

**MESKUN BÖLGELERDEKİ TAŞKIN ZARARLARI
TAHMİNİNİN BULANIK SİSTEMLE MODELLENMESİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet ÖZGER

(5019901940011)

104131

104131

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 Haziran 2001

Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Haziran 2001

Tez Danışmanı : Prof. Dr. M. Emin SAVCI

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai ŞEN

Prof. Dr. Sabahattin ÜÇ(Y.T.Ü)

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Dünyada yeni yeni kabul görmeye başlayan bulanık mantık ve ondan kaynaklanan sistemler, Aristo mantığına karşı bir çok üstün özellikler sağlamaktadır. Sözel verileri de işleyebilen bulanık sistemler, belirsizlik çözümlemelerinde ve özellikle de kontrol işlemlerinde büyük kolaylıklar sunmaktadır. Bu çalışmada, olaya etki eden faktörler belirsizlik ihtiva ettiği için, bulanık ilkeler ile çözüme gidilmiştir. Meskun bölgelerdeki taşkın zararlarının tahmin edilmesi konusunda varolan istatistiksel yöntemlerin dışında yeni bir yöntem sunulmuştur.

Tezimde tecrübeleri ile beni aydınlatan, bilimsel araştırmalarımda yardımcı olan danışman hocam sayın Prof.Dr. Mehmet Emin SAVCI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam boyunca beni yönlendiren, maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen, bulanık mantık ile ilgili bilimsel değerlendirmelerini benimle paylaşan saygıdeğer ağabeyim Araş.Gör. Abdüsselam ALTUNKAYNAK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. İnşaat Fakültesi'nde açtığı yüksek lisans dersi "Mühendislikte Bulanık İlkelerle Modelleme" ile bulanık mantığın sevilmesini sağlayan, benden yardımlarını esirgemeyen ve gerekli dokümanları sağlayan sayın Prof.Dr. Zekai ŞEN'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamı hazırlarken bana yardımcı olan arkadaşlarım, Araş.Gör. Hüseyin BAYRAKTAR'a, İnternet bankacılığı uzmanı Murat KILIÇ'a, İnş.Müh. Murat Barış MANDEV'e; ayrıca, gerekli dokümanları sağlamamda bana yardımcı olan ve halen A.B.D.'de master eğitimlerini sürdürmekte olan Ömer BEĞENDİK ve Anıl ÇELİK'e; Tez yazımında bana yardımcı olan arkadaşlarım, Nezir MAZİ, Cüneyt AKAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2001

İnş. Müh. Mehmet ÖZGER

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xiii

1 TAŞKINLARIN VE TAŞKIN ZARARLARININ GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ	1
1.1 Giriş	1
1.2 Taşkın Tehlikesi	2
1.2.1 Önemli taşkın tipleri	3
1.2.2 Potansiyel taşkın tehlikesi değerlendirmeleri	4
1.3 Gerçek Zaman Tahminleri ve Taşkın İkazı	16
1.3.1 Veri toplama sistemi	18
1.3.2 Taşkın tahmin modelleri	18
1.3.3 Gerçek zaman uyarısı	19
1.3.4 Acil durum faaliyet planı	19
1.4 Taşkın Zararlarının Belirlenmesi Konusunda Yapılan Çalışmalar	20
1.4.1 Taşkın zararlarının belirlenmesinin önemi	20
1.4.2 Konu ile ilgili çalışmalar	21
1.4.3 Yıllık beklenen zarar	29
2 TAŞKINLARIN GENEL SEBEBLERİ VE TÜRKİYE'DEKİ DEĞERLENDİRMELERİ	32
2.1 Anadolu	32
2.2 Hava Kütleleri ve Yağışlar	33
2.3 Yağışlı ve Kurak Dönemler	35
2.4 İklimsel Değişim ve Yağış	35
2.5 El Niño Etkisi	36
2.6 Türkiye'de Meydana Gelen Taşkınlar ve Başlıca Sebepleri	39
2.7 Tropik ve Orta-Kuşak Fırtınaları	43
2.7.1 Konvektif olaylar ve ekstrem yağış	43
2.7.2 Kıyı taşkınları	43
2.7.3 Türkiye taşkınları	44
2.8 Türkiye'deki Taşkın Bölgeleri	45
2.9 Türkiye İçin Taşkın Yönetimi ile İlgili Öneriler	53
2.9.1 Geçmiş	53
2.9.2 Otomatik hava ve hidrometrik sistem dizaynı	53
2.9.3 Hidrometeorolojik tahmin ve uyarılar	54

3	MÜHENDİSLİKTE BULANIK (FUZZY) MODELLEME İLKELERİ	57
3.1	Belirsizlik Kavramları	57
3.1.1	Giriş	57
3.1.2	Belirsizlik ve kesin olmayış	60
3.1.3	Belirsizlik yöntemleri	62
3.1.4	Bulanık kümeler ve üyelik dereceleri	65
3.1.5	Bulanık sistem ne demektir ?	68
3.2	Üyelik Fonksiyonları	74
3.2.1	Giriş	74
3.2.2	Üyelik fonksiyonunun kısımları	79
3.2.3	Bulanıklaştırma	82
3.2.4	Üyelik derecesi ataması	83
3.2.5	Bulanık matematik	85
3.2.6	Durulaştırma	88
3.2.7	Bulanık kümelerin lamda kesimleri	88
3.2.8	Durulaştırma işlemleri	89
3.2.9	Bulanık kurallar ve sistemler	91
3.2.10	Doğal dil	92
3.2.11	Sözel eşikler (Linguistic Hedges)	93
3.2.12	Bulanık kuralların harmanlanması	94
3.2.13	Kural tabanlı sistemler	95
3.2.14	Grafik çıkarım teknikleri	96
4	MESKUN BÖLGELERDEKİ TAŞKIN ZARARLARININ BULANIK İLKELERLE TAHMİN EDİLMESİ	102
4.1	Modelin Kurulması	102
4.2	Üyelik Fonksiyonları Ve Kurallar	104
4.2.1	Bulanıklaştırma	105
4.2.2	Çıkarım	105
4.2.3	Durulaştırma	106
4.3	Veriler	107
4.4	Model Sonuçları	109
5	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	122
	KAYNAKLAR	124
	ÖZGEÇMİŞ	128

KISALTMALAR

ICOLD	:International Commission on Large Dams
CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemi
DEM	:Digital Elevation Model
DMBRK	:Dam Break
DMİ	:Devlet Meteoroloji İşleri
DPROG	:Damage Programming
DSİ	:Devlet Su İşleri
EİE	:Elektrik İşleri Etüt
FEMA	:Federal Emergency Management Agency
FIA	:Federal Insurance Administration
FIS	:Federal Insurance Study
GCM	:Global Climate Model
GIS	:Geographic Information Service
HECRas	:Hydrologic Engineering Service
NFIP	:National Flood Insurance Program
NWS	:National Weather Service
TEMA	:Türkiye Erezyonla Mücadele Vakfı
USACE	:United States Army Corps of Engineers
USCOLD	:United States Committee on Large Dams
USGS	:United States Geology Service

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Bazı ülkelerin potansiyel ekonomik zararları.....	7
Tablo 1.2 Dolaylı zararlar cinsinden dolaysız zararlar	13
Tablo 1.3 Tek katlı bodrumsuz bir konut için derinlik-zarar değerleri.....	22
Tablo 1.4 FIA derilik-zarar verileri (1974).....	24
Tablo 1.5 Huntingon bölgesi mühendisler birliği derinlik-zarar verileri	25
Tablo 2.1 1960 – 1992 Fırtına istatistikleri.....	43
Tablo 2.2 Türkiye taşkınlarından bazı örnekler.....	44
Tablo 2.3 Havza özellikleri.....	47
Tablo 2.4 1970-1997 Taşkın envanteri.....	48
Tablo 2.5 Türkiye taşkınlarının havza bazında aylara göre dağılımı.....	50
Tablo 2.6 Havza bazında yıllara göre taşkın zararları.....	51
Tablo 4.1 Kural tabanı.....	110
Tablo 4.2 Tek katlı bodrumsuz konut için zarar(yapısal ve iç) yüzdeleri	113
Tablo 4.3 Tek katlı ve bodrumlu bir konut için zarar (yapısal ve iç) yüzdeleri.....	116
Tablo 4.4 Model sonuçlarının karşılaştırılması.....	120

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 İki farklı nehrin hidrografları	7
Şekil 1.2 Taşkın haritasına bir örnek	10
Şekil 1.3 Yıllık beklenen zararın hesaplanması.....	12
Şekil 1.4 Taşkın zararının derinlikle değişimi.....	14
Şekil 1.5 Tipik derinlik-zarar eğrileri.....	16
Şekil 1.6 Derinlik-zarar eğrileri.....	23
Şekil 1.7 Drenaj alanı ile zararın değişimi.....	25
Şekil 1.8 Aşılma olasılığı-zarar bağıntısı.....	29
Şekil 1.9 Derinlik-zarar fonksiyonları.....	30
Şekil 2.1 El Niño' nun dünya üzerinde etki ettiği bölgeler	37
Şekil 2.2 Pasifik'teki deniz suyu sıcaklıklarının 5 aylık hareketli ortalaması.....	38
Şekil 2.3 Taşkın sebepleri	40
Şekil 2.4 Farklı çaptaki felaketler	45
Şekil 2.5. Türkiye akarsu havzalarında taşkın gören alanlar (1970-1997).....	46
Şekil 2.6 1970-1997 yılları arası meydana gelen zararlar	50
Şekil 2.7 Yıllara göre taşkın zararları değişiminin havza bazında 2'li hareketli ortalaması	52
Şekil 3.1 Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme.	67
Şekil 3.2 Klasik sistem.....	70
Şekil 3.3 Genel bulanık sistem	71
Şekil 3.4 TSK bulanık sistemi	73
Şekil 3.5 Bulanıklaştırma-durulaştırma birimli bulanık sistem	74
Şekil 3.6 Bitişik dikdörtgen gösterim	75
Şekil 3.7 Bitişik üçgen gösterim.....	76
Şekil 3.8 Örtüşmeli üçgen gösterimi.....	77
Şekil 3.9 Bulanık küme.....	78
Şekil 3.10 Yamuk ve çan eğrisi üyelik fonksiyonları.....	78
Şekil 3.11 Üyelik fonksiyonu kısımları	79
Şekil 3.12 Bulanık kümeler, (a) normal, (b) normal olmayan.....	80
Şekil 3.13 Bulanık kümeler, (a) dış bükey, (b) dış bükey olmayan	80
Şekil 3.14 Dış bükey bulanık kümelerin kesişimi	81
Şekil 3.15 Gauss (a) bulanık kümesi (b) dağılım fonksiyonu	82
Şekil 3.16 Hassaslık (a) Bulanık (b) Klasik	83
Şekil 3.17 Sıcaklık bulanık alt kümeleri.....	84
Şekil 3.18 Bulanık sayılar a) Üçgen, b) Yamuk	87
Şekil 3.19 Bulanık sayı kesim seviyeleri	87
Şekil 3.20 A bulanık kümesi	89
Şekil 3.21 Sentroid yöntemi ile durulaştırma	90
Şekil 3.22 EB-EK çıkarımı	97
Şekil 3.23 EB-Çarpım çıkarımı	99
Şekil 3.24 Bulanık girişlerle EB-EK çıkarımı.....	100
Şekil 3.25 Bulanık girişli EB-Çarpım çıkarımı	101
Şekil 4.1. Konutların arazideki yerlerinin taşkın dönüş periyotları ile eşlenmesi.....	107

