ortaya çıkacak boyuttaki veri kullanılarak yürütülmesi için özel donanıma sahip daha hızlı bilgisayarların kullanılması gerekmektedir. 750m çözünürlüklü veri kullanıldığında, modelin çalışma süresi ortalama bir masaüstü bilgisayarda yaklaşık 3 saat sürmektedir. 250m çözünürlüklü veride hücre sayısı 9 kat daha fazla olduğu için çalışma süresi de 9 kat artacaktır. Model, şu anki haliyle bir hasar analiz programı içine doğrudan eklenebilir durumda olmamakla beraber; yazılım geliştirme aşamasında temel alınacak bir prototip olarak kabul edilebilir.

Oluşturulan model geliştirilmeye ve güncellenmeye karşı açık olup, daha yüksek doğrulukta jeolojik veriler elde edildiği takdirde jeoloji verisinde güncellemeye gidilmesine; Daha yüksek işlem kapasitesine sahip bilgisayarlara kurulup kullanılan verilerin detay seviyesi yükseltilmesine; Ya da kullanıcının istekleri doğrultusunda kullanılan parametrelerin değiştirilmesine imkân vermektedir. Ayrıca, senaryo bağımsız olması, bölgede gerçekleşmesi olası bütün depremler için yersel ivme dağılımı hesaplanmasını mümkün kılmakta, gelecekteki benzer başka çalışmalarla bütünleşik bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır.

KAYNAKLAR

- Armijo R., Meyer B., Navarro S., King G., Barka A.;**2002, “Asymmetric Slip Partitioning in the Sea Of Marmara Pull-Apart: A Clue To Propagation Processes of the North Anatolian Fault”, *Terra Nova*, 14, 80-86
- Aronoff S.;**1989, “Geographic Information Systems: A Management Perspective”, WDL Publications, Canada
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi;** 2003, “Earthquake Risk Assessment For the İstanbul Metropolitan Area”, Boğaziçi University Press, İstanbul
- Boore K.M., Joyner W.B., Fumal T.E.;** 1993, “Estimation Of Response Spectra and Peak Accelerations From Western North American Earthquakes: An Interim Report”, *U.S. Geol. Surv. Open-Fil, Rept. 93-509*, 72 pp.
- Boore K.M., Joyner W.B., Fumal T.E.;** 1997, “Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work”, *Seism. Res. Lett.*, Vol. 68, No. 1, 128-153.
- Bouabid J.;** 2005, “Overview of Data Organization In the HAZUS Earthquake Model”, *Strategies for An Earthquake Loss Estimation Program For Turkey*, İTÜ, İstanbul
- BSSC;** 1997, “NEHRP Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures 1997 Edition, Part 1: Provisions”, FEMA 302, Federal Management Agency.
- Campbell K.W.;** 1997, “Attenuation Relationships For Shallow Crustal Earthquakes Based On California Strong Motion Data”, *Seism. Res. Lett.*
- Erden T.;** 2001, “Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Metropolitan Şehirlerde Acil Durum Planlaması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- ESRI;** 2004, “ArcGIS Desktop Help”, USA
- Gülkan P. & Kalkan E.;** 2002, “Attenuation Modeling of Recent Earthquakes in Turkey”, Journal of Seismology 6: 397-409
- Hubert-Ferrari A., Barka A., Jacques E., Nalbant S.N., Meyer B., Armijo R., Tapponier P., King G.C.P.;** 2000, “Seismic Hazard In The Marmara Sea Region Following the 17 August 1999 İzmit Earthquake”, Nature 404.
- İTÜ – Afet Yönetim Merkezi;** 2001, “Acil Durum Yönetimi İlkeleri”, İTÜ Press, İstanbul
- JICA, İBB;** 2002, “Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dâhil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması”, İstanbul
- Karaman H.;** 2003, “İTÜ Kampüsü Afet Bilgi Sistemi, Afet Yönetimi Obje Modelinin Oluşturulması ve İlişkili Sorgulamaların Yapılandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ FBE, İstanbul
- McCoy J.;** 2004, “Geoprocessing In ArcGIS”, ESRI, USA
- Meade B., Hager B., McClusky S., Reilinger R., Ergintav S., Lenk O., Barka A., Özener H.;** 2002; “Estimates Of Seismic Potential in the Marmara Sea Region from Block Models of Secular Deformation Constrained by Global Positioning System Measurements”; Bulletin of the Seismological Society of America 92, 1, pp. 208-215
- Nath K.;** 2005, “An Initial Model of Seismic Microzonation of Sikim Himalaya Through Thematic Mapping and GIS Integration of Geological and Strong Motion Features”, Journal Of Asian Earth Sciences, 25, 329-343
- Oppel A.;** 2004, “Databases Demystified”, McGraw-Hill/Osborne
- Özbey C., Sarı A., Manuel L., Erdik M., Fahjan Y.;** 2004, “An Empirical Attenuation Relationship for Northwestern Turkey Ground Motion Using a Random Effects Approach”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 24, 115-125