Şekil 4.2 Zemin katta taşkın oluşum periyodu üyelik fonksiyonları	108
Şekil 4.4 Periyot üyelik fonksiyonları.....	109
Şekil 4.5 % Zarar üyelik fonksiyonları	109
Şekil 4.6 Taşkın bölgesindeki farklı mevkiiler için yıllık beklenen zararlar.....	119
Şekil 4.7 Taşkın bölgesindeki farklı mevkiiler için yıllık beklenen zararlar.....	119



SEMBOL LİSTESİ

Λ	: Mantıksal ve
$A(n), B(n), C(n)$	: Bulanık girdi kümeleri
A	: Drenaj alanı (m^2)
A_{ij}	: Bulanık girdi alt kümeleri
A_n^k	: k'ncı öncül kısmın bulanık kümeleri
APP	: Yapının görünüşü (0-4 arasında; 0: düşük, 2: orta, 4: yüksek)
A_λ	: Bulanık küme kesim seviyesi
B_n	: Bulanık çıktı alt kümeleri
BS	: Bodrum kat (0: var, 1: yok)
CM	: Yapı malzemesi (1: tahta, 2: tuğla, 3: taş)
D	: Zarar(\$)
$D'(n)$	: Mamdani çıkarım alt kümeleri
D	: Kanal tabanından itibaren su seviyesi,
EAD	: Yıllık beklenen zarar
EB	: En büyükleme
EK	: En küçükleme
FFSQF	: feet^2 olarak konutun ilk katının alanı
K_n	: Bulanık şartlı ifade
M	: İkili sayısı
m	: Destek elemanı sayısı
p	: Aşılma olasılığı
R.C	: Yenileme maliyeti
STO	: Kat sayısı (1, 1.5 veya 2)
TSQF	: Bodrum kat hariç feet^2 olarak toplam konut alanı
$U(n)$	: Bulanık çıktı kümeleri
U	: Üyelik fonksiyonunun max üyelik derecesine ulaştığı destek değeri
$\bar{u}(x)$	: Üyelik fonksiyonu
$\bar{u}_B^k$	: Üyelik derecesi kesim değeri
V	: Mantıksal veya
X_a	: Bulanık küme alt sınırı
X_b	: Bulanık küme üst sınırı

MESKUN BÖLGELERDEKİ TAŞKIN ZARARLARI TAHMİNİNİN BULANIK SİSTEMLE MODELLENMESİ

ÖZET

Dünyada taşkınlar çok büyük can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Bazı ülkeler Gayri Safi Milli Hasıllarının %2'sinden fazlasını taşkınlardan dolayı kaybetmektedirler. Gayet tabi, meydana gelen kayıplara bir çok etken etki etmektedir. Topografya, yağış, nehirlerin büyüklüğü, mevcut yerleşim alanları ve taşkın koruma için yapılan yatırımlar ülkelerin potansiyel taşkın zararlarını etkilemektedirler. Su kütlelerine yakın kurulmuş yerleşim bölgeleri, çeşitli nedenlerden kaynaklanan taşkınların etkisi altındadır. Geçmişten günümüze sağladığı avantajlardan dolayı su kütlelerine yakın yerlere kurulan ve oralarda gelişen yerleşim birimleri, potansiyel taşkın zararlarını daha da artırmaktadır.

Taşkınlardan korunmak için yapılan mühendislik yapılarında sağlanan faydanın maliyetleri belli bir oranda aşması gerekmektedir. Fayda-maliyet analizlerinde, maliyet hesaplamaları basit mühendislik hesaplamaları gerektirirken, sağlanan fayda ancak hidrolojik ve ekonomik etkenlerin bir arada değerlendirilmesi ile yapılabilmektedir. Ekonomik fizibilite açısından, sağlanan fayda yani önlenen taşkın zararları ancak potansiyel zararın tespiti ile belirlenebilir. Ayrıca konutların arazideki dağılımının olay üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu faktör, taşkın risk hesaplamalarında da çok önemlidir. Bunun yanında, taşkın sırasında en büyük zararların oluşacağı bölge tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlar taşkın havzası yönetiminde, temel bilgiler olarak kullanılabilir.

1. Bölümde yıllık beklenen zararın hesaplanması konusu üzerinde durulmuştur. Geleneksel yollarla yapılan hesaplamalarda istatistiksel yöntemler ön plana çıkmaktadır. Bu bölümde zararın boyutlarına ve şiddetine etki eden faktörlerin bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu güne kadar bu konu üzerinde yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilmiş derinlik-zarar eğrilerinin mekan ve zamanla değiştiği görülmektedir.

Taşkınlar tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de büyük zararlara sebebiyet vermektedirler. 2. bölümde Türkiye’deki taşkın olaylarının bir değerlendirmesi yapılmıştır. DSI’ nin her sene yayınladığı taşkın yıllıklarından derlenen verilerle yapılan değerlendirmede, Türkiye’de taşkın zararlarının artma eğiliminde olduğu görülmüştür. Ayrıca, Türkiye’de taşkınlara etki eden hidrolojik ve meteorolojik etkenlerin neler olduğu araştırılmıştır. Meteorolojik olayların havza bazında oluşturacağı tehlikeler incelenmiştir. Diğer taraftan, El Nino olayı Pasifik okyanusunun doğusundan kaynaklanmasına rağmen tüm dünyanın iklimini önemli ölçüde etkilemektedir. El Nino yıllarında Türkiye’de de bazı yörelerde iklimsel değişiklikler görülmüştür.

Taşkın olaylarında tüm dünyada son 25 yıldır bir artışın olduğu gözlenmektedir. Daha önce hiç taşkın görmemiş bölgelerde taşkın olayları görülmektedir. Bunun başlıca sebebi, global ısınmadır. Son taşkınlarda global iklim değişiminin bazı etkilerinin görülmesine rağmen, taşkın olaylarının diğer bölgelerde de görüleceği anlamına gelmemelidir.

Dünya nüfusunun yaklaşık 3’te 2’si su kütlelerine yakın yerlerde yaşamaktadır. Bunlar aynı zamanda pahalı yerleşim yerleridir. Bu yüzden buralardaki ticari, ekonomik ve endüstriyel etkinliklerin bir çoğu su orijinli doğal felaketlere maruz kalırlar. Bundan dolayı, taşkın sigorta şirketleri tüm dünyada yaygın hale gelmiştir.

Ayrıca 2.Bölümde Türkiye’de taşkın havzası yönetimi ile ilgili bazı öneriler ileri sürülmüştür. Taşkınları önceden haber verebilmek için hidrometrik şebekeler tasarlanmalıdır. Devlet kuruluşlarının da bu sistem içindeki yeri tekrar tartışılmalıdır.

Taşkın zararlarının tahmininde şimdiye kadar çoğunlukla istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Ancak istatistiksel yöntemler belirsizlikler içermektedir ve yapılan kabuller ile de bazı temel bilgiler kaybolmaktadır. Bu yüzden belirsizlik çözümlerinde iyi sonuçlar veren bulanık ilkelerle modelleme yapılmıştır. 3.Bölümde ise bulanık mantığın temel ilkeleri sunulmuştur. Dünyada yeni yeni kabul gören bulanık mantıkla Aristo mantığı karşılaştırılmıştır. Bulanık ilkelerin Aristo ilkelerine karşı sağladığı avantajlar, temel küme teorisi, bulanıklaştırma, çıkarım, durulaştırma işlemleri üzerinde durulmuştur.

Rasgele oluşan taşkınlar neticesinde havzada çeşitli zararlar oluşmaktadır. Zararın boyutları ise tamamıyla taşkının özellikleri ve taşkın gören yerin ekonomik durumu

ile ilgilidir. 4.Bölümde rasgele özelliğe sahip olan taşkının meydana getireceği zarar bulanık mantık ilkeleri kullanılarak kurulan model ile tahmin edilmiştir. Modelden çıkan sonuçlar daha önce yapılmış çalışmada bulunan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Model sonuçları yapılacak olan ön bir çalışma için tatmin edicidir.

Son bölümde ise model sonuçları değerlendirilerek çeşitli çıkarımlar öne sürülmüştür. Model çıktıları taşkın havzası yönetimi açısından da yararlı ipuçları sağlamaktadır.



FUZZY SYSTEM MODELING OF FLOOD DAMAGE ESTIMATION IN URBAN AREAS

SUMMARY

Floods are causing major life and property losses all over the world. Some countries lose more than 2% of their GDP's because of the floods. Of course there are many factors affecting the flood losses. Topography, precipitation, the size of the rivers, area available for settlement, investments in flood protection affects the countries flood potential. Settlement areas established nearby the watercourses are under the influence of floods originated from water events. The settlement areas established nearby the watercourses for the advantages of them, increase the potential flood damages.

For flood protection structures, benefits must exceed costs at a definite rate. In the cost-benefit analysis, costs can be calculated by simple engineering formulas. However benefits are calculated only by the evaluation of hydrologic and economic factors together. Provided benefits, namely prevented flood damages are determined only from potential flood damages. In this study, damages are estimated according to the changes if factors affected the event. On the other hand the effect of distribution of the property on flood plain is investigated. This factor is also very important for flood risk calculations. Besides of this, the zone that major damages occurred has to be tried to define. The results of this study can be used as a basic knowledge in flood plain management.