- Parsons T., Barka A., Toda S., Stein R., Dieterich J.;** 2000, “Heightened Odds of LargeEarthquakes Near Istanbul: AnInteraction-Based ProbabilityCalculation”, Science
- Sadigh K., Chang C.Y., Egan J.A., Makdisi F.;** 1997, “SEA96 – A New Predictive Relation for Earthquake Ground Motions”, Seism. Res. Lett.
- Schneider P. & Schauer B.;** 2005, “Overview of HAZUS Earthquake model Technology & Applications”, Strategies for An Earthquake Loss Estimation Program For Turkey, İTÜ, İstanbul
- Schneider P. & Schauer B.;** 2005, “An Earthquake Risk Assesment Tool For Turkey”, Strategies for An Earthquake Loss Estimation Program For Turkey, İTÜ, İstanbul
- Stein S., Barka A., Dieterich J.;** 1997, “Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering”, Geophysical Journal International
- Tucker C. DeMerchant I., Bicking B., Boyd C., Pardy J., Conly M., Prince G., Kabot G., Pengelley A.;** 2000, “Using ArcToolbox”, ESRI, USA
- TÜBİTAK;** “Türkiye’nin Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Kayıt Sisteminin Genişletilmesi ve Yoğun Yerel Ağların Kurulması Projesi”, NATO - Barış için Bilim Programı
- Tüysüz O.;** 2003, “İstanbul İçin Deprem Senaryolarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı”, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Yomralıoğlu T.;** 2000, “Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

İnternette Kaynaklar:

<http://www.gislab.ktu.edu.tr>

<http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/>

<http://tr.wikipedia.org/wiki>

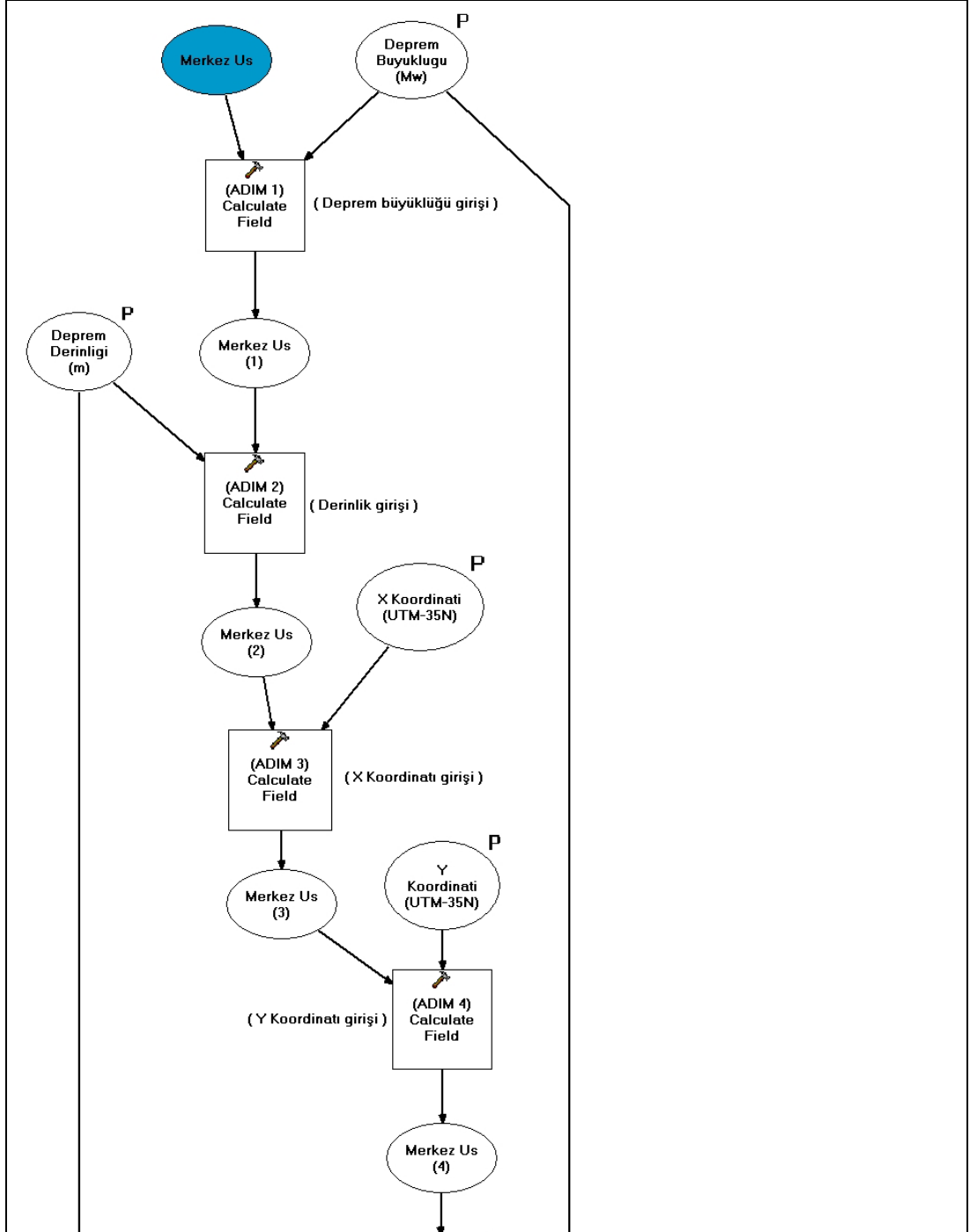
<http://www.cografyam.net>

<http://www.tdk.gov.tr/tdksozluk>

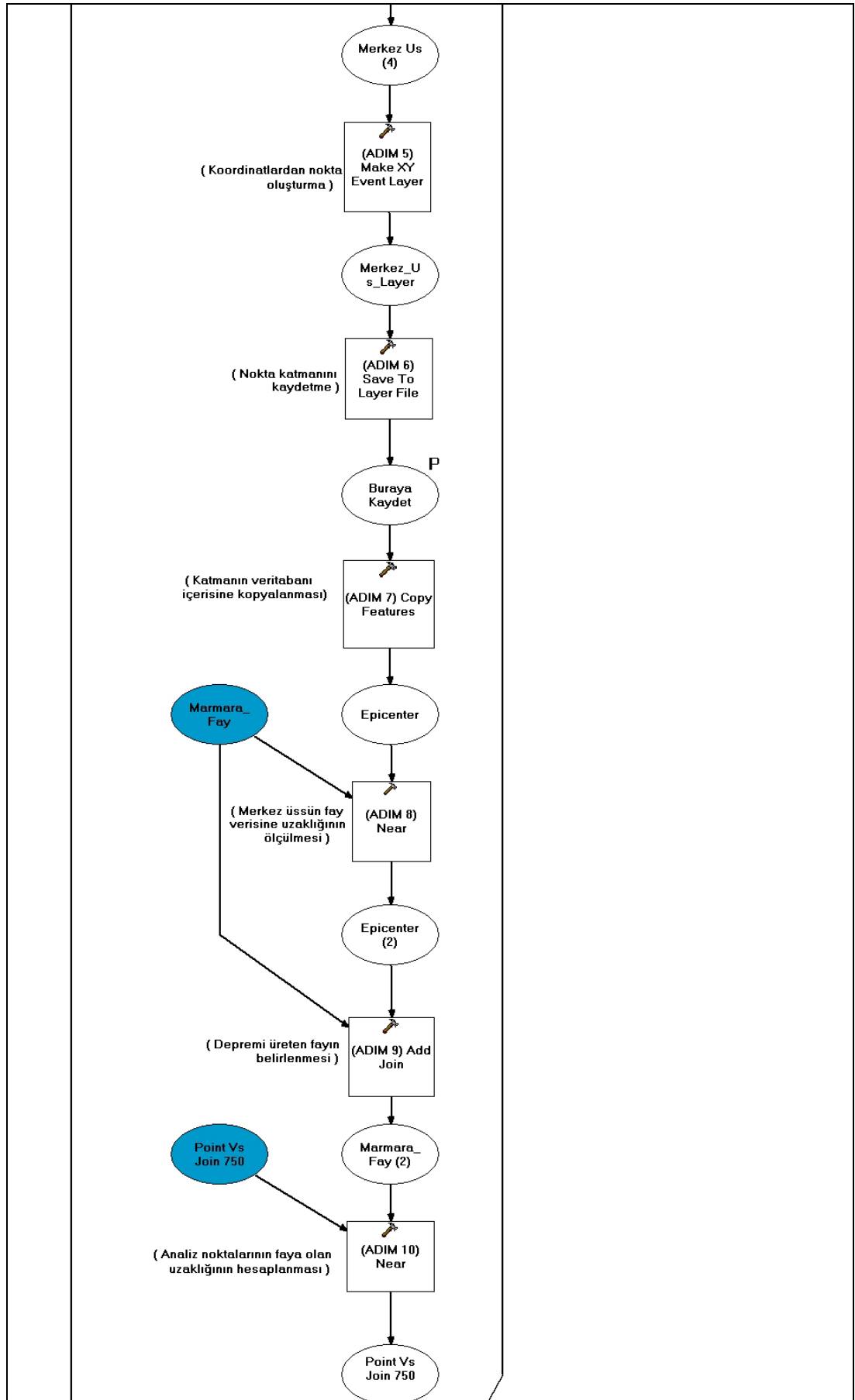
<http://www.service-architecture.com/object-oriented-databases/>

<http://www.zargan.com>

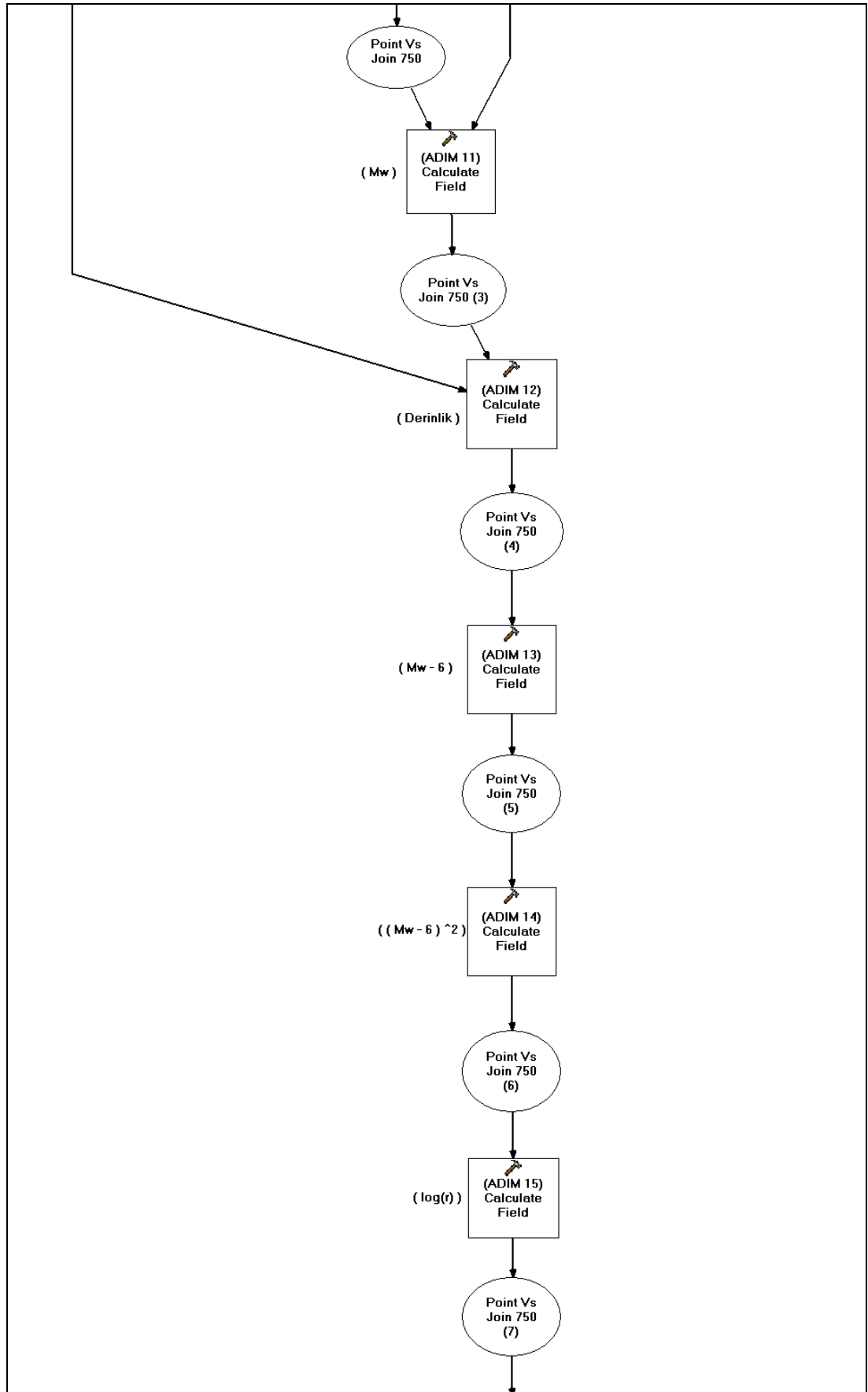
EK-I (MODEL AKIŞ ŞEMASI)



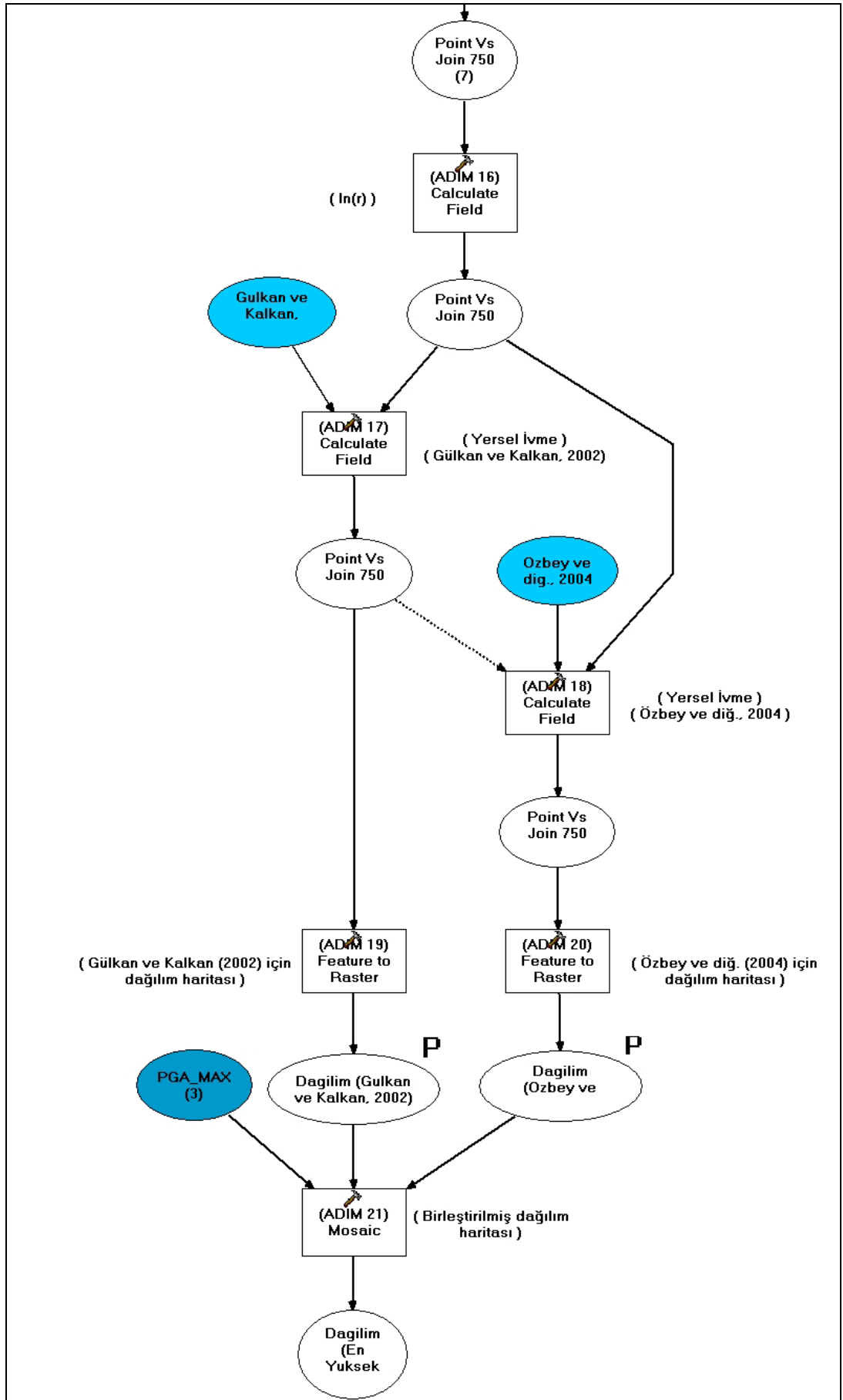
Şekil I.1: Model akış şeması.