In section 1, the calculation of the expected annual damages are mentioned. These calculations are made by generally by conventional methods such as statistical methods. In this section an evaluation of the factors affecting the extent of event was made. There are many studies available on this subject today. These studies were reviewed and then realised that the depth-damage curves changes with space and time.

Floods generate major damages in Turkey as all over the world. In section 2, the evaluation of flood events in Turkey is made. The evaluation is made with data

edited from annual flood reports published by the State Water Works. It is determined that flood damages have an increasing trend. Besides, hydrological and meteorological factors affected the flood events in Turkey are investigated. Hazards originated from meteorological events in river basins are examined. On the other hand, El Nino event, which is originated from east of the Pasific Ocean, affects the all over worlds climate. In El Nino years, abnormal events occurred in some part of the Turkey.

In all over the world, flood event trends is an increasing manner for the last decades. This is mainly due to the global climate change. The recent floods seem to have some effects of global climate change although they can not be taken as a proof that it already takes in place in other parts of the country.

About two thirds of the world population lives nearby the water courses in urban areas. As a result most of the commercial, trade and industrial activities are prone to water disasters. So that, the insurance companies dealing with floods become more and more involved all over the world. Besides, in section 2, some proposition about the flood plain management in Turkey is suggested. For the purpose of flood warning, optimum hydrometric network should be designed. In this process, the position of state funds is discussed.

The estimation of the flood damages have been done by using a much more statistical method by now. But statistical methods involve some uncertainties and some of the basic information is loosed by assumptions. For this reason we establish a fuzzy system model that is very efficient in uncertainty analysis. In section 3, basic principles of fuzzy logic are mentioned. In this section Fuzzy logic, which has been being accepted in recent years by the world, is compared to aristo logic. Advantages of the fuzzy logic on aristo logic, basic set theory, fuzzification, inference and defuzzification operations are presented.

Flood causes damage the flood plain randomly. The extent of the damage is completely depend on the flood properties and flood plain economy. In section 4, the model established by using fuzzy logic estimates damage that occurred randomly. The results from model are compared to results obtained from past studies. The model results are satisfied for pre-calculations.

In the last section, model results are evaluated and some inferences are extracted. Results provide useful clues for the flood plain management.



1 TAŞKINLARIN VE TAŞKIN ZARARLARININ GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

1.1 Giriş

Taşkın sahasındaki yerleşim alanları taşkın riski ile karşı karşıyadır. Bununla birlikte, nehir kenarlarında yaşamının hem maddi hem de manevi yararları olduğu tartışılmaktadır. Tarihe baktığımızda bir çok medeniyetin suya yakın yerlerde kurulduğunu görmekteyiz. Suya yakın olma, tarihte bir çok avantaj sağlamıştır. Nehirler uzun mesafeli taşımacılığın en önemli yollarından biri olmuş, yemek ve içme suyu temininde kolaylık sağlamış, taşkının zararlı etkilerinin dışında araziye verimli topraklar getirmiştir. Nil nehrinin önemi Mısır için tartışılmazdır. Bununla birlikte günümüzde yukarıda sayılan avantajlar ya geçerliliğini kaybetmiştir ya da ihmal edilebilecek seviyededir. Örneğin karayolları ve tren yollarının gelişimi ile nehir taşımacılığı eski önemini yitirmiştir. Şimdi çok az insan nehirden balık tutarak kendi ihtiyacını karşılamaktadır genelde büyük balık pazarlarına giderek ihtiyacını görmektedir. Rasgele bir tarzda olan taşkının gübreleme etkisi ise yerini fabrikasyon türü gübrelere bırakmıştır.

Nehir kenarlarında yaşamının bir çok faydası kaybolmuştur (buna rağmen nehre atık su deşarjı ve diğer faaliyetler önemini korumaktadır). Fakat taşkının zarar verici yanı halen bir problem olarak kalmıştır. Mantıksal olarak bu etkiden kurtulmak için dereceli olarak yerleşim birimlerinin nehirden uzaklaştırılması lazımdır. Fakat bu her zaman mümkün olmamaktadır. Ayrıca Dünya ve Türkiye'deki yıllık taşkın zararlarında yıldan yıla bir artışın olduğu kesindir. Buna karşı şimdi nehir kenarında yaşamının avantajları, taşkından dolayı oluşan dezavantajlara üstün gelmektedir.

Şehirleşme sürecine göz attığımızda bunun daha da açık hale geldiğini görmekteyiz. İnsanlar yerleşim alanı tarafından sunulan avantajlardan yararlanmak için nehir kenarlarına yerleşmektedirler. Böylece artan kasaba ve köy nüfusları ile birlikte imkanlar ve alt yapı hizmetleri de gelişmektedir. Kasabalar sadece suya yakın

olmasından dolayı değil aynı zamanda tanıdığı imkanlardan dolayı çekici hale gelmiştir. Endüstri devrimi sırasında endüstrilerin çoğu mevcut imkanlardan yararlanmak, iş gücü potansiyelini değerlendirmek ve büyük pazarlara girmek için bu bölgelerde kurulmuştur. Böylece bu gibi kasabalara büyük göçler başlamıştır.

Su kenarında yaşamının avantajları taşkın problemi ile değerlendirildiğinde sonuç olarak insanlar taşkın ovalarına yerleşmekten vazgeçmemektedirler. Suyu yakın yaşamının azalan avantajları, şehirleşmenin artan avantajları ile telafi edilmektedir. Taşkın problemi sürekli varolacaktır. İşte bundan dolayı bu çalışmanın amacı taşkın zararlarının tespit edilmesine yardımcı, argümanlar sağlamaktır. Bu bilgiler havza yönetimi için de önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Taşkın koruma yapılarını fayda maliyet analizlerinde ve taşkın bölgesindeki risk primlerinin belirlenmesinde de verimli olarak kullanılabilir.

1.2 Taşkın Tehlikesi

Taşkın, normalde kuru olan bir bölgenin geçici olarak bir kısmının veya tamamının su ile veya katı madde ile aşağıdaki sebeplerden dolayı kaplanmasıdır.

Nehirlerin, derelerin, su kanallarının, göllerin taşması

1.Aşırı yağışlar

2.Kıyı fırtınaları

3.Heyelanlar

4.Su tutan yapıların yıkılması veya işletimindeki yanlışlar

5.Yer altı su seviyesinin yükselmesi

1.2.1 Önemli taşkın tipleri

1.2.1.1 Tsunami

Deniz depremleri, volkanik patlamalar veya denize büyük toprak parçalarının kayması ile tetiklenen, derin bölgelerdeki hızı saatte yaklaşık 100 km ulaşan dalgadır. Bu dalga kıyı bölgesine ulaştığında yıkıcı bir özelliğe sahiptir.

1.2.1.2 Kıyı fırtınaları ve gel-git olayları

Şiddetli fırtınanın deniz kıyısındaki suları sahile sürüklemesi ile su baskınları meydana gelir. Bu olay saatlerce sürer. Özellikle büyük gel-git olaylarının önemli miktardaki suyu sahil boyunca biriktirmesi ile oldukça büyük alanlar sular altında kalır.

1.2.1.3 Lahar

Bir volkanın patlaması ile ortaya çıkan büyük miktardaki kül kütlesi, patlamanın hemen ardından yağın yağmur ile birlikte dağı eteklerinde bir kül akıntısı oluşturur. Aynı süreç karla kaplı bir volkanın karlarının lavların etkisiyle erimesiyle de oluşur.

1.2.1.4 Buz birikmesi

Baharla birlikte buz tutmuş nehirlerden kopan buz parçaları köprü veya buna benzer bir engel ile karşılaştığında alıkonulur. Bu ise nehrin akış kesitinin daralmasına ve dolayısıyla da memba kısmında kabarmalara ve taşkınlara sebep olur. Ayrıca bu birikimin aniden çözülmesi ile birlikte de mansap kısmında taşkın olayları görülür.

1.2.1.5 Aşırı yağışlar

Küçük bir bölge üzerindeki kısa ve şiddetli yağışlar, suyun önemli ölçüde yükselmesine sebep olur. Bu ise ani taşkın, erozyon ve moloz birikimi ile sonuçlanır

1.2.1.6 Nehir taşması

Günlerce veya haftalarca süren yağışın etkisiyle nehir debisini geçiremeyerek etrafına taşar. Bu tipteki bir taşkında km²'lerce alan sular altında kalır.

1.2.1.7 Baraj yıkılması

Aşırı yağışlar, rezervuara büyük toprak kütlelerinin kayması ve dizayn hataları toprak dolgu barajlarının yıkılmasının en önemli sebeplerindendir. Felaketlerin çoğu inşaat sırasında veya tamamlandıktan kısa bir süre sonra meydana gelir. B olaylarla son 30-40 yılda ortalama olarak yılda 1-2 kez karşılaşmaktayız.

1.2.1.8 Toprak kayması

Bir yamaçtaki zemin yoğun yağışla birlikte aşırı derecede doymunluğa ulaşarak harekete başlar. Dağın eteklerinde bulunan yerleşim birimlerinde çok büyük zararlar meydana getirir.

Arazi insanlar tarafından kullanılıyorsa taşkın; ekinlere, mülkiyete ve altyapıya zarar verebilir hatta insan ölümlerine sebep olabilir.

Taşkın tehlikesi taşkın sahasındaki su baskının boyutları ile değerlendirilir. Taşkın suyunun maksimum derinliği ve kalma süresi, bunun yanında taşkın seviyesindeki yükselme hızı taşkın şiddetini belirleyen önemli faktörlerdendir. Ayrıca akım hızı da bir faktör olabilir. Taşkın seviyesinin yavaş yükselmesi, bazı taşınabilir eşyaların güvenli yerlere konuşlandırılması ve insanların hayatlarını kurtarmaları için yeterli zaman sağlar ve minimum zarar ile sonuçlanır. Fakat taşkın seviyesinin hızlı yükselmesi büyük zararlara ve hayati kayıplara yol açabilir.

Taşkın zararlarını değerlendirmek için arazi kullanım ve taşkın şiddeti haritaları gereklidir. Eş zamanlı taşkın tahminleri ve uyarı; taşkın sonucu oluşacak su baskının boyutlarını ve zamanını tahmin edebilir ve böylece potansiyel zararların azaltılmasına imkan sağlayabilir. Katastrofik bir taşkın sırasında, daha önceden ayarlanmış güvenli yerlere halkı tahliye etmek amacıyla, bir çok taşkına eğilimli bölgede tehlike aksiyon planları mevcuttur.

1.2.2 Potansiyel taşkın tehlikesi değerlendirmeleri

Toplam taşkın zararı potansiyel taşkın tehlikesini gösteren önemli göstergelerden biridir. Taşkın zararlarının belirlenmesinde ilk adım belli bir taşkın olayı için ortaya çıkan taşmanın şiddetinin değerinin biçilmesidir. Taşkın şiddetinin en önemli ölçüleri;

taşkın sahasının boyutları, su basan yerlerdeki binalar, depolar, ekili araziler vb., taşma derinliği ve taşma sũresidir.

Zarar bũyũklũęũnũ belirleyen diğer faktũrler ise maksimum derinliğe ulaşması için geçen sũre, akım hızı, katı madde konsantrasyonu ve taşkının gũrũlme sezonudur.

Genel olarak; taşkın sahasındaki potansiyel taşkın zararı iki tip haritanın birleştirilmesi ile bulunabilir.

Tarım arazilerini (ekin tũrleri ve mevsimleri), konutları, fabrikaları ve diğer altyapıları içeren gelişme detaylarını gũstermelidir. Bu haritalar zamanla değişken olmalı ve periyodik olarak gũncellenmelidir.

Taşkın sahasındaki eş taşkın derinliği eğrilerini gũsteren haritalar: bu haritalar da zamanla değişken olmalı ve havzada arazi kullanımındaki değişmeler ve taşkın sahası gelişimine gũre gũncellenmelidir. Haritalar geçmişteki bũyũk taşkımlar için ve değişik tekerrũr sũreli taşkımlar için hazırlanmalıdır.

Taşkının boyutları ve derinliği en iyi geçmişten elde edilen verilerle belirlenir. Bu veriler, taşkın derinlikleri ve zararları, seviye-zarar ve seviye-frekans verilerinin çıkarılmasında kullanılırlar. Genel olarak istenen bũtũn frekanslar için geçmişteki taşkın zararları mevcut değildir. Seçilen bir yerdeki sentetik taşkın sınırları ve derinlikleri, çeşitli tekerrũr aralıklarındaki taşkın pikleri için belirlenir. Bu sentetik veriler potansiyel zararın değerini biçmek için kullanılır. Taşkın pikleri ve/veya taşkın hidrografları çeşitli prosedũrleri kullanarak belirlenebilir.

1.2.2.1 Zarar değerlendirmesi

Kayıpların boyutlarını ve miktarını belirleyen zarar tespit sũreci doğal bir felaket olan taşkının çeşitlerine gũre değişir. Su bir çok tũrde zarara sebep olabilir. Emici materyaller suyu emerek şişebilir. Elektrik sistemleri kısa devre yapabilir. Metaller, uezellikle tuzlu sularda korozyona uğrayabilir. Taşkın suları aynı zamanda partikũller taşır ve bunların içinde kimyasal ve biyolojik maddeler vardır. Bunlar sular ile birlikte çatlaklara ve kũũk oyuklara taşınırlar ve orada birikirler. Suların orayı terk etmesinden sonra biriken maddeler orada kalırlar ve materyalleri tahrip ederler. Mobilya, duvarlar ve duvar kaplamaları, elektronik eşyalar, elbiseler, kırtasiye

malzemeleri, yiyecekler taşkın sonucunda kullanılmayacak hale gelirler. Makineler, taştan yapılmış eşyalar, altyapı sistemleri ve araçlar temizlenebilir ve onarılabilir fakat bunlar için büyük harcamalar gerekir. Su seviyesi yükseldikçe daha çok eşya ıslanacağı için daha büyük zararlar meydana gelir. Buradan, su seviyesinin toplam zararı belirlemekte önemli rolü olduğu sonucu çıkmaktadır.

Akım etkisi ile seddeler sürüklenir ve binaların altı oyulabilir. Bu ise binanın çökmesi ile sonuçlanabilir. Nehirlerin taşması, taşkın seddelerinin yıkılması ve aşırı yağışlar sonucu bir akım etkisi meydana gelir.

Akımlar sadece yapılara zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda çeşitli maddeleri mansaba doğru taşırlar. Sökülmüş ağaçlar veya arabalar binalara çarptığında büyük zarara sebep olurlar. Büyük bir alan enkazla kaplanır. Saatte 5 km. hıza ve sadece 0.5 metre derinliği olan bir akım rahatlıkla bir insanı sürükleyebilir.

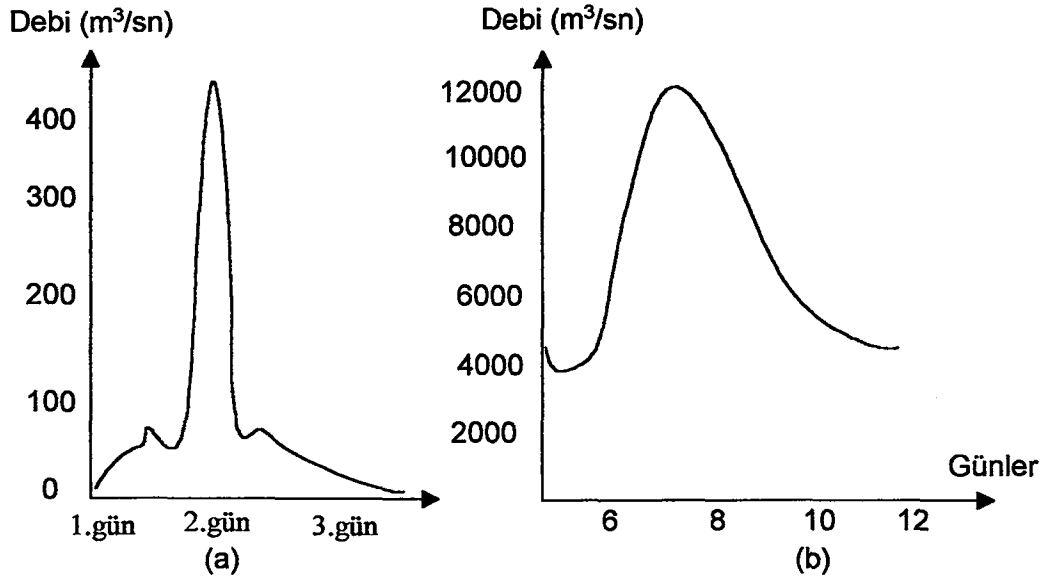
Genel olarak akım hızları 3 ila 10 km./saat arasında değişir. Avustralya'daki bazı nehirlerde akım hızları 1 km/saati geçmemektedir. 20 km/saati de aşan akımlarda çok sık görülmemektedir. Sular nehir yatağını terk ettiğinde, herhangi bir topoğrafik durum ile karşılaşmadığı müddetçe akım hızları önemli miktarda azalır.

Baraj veya bir biriktirme haznesinin yıkılmasından sonra meydana gelen taşkın dalgası çevredeki binaları kolayca sürükleyebilir. Aynısını sahillerdeki fırtınalar esnasında oluşan büyük dalgalar da yapabilir.

Taşkın sırasında, nehirler büyük miktarlarda enkaz ve çamur taşırlar. Bunlar, akımın hızına ve yer şekillerine bağlı olarak, moloz ve çakıldan ince kuma kadar olan maddelerin karışımından oluşur. Akarsu yatağının dışında oluşan bu moloz yığının derinliği bir kaç cm.'den 1 metreye kadar olabilir. Tavanına kadar dolmuş bodrum katları nadir rastlanan bir durum değildir. Bu materyaller çoğunlukla kürek ve el arabaları yardımı sayesinde el emeği ile uzaklaştırılmak zorundadır. Tabii ki bu da temizlik ücretlerine yansır.

Taşkın sularının yükselme hızı kayıpları etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Sağnak yağış sırasında su yüksekliği bir kaç dakika içinde 1 metreyi bulabilir. Diğer yandan daha geniş bir akarsu yatağında seviye yükselmesi saatte sadece bir kaç cm civarındadır. Bu durum erken uyarı sistemlerinin çalışmasına olanak sağlar. Küçük

akarsu yatakları ani bir sağanak yağışa büyük akarsu yataklarına göre daha hızlı tepki verir. Bu ise farklı erken uyarı periyotları ile sonuçlanır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 İki farklı nehrin taşkın hidrografları

Bir nehir taşmasından veya fırtına ile oluşan büyük dalgaların sahil kıyılarını sular altında bırakmasından sonra su o bölgede haftalarca kalabilir. Genel kural; su ne kadar çok kalırsa zararının da o denli büyük olacağı şeklindedir. Bunun sebepleri ise; organik materyallerin çürümesi, zayıf yapılmış harçların ayrışması, metallerin korozyona uğraması ve mikropların su sıcaklığına bağlı olarak hızla üremesidir. Bu faktörlerin bir arada olması, mal sahibi için tahmin edilemeyecek zararların oluşmasına sebep olabilir. Eğer sigorta güvencesi yoksa hiç bir şekilde tazminatı olmayacaktır.

Tablo 1.1 Bazı ülkelerin potansiyel ekonomik zararları

GSMH'nın yüzdesi olarak	Zarar Boyutları		
	>USD 10milyar	USD 3-10 milyar	USD 0.5-3milyar
>%2	Hollanda	Çek Cumhuriyeti	Ekvator
	Çin	Güney Afrika	
		Polonya	
% 1-2	İtalya	İsviçre	Portekiz
	Almanya	Arjantin	Avusturya
	İngiltere		
<%1	ABD	Avustralya	Filipinler
		İspanya	Tayvan
		Kanada	Belçika
		Fransa	Endonezya
		Brezilya	
		Japonya	

Ülkelerin potansiyel taşkın zararları (Tablo 1.1) bir çok faktöre bağlıdır; topoğrafya, yağış, nehirlerin büyüklüğü ve yağışların olduğu mevsimler ve de yerleşim için uygun alanlar veya taşkın koruması için yapılan yatırımlar da önemlidir.