Şekil I.2: Model akış şeması (devam).

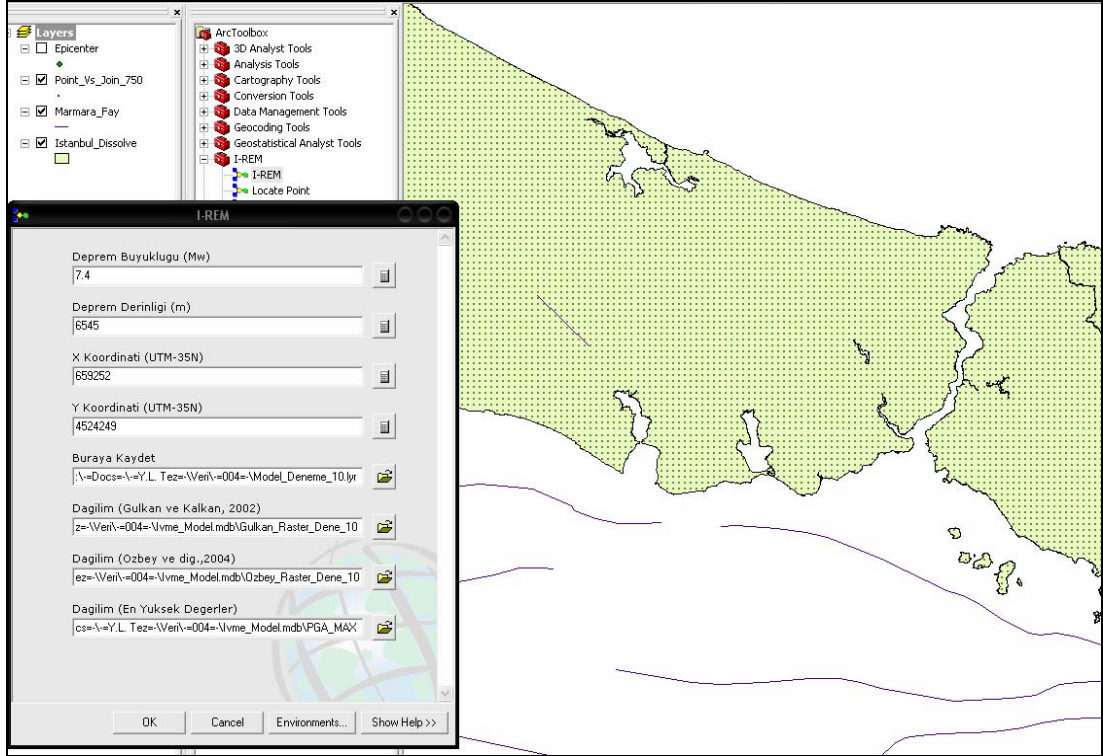


Şekil I.3: Model akış şeması (devam).



Şekil I.4: Model akış şeması (devam).