1.2.2.2 Taşkın öncesi hesaplamalar

Çeşitli aşılma olasılıkları için taşkın pik debileri, sınırları, derinlikleri ve ortalama akım hızları taşkından önce yapılan hesaplamalar ile belirlenebilir. Bu hesaplamaların amacı açık kanaldaki ve taşkın sahasındaki su yüzeyi profillerinin şeklini belirlemektir. Su yüzeyi profillerini belirlemek için yaygınca kullanılan bilgisayar programlarından ikisi WSP-2 (USDA,1976) ve HEC2 (USACE,1991)'dir.

Bu programlar (Taşkın çözümlemesi için microcomputer yazılımları) taşkın tehlike bölgesinin resmini göstermek ve taşkın izlediği yolu belirlemek için taşkın sahası yönetiminde ve taşkın sigortası çalışmalarında kullanılır.

Çeşitli konumlarda, tahmin edilen su yüzeyleri, farklı seviyelerdeki taşkınlar için taşkın sınırlarının belirlenmesi amacıyla topografik haritalar üzerine aktarılmıştır. Tahmin edilen su yüzeyi profilleri, değişik taşkın piklerine tekabül ettiği için herhangi bir yerdeki taşkın süresi belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, seçilen bir mevkideki taşkın süresi, taşkın hidrografından ve debi-seviye ilişkisinden tahmin edilebilir. Taşkına sebep olan seviyeye tekabül eden debiyi tahmin etmek için kullanılır. Hidrograf daha sonra, debinin kritik değerden daha fazla olduğu hidrografın alçalma ve yükselme eğrisi arasındaki zamanı belirlemek için kullanılır. Bu zaman süresi daha sonra taşkın zararlarını tahmin etmek için var olan arazi kullanım haritalarında kullanılır. Taşkın süresi tarımsal zararların belirlenmesinde en önemli parametredir.

1.2.2.3 Baraj yıkılma analizleri

Barajlar su temini, sulama, enerji, taşkın kontrolü ve mesire yerleri gibi faydalar sağlamak için inşa edilirler. Bununla birlikte baraj yıkılmaları, tutulan suyun aniden serbest kalmasıyla mansaptaki vadide katastrofik (feci) taşkına sebep olabilir. Depolanan suyun hacmine ve baraj yüksekliğine bağlı olarak, taşkın piki geçmişte bilinen bütün taşkınları oldukça aşabilir. Uyarma zamanının, yağıştan oluşan taşkın için olan zamanla karşılaştırıldığında çok daha kısa olduğu görülür.

ICOLD (1973, The International Commission on Large Dams) ve USCOLD (1975, United States Committee on Large Dams) ASCE ile birlikte çalışarak sunduğu raporda baraj yıkılmalarının % 38'inin yetersiz dolu savaktan, % 33'ünün baraj gövdesinden sızma veya borulanmadan, % 23'ünün temel problemlerinden, yaklaşık % 6'sının da yamaç kayması ve depremten dolayı zemin sıvılaşmasından veya zarardan kaynaklandığını belirtmiştir.

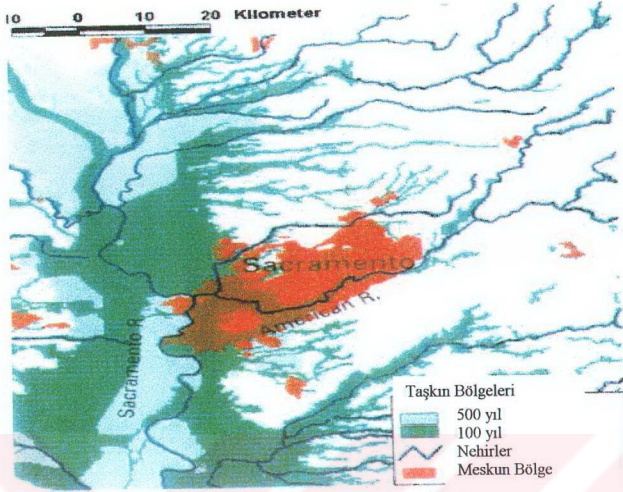
Baraj yıkılması taşkın hidrografi ve mansap vadisi boyunca izlediği rotayı simule eden bir çok bilgisayar modeli geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılan DAMBRK modelidir (Fread, 1988).

1.2.2.4 Taşkın haritaları

Taşkın tehlikesi bilgileri, taşkın boyutlarını gösteren haritalardan temin edilebilir. Taşkın haritalama belirli bir taşkın riski olasılığına tekabül eden hem gerçek hem de farazi taşkınların belgelenmesinde kullanılır. Nehirlerden, baraj yıkılmalarından, göllerden, gelgit olaylarından, tsunamilerden ve alüvyonlu kanallardan dolayı oluşan taşkın bölgelerinin haritalanması mümkündür.(Şekil 1.2)

Geçmişteki büyük taşkınlar yaklaşık 100 yıldır, genellikle USGS tarafından haritalanmaktadır. Bununla birlikte Amerika'da geniş ölçekli taşkın haritalama işine 1966 yılında rastlanır. Bu yılda sunulan rapor taşkın kontrolü için yapısal önlemler üzerinde yoğunlaşan ve taşkın sahası yönetimi ve yapısal olmayan çözümler üzerinde vurgu yapan mevcut federal politikadaki yetersizliklere dikkat çekmiştir. Bu iş planlama ve yönetim için temel olan taşkın haritalarına gereksinimin vurgulanması ile sonuçlanmıştır.

Yapılan çeşitli kongreler sonucunda, 1968'de Amerika'da NFIP isimli bir program geliştirilmiştir. Bu program, toplumdaki taşkın zararları için sigorta (poliçe) sahiplerine finansal tazminat sağlamaktadır. Ayrıca, toplumun yargı hakları çerçevesinde, taşkın eğilimli arazilerin gelişimini düzenlemektedir. NFIP'nin verimli çalışması için temel gereksinim her bölge içinde var olan taşkın tehlikesi bilgileridir. Bunlar; taşkın boyutlarını ve derinliğini ve bütün nehirsal, taşkın kaynaklarında çeşitli aşılma olasılıkları için akım hızlarını içermektedir. 1990'da, taşkın tehlikesi olduğu bilinen 22,000 bölgenin 19,000'i için taşkın sigortası çalışmalarında (FIS-Federal Insurance Study) taşkın bilgileri sağlamıştır.



Şekil 1.2 Taşkın haritasına bir örnek

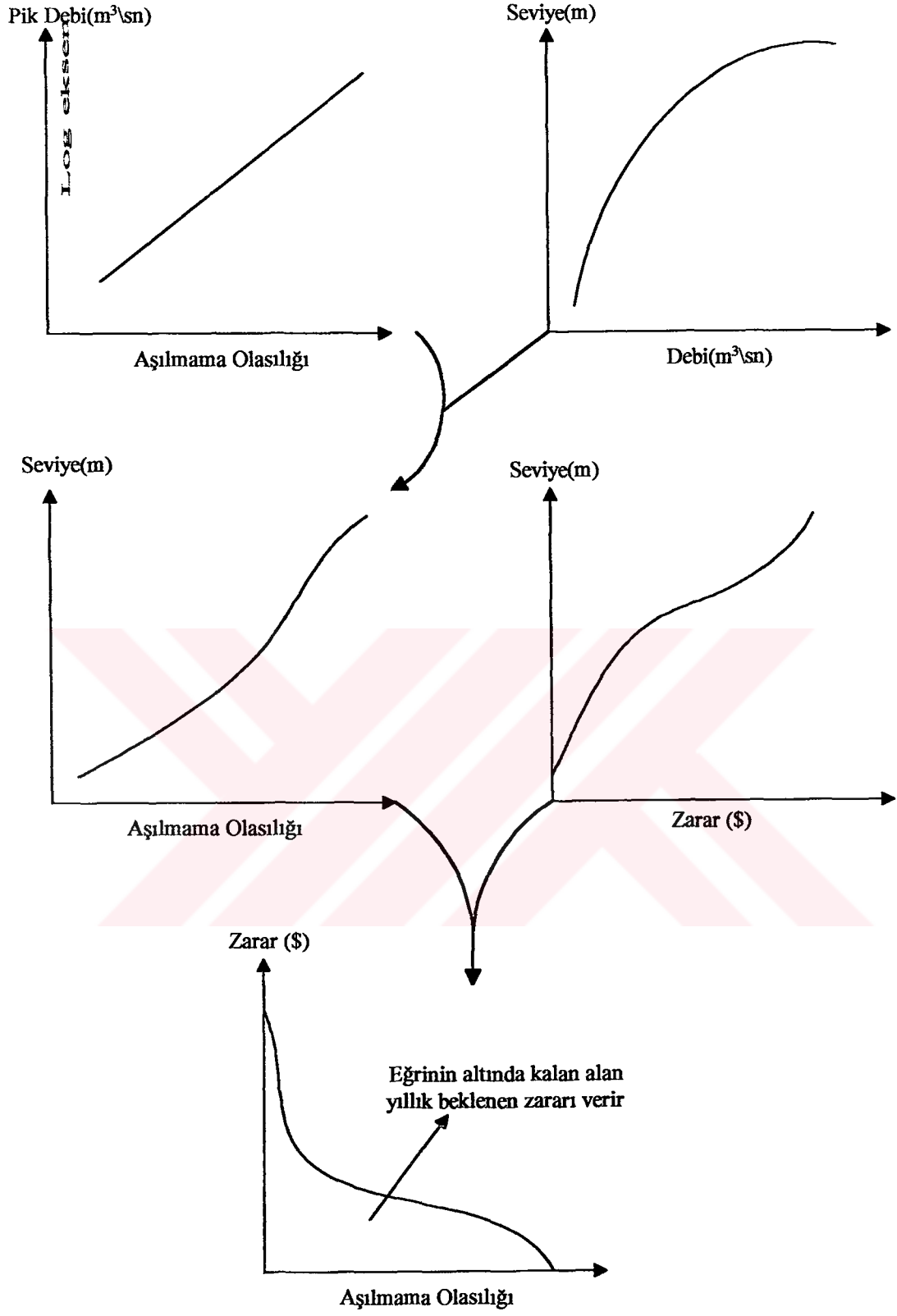
Ulusal baraj güvenliği girişimi ise 1972’de geniş bir yelpazede taşkın tehlikesi haritası oluşturma ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmalarda, genellikle baraj yıkılması sonucu oluşacak yüzey profillerinin çıkartılması hedeflenmiş ve aynı zamanda bazı çalışmalarda da taşkın sınırları belirlenmiştir.

FEMA (1991, Federal Emergency Management Agency) tarafında hazırlanan “Taşkın Sigortası Çalışması Yönetmeliği” ve müteahhitler için şartnameler raporu, bir farazi taşkına ait taşkın haritalarını çıkarmak için gerekli en kapsamlı talimatları içerir. Bu şartnameler, taşkın sigorta çalışmaları için özel olan bilgileri içermesine rağmen su baskını haritalarının oluşturulması için standart profesyonel uygulamalar üzerinde rehberlik yapmaktadır. Bu şartname sadece nehir ve kıyasal kaynaklardan meydana gelen taşkınlar için haritalama tekniklerini kapsamaktadır. Baraj yıkılması ve geçmişteki olayların belgelenmesi için değildir. Bu şartname, uygun doğrulukta bir taşkın haritası çıkarılması için en verimli prosedürü adapte etmeyi sağlar. Doğruluğun sağlanması yoğun gelişmiş ve gelişmekte olan alanlar için yüksek hassasiyetli verilerden az gelişmiş alanlardaki yaklaşık verilere kadar değişen bir dizi için söz konusudur.

Nehirsel bir taşkın tehlikesinin detaylı haritasının çıkarılması yıllık oluşma ihtimali % 1 sınırında olan taşkınları içermektedir. Taşkın sigortası çalışmaları %10, %2 ve %0.2 ihtimalli taşkınları, %1 ihtimalli olanı ile birlikte incelemektedir. Ekonomik zararlar hesaplanacağı zaman farazi olaylar analiz edilmeli ve ekonomik analizler için gerekli olan detaylı hidrolik bilgiler sağlayan haritaları oluşturmaktır.

1.2.2.5 Taşkın zararları

Özellikle taşkın kontrolü ile ilgili büyük su kaynakları projelerinin kullanılan devlet sermayeleri için ekonomik olduklarının gösterilmesi lazımdır. Başka bir deyişle kazançların (faydanın) maliyetleri belli bir kar oranında aşması gerekmektedir. Bu yüzden taşkın periyodu ve derinliği ile ekonomik zararlar arasında bir ilişki gereklidir. Taşkından dolayı oluşan zararlar belirlenerek, proje öncesi ve proje sonrası durumları için ortalama yıllık zararlar tespit edilebilir. Bu ikisi arasındaki fark (proje öncesi ve sonrası zararlar) proje tarafından önlenen ortalama yıllık zarar veya projenin sağladığı kazançtır . Yıllık beklenen zararı bulmak için genelde çalışmalarda kullanılan yöntem aşağıdaki gibidir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Yıllık beklenen zararın hesaplanması

Taşkın zararları 5 kategoride sınıflandırılabilir (Breaden, 1973). Bunlar; direkt (dolaysız) zararlar, endirekt (dolaylı) zararlar, ikincil (secondary) zararlar, maddi olmayan (elle tutulamayan-intangible) zararlar ve belirsiz (uncertain) zararlardır.

Direkt zararlar, taşkın suyunun fiziksel temasının sebep olduğu kayıplardır ve genel olarak kentsel zarar için etkilenen mülkü yenileme, onarma veya eski haline getirme masrafları ve tarım zararları içinde hasat gelirleri üzerindeki net etkisi olarak değerlendirilir.

Endirekt zararlar; teskin etme, sağlığın korunması, trafiğin tekrar düzenlenmesi, trafik sıkışıklıkları ve bunlarla ilgili olguların maliyetlerini içeren iş ve hizmet kayıplarından meydana gelir.

USACE, endirekt zararları direkt zararların yüzdeliği olarak değerlendirmesini aşağıdaki gibi vermiştir (Tablo 1.2)(Kates, 1975).

Tablo 1.2 Dolaylı zararlar cinsinden dolaysız zararlar

Meskun bölge	%15	Halka açık binalar	%34
Ticari bölge	%35	Tarım	%10
Endüstriyel bölge	%45	Otoyollar	%25
Kamu hizmeti	%10	Demiryolları	%23

İkincil zararlar, zarar görmüş mülkiyet veya engellenmiş hizmetler tarafından üretilen ürünlere bağlı olan insanlar üzerindeki karşı etkisi olarak tanımlanır. Bu zararlar çoğu zaman değerlendirilemez.

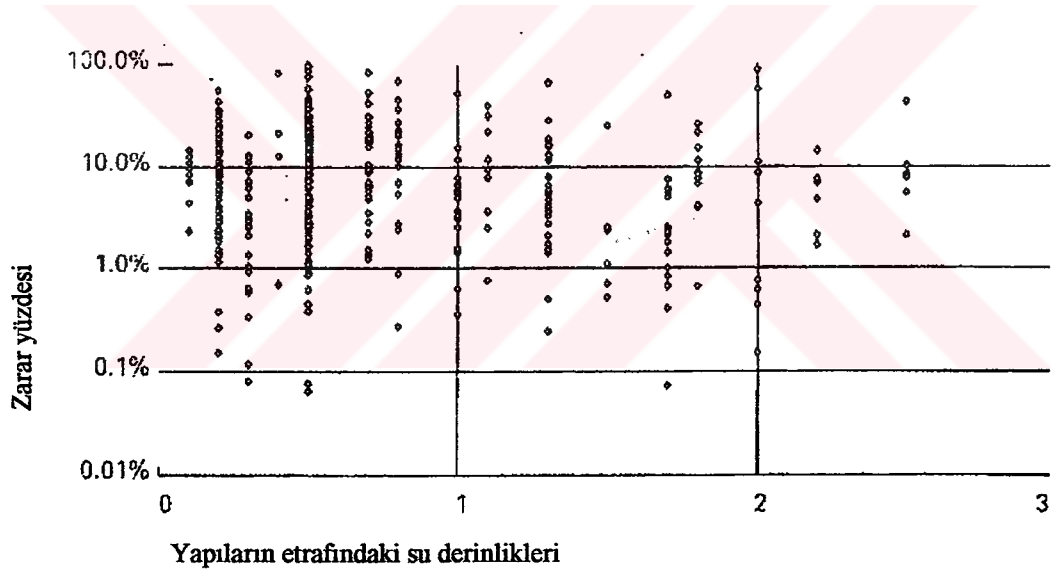
Maddi olmayan zararlar; çevre bozulması, sosyal refah ve estetik değerler üzerindeki tesirler olarak tanımlanabilir. Bunlar korku, endişe, kızgınlık, güvensizlik, üzüntü, sağlık bozuklukları ve can kayıplarını içerir (Parker ve Penning-Rowse, 1972). Bu etkiler son zamanlarda dikkatleri üzerine çekmiştir ve taşkın koruma projelerinde göz önünde bulundurulmaktadır.

Belirsiz zarar maliyetlerinin hesaplanması, belirli bölgelerdeki taşkın sigortası uygulamalarına bağlıdır.

1.2.2.6 Derinlik-zarar ilişkisi

Taşkın zararları bir çok değişkenin fonksiyonudurlar. En önemli olanı arazi kullanım şekli ve taşkın suyu karakteristikleridir. Taşkın suyu karakteristikleri, derinliği, hızı (dalga olayını da içeren), süreyi ve katı madde yükünü içerir.

Değişik şekillerdeki arazi kullanımı aşikar olarak farklı taşkın etkileri ortaya çıkaracaktır. En kolay ölçülen karakteristik taşkın derinliğidir. Bu parametre derinlik-zarar eğrisini tanımlamak için kullanılır ve ikamet alanları için en uygun olanıdır (Şekil 1.4). Hala uygulanabilir olmasına rağmen, derinlik-zarar eğrisinin, araziye özel zarar incelemeleri yokken ticari ve endüstriyel kuruluşlar için çıkarılması çok zordur. Derinlik-zarar eğrisinin, tarımsal zarar belirlemelerinde, taşıma tarihi ve süresi ile birlikte olması lazımdır. Seviyenin yanında diğer değişkenlerde (hızı, katı madde birikimi vb.) önemlidir. Fakat genellikle mantıksal olarak bu zarar eğrileri için uygulanamaz.



Şekil 1.4 Taşkın zararının derinlikle değişimi

Taşkın zararlarını belirlemek için iki temel yaklaşım kullanılmaktadır.

1.Gerçek zarar yaklaşımı

2.Potansiyel zarar yaklaşımı

Gerçek zararlar yaklaşımı, saha incelemeleri yaparak taşkınlar sonucu oluşmuş zararı belirler. Bu teknik genellikle tarımsal taşkın zararlarının analizinde eğer önerilen taşkın