EK-II (ÖRNEK ÇIKTILAR)



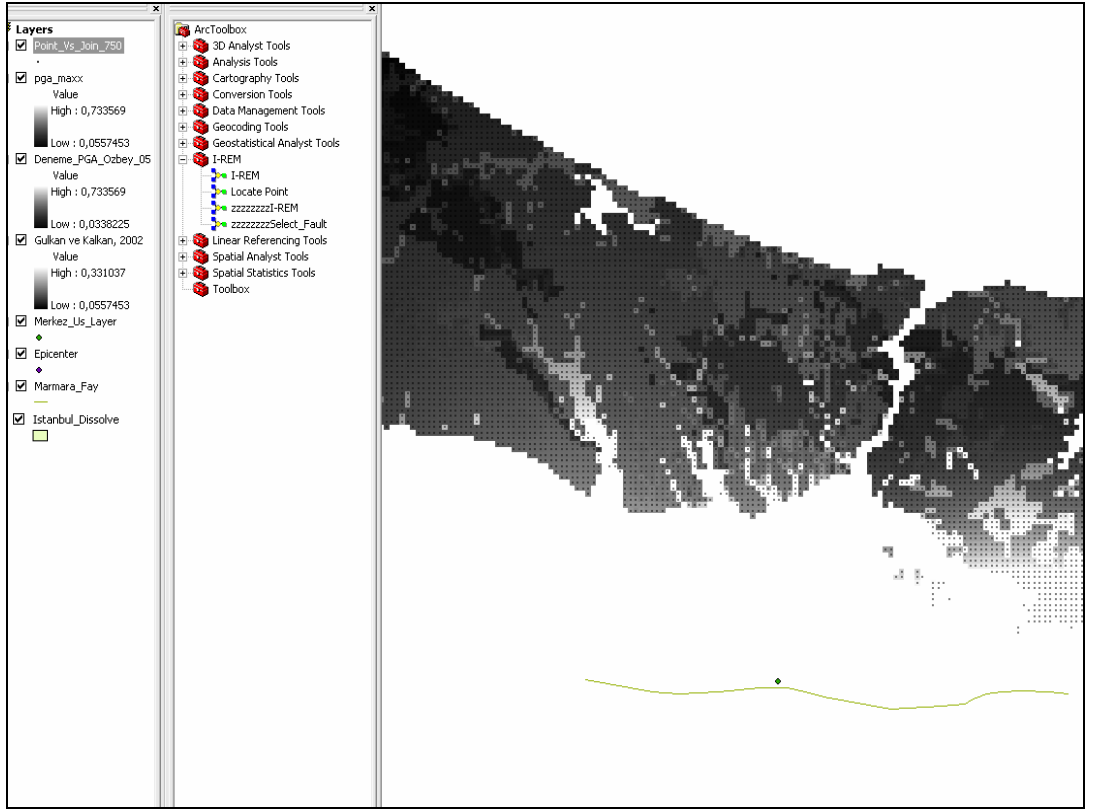
Mw = 7.4

D = 6545 m

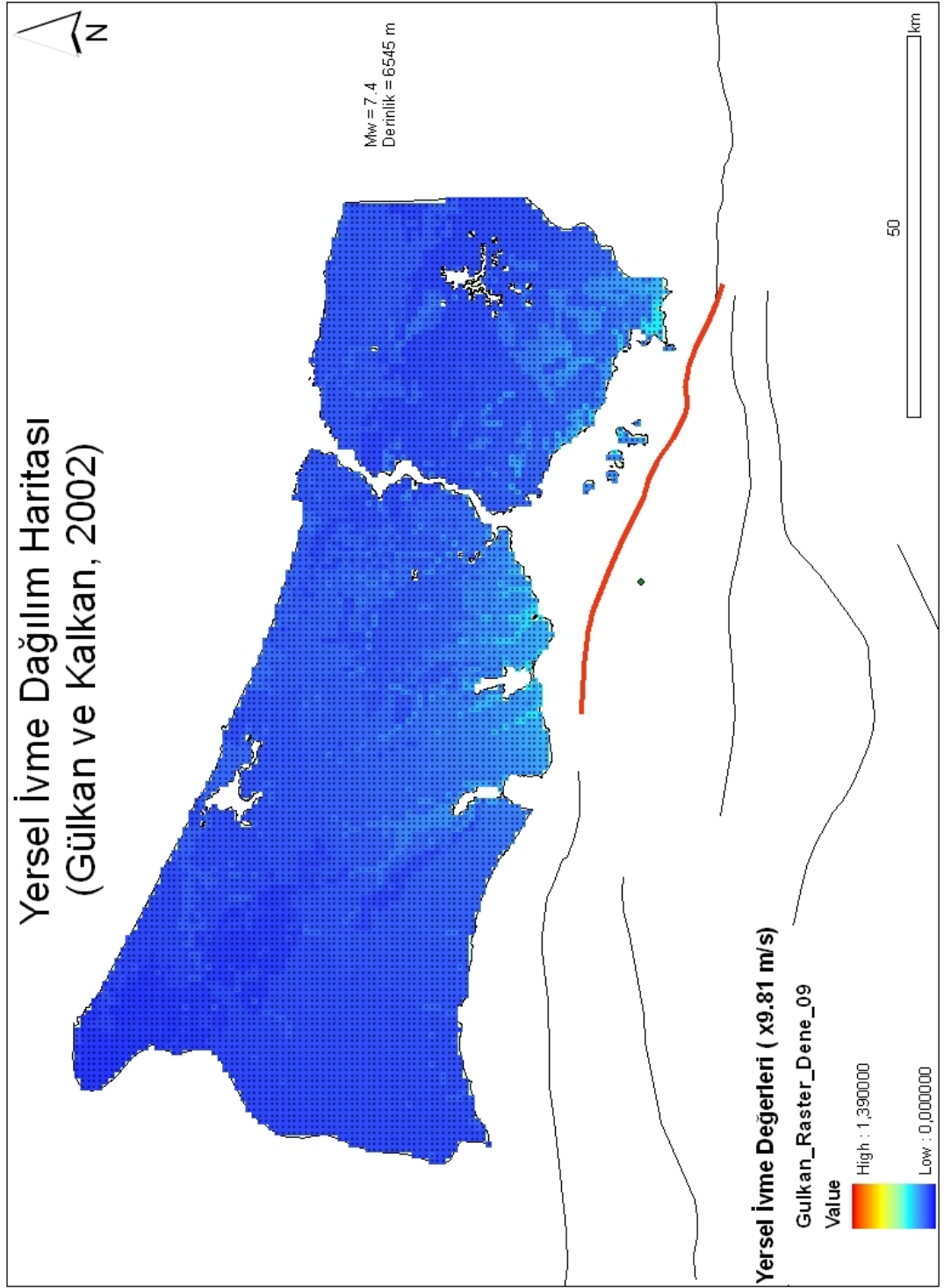
X : 659252 m

Y : 4524249 m

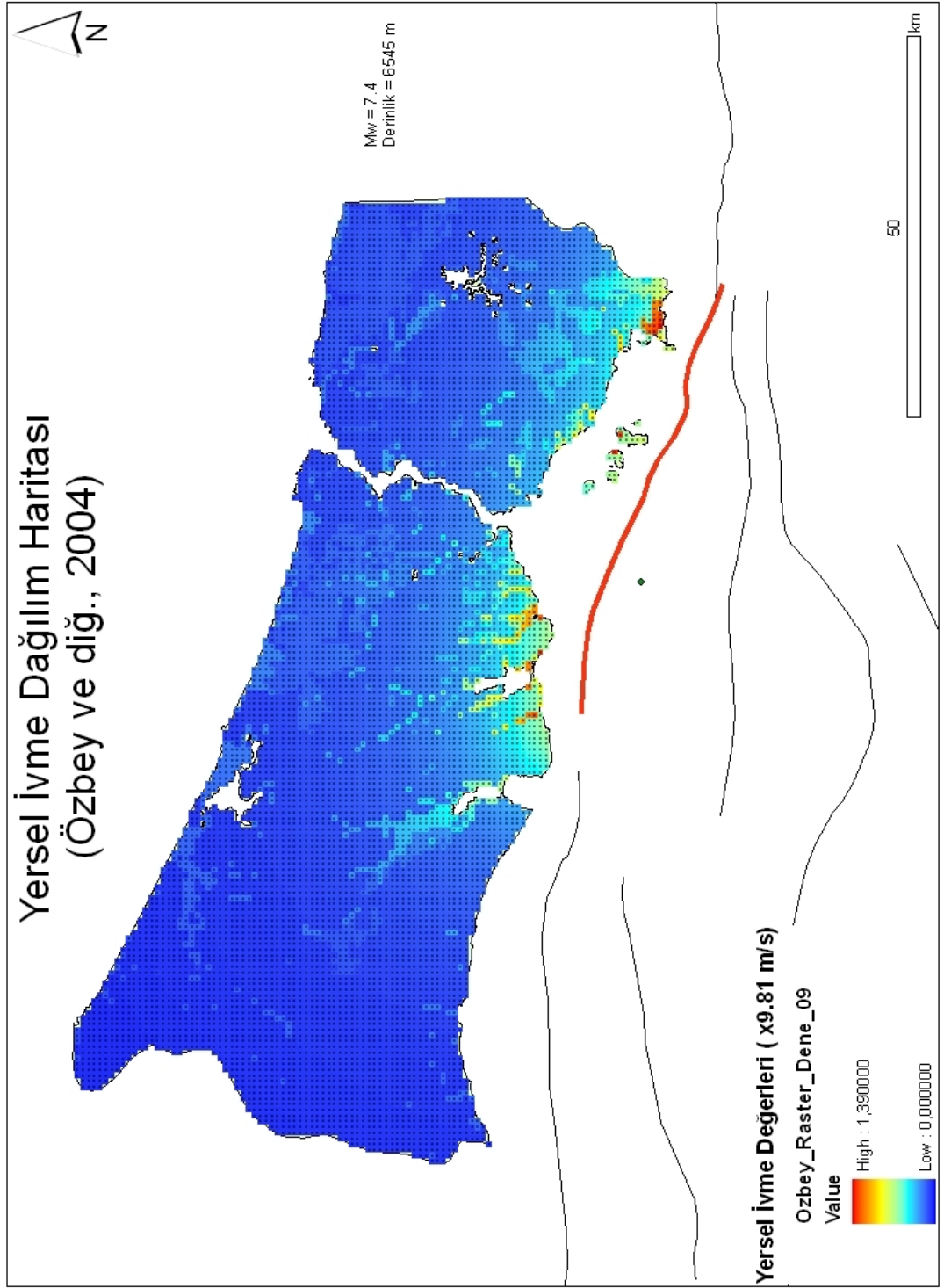
Şekil II.1: Model Sorgu Ekranı



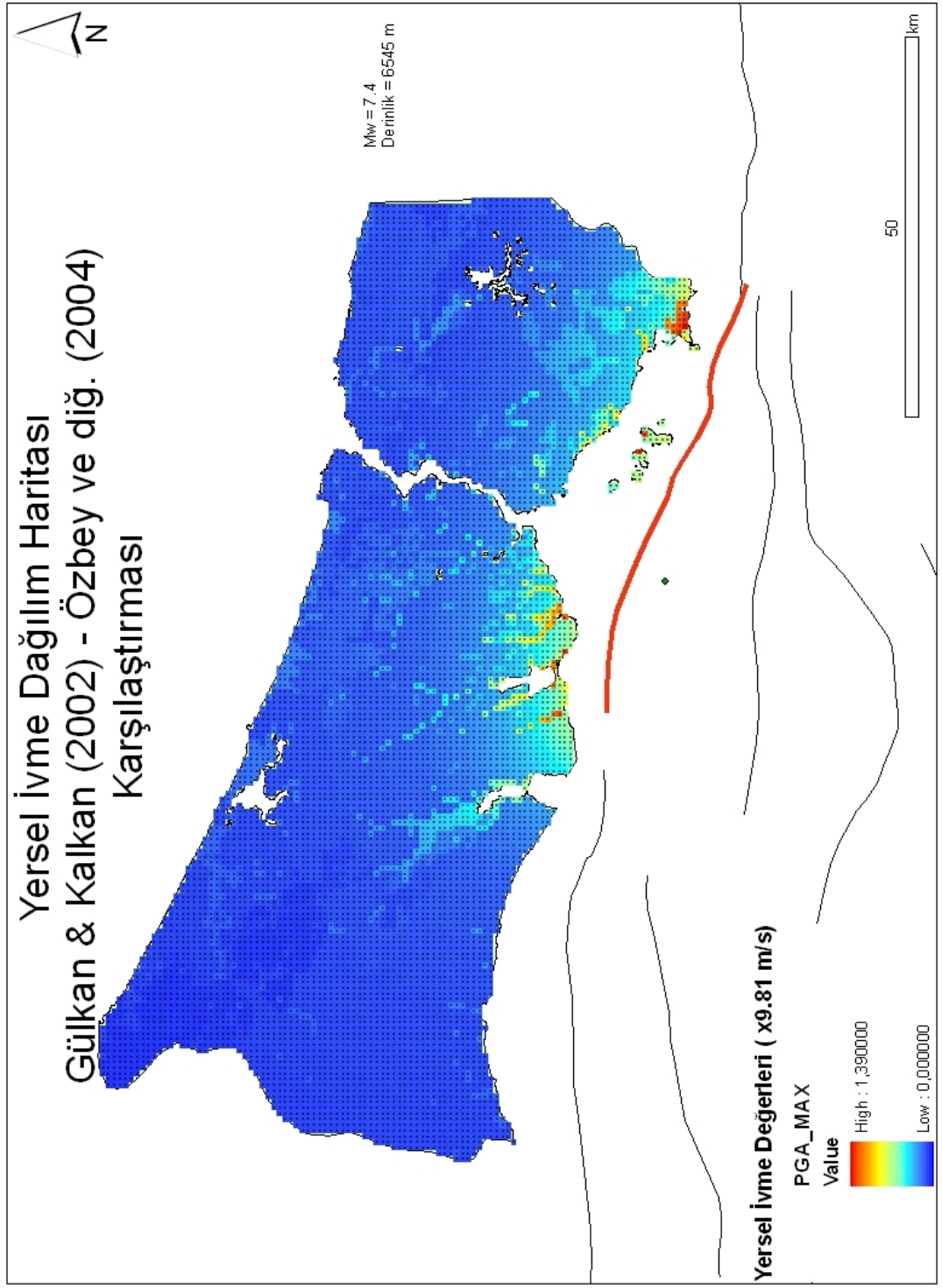
Şekil II.2: Model çıktı ekranı.



Şekil II.3: Yersel İvme Dağılım Haritası (Gülkan ve Kalkan, 2002)



Şekil II.4: Yersel İvme Dağılım Haritası (Özbey ve diğ., 2004)



Şekil II.5: Yersel İvme Dağılım Haritası (Gülkan & Kalkan (2002) – Özbey ve diğ. (2004) Karşılaştırması)

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara Özel Arı Koleji’nde tamamladı. 1996 yılında Ankara Özel Arı Fen Lisesi’ni kazandı ve lise öğrenimini 1999 yılında bu okulda tamamladı. 1999–2004 yılları arasında Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde mühendislik eğitimi aldı. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Yüksek Lisans Programında yüksek lisans eğitimine başladı. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Ana Bilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevi sürdürmektedir.