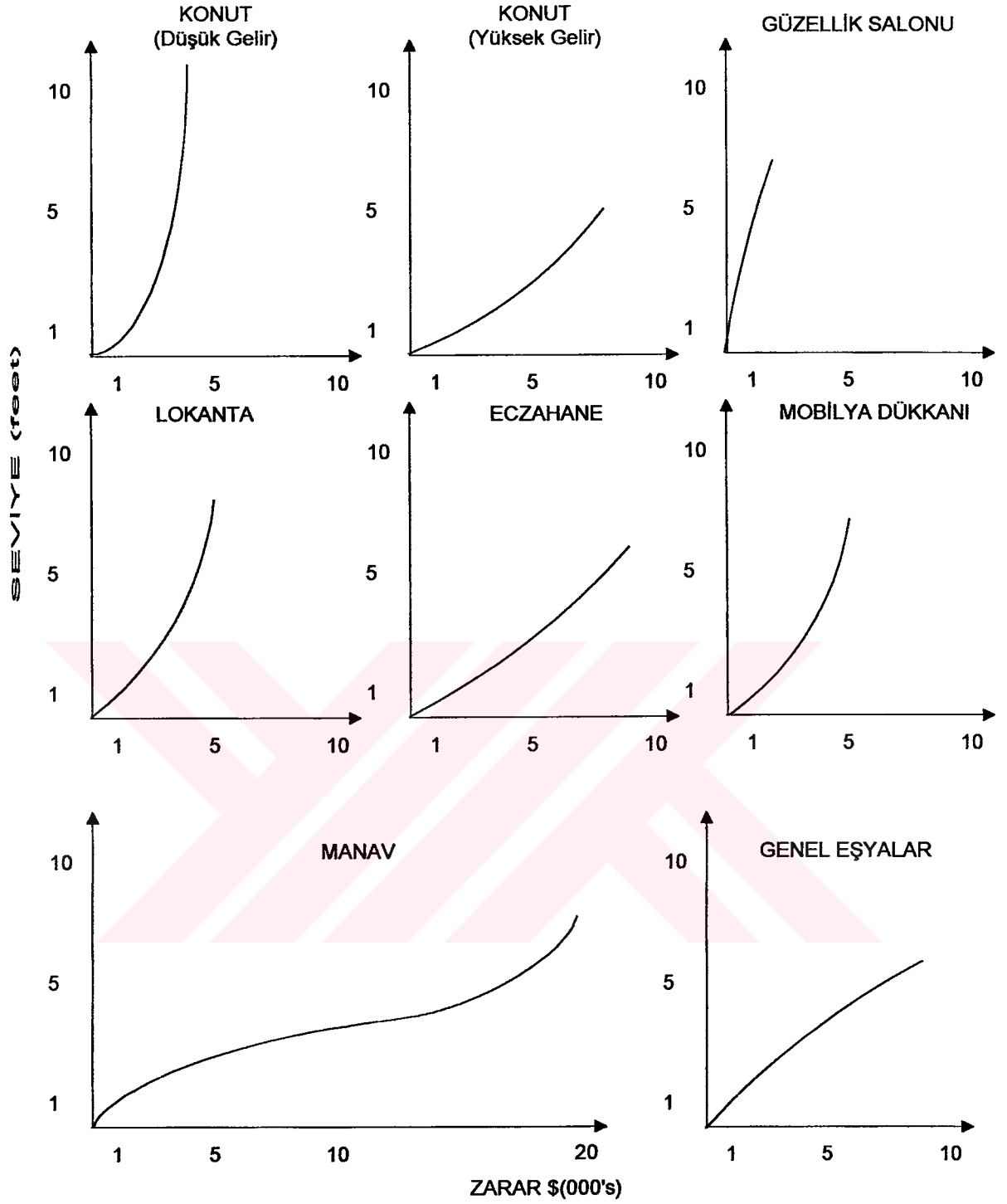
kontrol projesi sadece sık görülen taşkın periyotlarında koruma sağlıyorsa kullanılır. Bu metodun en büyük dezavantajı ekstrem taşkınlarda doğru zarar tahminleri sağlamak için büyük taşkınlar hakkında gerekli olan bilgi eksikliğidir. Bu metod sürekli simülasyon modeli kullanarak uygulanabileceği gibi geçmişteki tekil olaylara da uygulanabilir.

Potansiyel zararlar yaklaşımı taşkın zararını azaltma çalışmalarında kullanılır. Bu yaklaşım ile aşağıdaki veriler kullanılarak bir aşılma olasılığı-zarar ilişkisi belirlenir.

1. Çeşitli aşılma olasılıklı taşkınlar için hidrolojik ve hidrolik analizleri esas alan taşkın haritalarının hazırlanması
2. Tehlike bölgesinde, taşkın haritalarından seviye-periyot ilişkisinin çıkarılması
3. Seviye-zarar ilişkisinin belirlenmesi
4. Aşılma olasılığı-zarar ilişkisinin elde edilmesi için derinlik-zarar ve seviye-frekans eğrilerinin birleştirilmesi
5. Ortalama yıllık zararı belirlemek için aşılma olasılığı-zarar eğrilerinin birleştirilmesi. Bu süreç Şekil 1.4’de gösterilmiştir.

Bir çok devlet kurumu ve özel şirket, çalışma sahasının karakteristiklerini veren aşılma olasılığı-zarar eğrilerini türetmek ve entegre etmek için bilgisayar programları geliştirmiştir. USACE Hydrologic Engineering Center (1988) tarafından geliştirilen Yıllık zararın beklenen değerini hesaplayan “Expected Annual Damages Package” adlı program, yoğun olarak kullanılmaktadır.

Derinlik-zarar ilişkisi dolaylı ve ikincil zararlar için yüksek dereceden değişkendir ve belirlenmesi oldukça zordur. Bazı tipik derinlik-zarar eğrileri Şekil 1.5’da gösterilmiştir.



Şekil 1.5 Tipik derinlik-zarar eğrileri

1.3 Gerçek Zaman Tahminleri ve Taşkın İkazı

Taşkın olayları sonucu büyük can ve mal kayıpları oluşur. Kanal genişletme, rezervuarlar, seddeler ve yan geçitler (bypasses) gibi yapısal taşkın kontrolü önlemleri

bu zararları büyük ölçüde hafifletir. Bununla birlikte bu yapılar, doğru olmayan bir güvenlik hissi verir ve taşkına eğilimli bölgelerdeki gelişmeyi cesaretlendirir. Bu yapılar genelde belli bir seviyede koruma için tasarlanmışlardır. Bu koruma seviyesinin üstünde oluşacak bir taşkın büyük zararlara sebebiyet verebilir. Bu yüzden yapısal olmayan önlemlerde analiz edilmeli ve taşkın zararı azaltma projelerinde dikkate alınmalıdır.

İleride oluşacak bir taşkın için uyarı imkanı taşkınların felaket getiren feci etkilerini azaltacaktır. İkaz, insanlara daha güvenli yerlere tahliye için süre sağlayabilir. Acil hareket koordinasyonu için devlet ve yerel dairelerinde önceden ve doğru bilgi aktarımı yapılabilir.

NWS (National Weather Service) hava durumu tahminleri ve aynı zamanda taşkınların da içinde bulunduğu hayatı tehdit eden hava durumlarında halkı uyarmak ile yükümlüdür. NWS'nin büyük nehir sistemleri Missouri veya yukarı Mississippi ve onların büyük kolları için taşkın tahmin merkezleri vardır. Daha küçük nehirler pik seviyesi ve zamanı tahminlerinden yoksun olarak sadece genel bir taşkın uyarısı veya izlenmesi ile işlem görürler. Yerel taşkın tahmini ve uyarı sistemi, bölgenin taşkın zararlarının hafifletilmesi ve halkın güvenliği bakımından, yönetim planlarının vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

Gerçek-zaman taşkın tahmini ve uyarı sistemi esas bileşenleri şunlardır;

- Drenaj sahasının uygun yağış ve akışı ölçme aletleri ile donatılması
- Gerçek-zaman yağışını ve nehir seviye bilgilerini verecek uzaktan veri toplama veya uyarı cihazları
- Gerçek-zaman verilerini iletecek microdalga, telefon, VHF telemetrik uydu veya UHF radyo haberleşme sistemleri
- Veri depolaması ve işlenmesi için ana istasyon
- Nehir seviyesini ve beklenen seviyeye ulaşması için geçen süreyi tahmin etmek amacıyla bir hesapsal prosedür
- Bilginin yerel ve devlet kuruluşlarına, medyaya ve taşkın bölgesinde yaşayan halka iletilmesi

1.3.1 Veri toplama sistemi

Tahmin ve uyarı sistemlerinin ilk safhası oluşacağı gerçek zamana ait yağış, nehir seviyesini ve diğer değişkenleri içeren hidrolojik verilerin toplanması ve iletilmesinden ibarettir. Bu sistem elle ölçülen yağış ve akış ile ilgili bilgiler, bir görevli tarafından değerlendirilmesi için, merkeze aktaran basit bir sistem olabilir. Aynı zamanda bütün havzanın bilgisayar modelinin kurulması ile tamamen otomatikleşmiş bir sistem de olabilir.

500 kişilik bir kasabanın taşkın uyarı programı için bir bilgisayar sistemi kurmaya gücü yetmez. Küçük yerleşim birimleri için manuel sistemler daha uygundur. Veri toplama sistemi ister otomatik isterse de manuel olsun, bilgi transfer (aktarma) sistemi benzerdir. Manuel sistem için görevli personeli uyarmak amacıyla kasabanın bir veya daha fazla yerindeki alarmlar harekete geçtiği zaman, yağış ölçme aletleri gönüllüler tarafından okunmalı ve bilgi ana istasyona aktarılmalıdır.

Bir veri toplama sistemi genelde şunlardan oluşur:

- Havzadaki yağış ölçerler
- Nehirlerdeki ve/veya yan kollarındaki nehir seviyesi ölçen aletler
- Adeti, topografyaya ve mesafeye bağlı olan uzaktan algılayıcılardan aldığı ana istasyona aktaran ara (repeater) istasyonlar
- Bütün verilerin geldiği ve tahmin için işlendiği ana istasyon

Sensörlerin ve ara istasyonların sayısı havza boyutlarına ve istenen hassasiyete bağlıdır.

1.3.2 Taşkın tahmin modelleri

Gerçek-zamanlı yağış ve nehir seviye bilgileri ana istasyona iletdikten sonra veriler işlenir ve taşkın seviyelerini ve bu seviyelere ne kadar zamanda ulaşacağını tahmin etmek için bir hidrolojik havza modelinde değerlendirilir. Yerel kuruluşlar, devlet daireleri, üniversiteler ve özel şirketler tarafından geliştirilen bir çok havza modeli mevcuttur. Hepsisi de aynı temel mantığa sahip olmasına rağmen farklı matematiksel fonksiyonlar kullanarak çeşitli deneyim seviyelerinde geliştirilmişlerdir. Uygun model

veri toplama istasyonlarının yoğunluğu, istenilen tahmin hassasiyeti, bilgisayarların olması ve kapasitesi, modeli kullanan kişinin kabiliyeti göz önüne alınarak seçilmelidir.

1.3.3 Gerçek zaman uyarısı

Taşkın uyarı ve tahmin sisteminin son safhası uygun bilginin ve uyarının yerine ulaştırılmasıdır. Bilginin nasıl ulaştırılacağı hakkında bir plan yapılmalı ve alınan bilgiler mümkün olduğu kadar zamanında ve doğru olarak ulaştırılmalıdır. Meydana gelebilecek olaylar için uyarı zamanı belirlenmelidir. Eğer uyarı zamanı kısa ise öncelikle can güvenliği ön planda tutulmalıdır. Eğer zaman uzunsa buna ek olarak zararı azaltma önlemlerinin alınması mümkündür. Taşkın uyarısının başarıya ulaşması için bireyler taşkın pik debisi, pikin ne zaman oluşacağı ve su basacak bölge (hangi caddenin tahliye edilmesi gerektiği) hakkında bilgilendirilmelidir. Eğer mümkünse uyarıyı yapan personelin kapı kapı dolaşp, taşkın geleceğini ve gerekli önlemin alınması gerektiğini vurgulaması lazımdır. Bütün sistem, periyodik olarak tecrübe edilmelidir. Bu denemeler, personele sistemi tanıtır ve gerçek taşkın olayları anında yapacakları hakkında tecrübe kazandırır.

1.3.4 Acil durum faaliyet planı

Taşkın tahmin ve uyarı sistemi, acil durum faaliyet planı olmadan başarıyla işlev göremez. Böyle bir plan, bir taşkın tehlikesine cevap için gerekli faaliyetleri ve prosedürü oluşturur. Plandaki bilgiler şunlardır:

- Uyarıları ve en son gelişmeleri kimin yayacağına ilişkin uyarı yayma prosedürü
- Farklı taşkın seviyelerinde hangi alanlara su basacağı
- Yedek iletişim yolları
- Ana tahliye rotaları ve yönleri
- Gece karanlığında, kötü hava koşullarında uzaktaki noktaları izleme prosedürleri
- Özel alanlar (hastane, hapisane, huzurevleri vb.) için özel tahliye planları
- Köprü yakınlarındaki nehir seviyeleri

- Dolaysız (direkt) zarar azaltma önlemleri (nerede, ne zaman, ne iş düşecek)
- Taşkın suları ile yolları kesilmiş olacak bölgeler
- Taşkından önce kritik hizmetlerin yerinin tekrar düzenlenmesi
- İçilebilir alternatif su kaynakları
- Tehlike kaynakları
- Yangın söndürme ve polis koruması ayarlamaları
- Acil durum şalteri
- Taşkın geçirmiş alanları tekrar iş görür hale getirmek için prosedürler
- Hizmetlerin yeniden yapılanması

Barajlardan veya su tutma havuzlarından suyun ani bir şekilde serbest bırakılmasından dolayı oluşacak taşkınlar için bir acil durum faaliyet planı gerekmektedir. FERC (1988) ve FEMA (1985) tarafından acil durum faaliyet planı hazırlama şartnameleri hazırlanmıştır.

1.4 Taşkın Zararlarının Belirlenmesi Konusunda Yapılan Çalışmalar

1.4.1 Taşkın zararlarının belirlenmesinin önemi

Taşkın kontrol yapılarının planlanmasında, taşkın sigortası çalışmalarında ve havza yönetimi ile ilgili daha bir çok çalışmada taşkın zararının tahmini önemli bir yer tutmaktadır. Potansiyel taşkın zararı genelde geçmişte yapılan çalışmalarda yıllık beklenen zarara göre tespit edilmiştir. Yıllık beklenen zararın hesabında analitik, istatistik, olasılık, stokastik, dinamik modelleme teknikleri kullanılmıştır. Bunlar içinde en çok kullanılan istatistiksel metotta en önemli girdi zararın derinliğe göre değişimidir. Bu ilişkiyi tespit etmek ve bu ilişkiyi kullanarak çeşitli tahminler yapmak amacıyla yapılan çalışmaların bazıları aşağıda sunulmuştur.

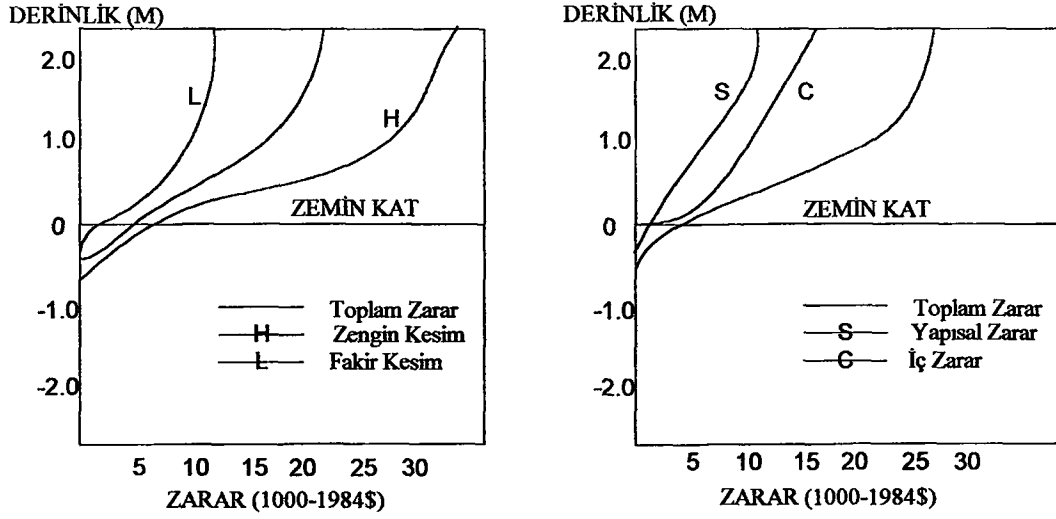
1.4.2 Konu ile ilgili çalışmalar

Derinlik-zarar eğrilerinin belirlenmesi uzun çalışmalar gerektirir. Önemli olan böyle bir ilişkinin çıkartılabilmesidir. En büyük dezavantajlarından birisi, bu ilişkinin sadece incelenen bölge için geçerli olmasıdır. Doğru bir değerlendirmeye varabilmek için, incelenen her alana ait ayrı bir derinlik-zarar eğrisi çıkarılmalıdır. FIA (Federal Insurance Administration) bu açığı kapatmak için genelleştirilmiş derinlik-zarar eğrilerini geliştirmiştir ve bu eğriler her sene güncellenmektedir. Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda bu genelleştirilmiş ilişki kullanılmasına rağmen müstakil olarak çıkarılmış derinlik-zarar eğrileri de mevcuttur.

Derinlik-zarar eğrilerinin tespiti için kapsamlı çalışmalardan bir tanesi Kanada'nın Ontario kentinde, taşkın çalışmaları sırasında yapılmıştır. Bu çalışmada McBean ve arkadaşları (1988) yaptıkları anket sonucunda, elde ettikleri verileri bir dBASE bilgisayar programına aktarmışlardır. Bu çalışmada 287 tane konut incelenmiş, bunlar ilk önce 28 kategoriye, daha sonra da yapılan istatistiksel çalışmalarla 7 ana kategoriye indirilmiştir. Bu yedi grup basit mimari farklılıkları (örneğin bir veya iki katlı, bodrum katı olup olmaması gibi) içermektedir. Konut içindeki eşyalar ise mobilya, mutfak cihazları, elektronik ekipmanlar, tekstiller vb. gruplara ayrılmıştır. Konut içindeki eşyaların uğradığı zararın parasal miktarı, eşyayı temizleme ve onarma maliyeti veya yenisiyle değiştirme maliyetinin bir miktar daha altında olacak şekilde belirlenmiştir. Yapısal zararlar ise onarım veya değiştirme için malzeme ve işçilik giderleri olarak belirlenmiştir. Bir bilgisayar programı olan dBASE yardımıyla zemin katın 2,5 metre altından başlayarak 0,3 m' lik artışlarla 2,5 metre yüksekliğine kadarki her yükseklik artışına karşı gelen zararlar belirlenmiştir. İç eşyalardaki zarara etki eden önemli faktörlerden birisi de eşyanın bulunduğu yerdir. Bununla birlikte karşılaşılan en önemli zorluklardan birisi de konutların fiyatlarının belirlenmesidir. Bu konuda ileride de değineceğimiz çeşitli çalışmalar mevcuttur. Aşağıda çalışma sonunda çıkarılmış derinlik-zarar eğrileri görülmektedir (Şekil 1.6). Tablo 1.3'de ise tek katlı bir yapı için derinlik-zarar verileri görülmektedir.

Tablo 1.3 Tek katlı bodrumsuz bir konut için derinlik-zarar değerleri

DERİNLİK (M)	TOPLAM ZARAR (1984 Kanada Doları)			YAPISAL ZARAR (1984 Kanada Doları)			İÇ ZARAR (1984 Kanada Doları)		
	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
Bodrumsuz Tek Katlı Konut									
-2.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-0.75	0	24	27	0	15	16	0	0	0
-0.50	0	78	131	0	30	56	0	0	0
-0.25	189	441	1,308	151	292	944	0	0	0
0.00	1,050	1,830	6,026	842	1,470	5,251	0	0	0
0.25	4,024	7,653	17,323	2,142	3,306	9,988	1,674	3,903	6,223
0.50	4,985	9,478	20,760	2,572	3,948	11,549	2,173	5,051	8,007
0.75	5,352	10,572	22,471	2,719	4,223	12,194	2,376	5,751	9,052
1.00	5,787	11,819	25,360	2,913	4,539	12,998	2,616	6,683	11,114
1.25	6,380	13,164	29,763	3,265	5,013	14,172	2,857	7,494	14,322
1.50	6,903	14,156	33,987	3,688	5,737	15,527	2,956	7,745	17,169
1.75	7,217	14,753	35,345	3,834	6,032	16,222	3,125	8,033	17,809
2.00	7,389	15,113	36,121	3,951	6,282	16,848	3,180	8,130	17,937
2.25	7,505	15,379	36,749	4,068	6,532	17,464	3,180	8,139	17,937
2.50	7,622	15,638	37,355	4,185	6,780	18,070	3,180	8,150	17,937
Bodrumlu Tek Katlı Konut									
-2.50	56	115	21	75	431	594	0	0	0
-2.25	244	1,830	3,665	184	865	1,914	61	965	1,752
-1.75	419	2,989	5,966	297	1,158	2,682	122	1,832	3,284
-1.50	449	3,313	6,626	306	1,182	2,747	143	2,131	3,878
-1.25	459	3,524	7,923	315	1,208	2,813	144	2,316	5,110
-1.00	533	3,759	8,758	387	1,330	3,002	145	2,429	5,757
-0.75	588	3,927	9,191	441	1,429	3,153	147	2,498	6,039
-0.50	638	4,051	9,419	480	1,501	3,292	148	2,530	6,120
-0.25	887	4,507	10,184	706	1,894	4,028	148	2,536	6,131
0.00	1,798	6,179	13,002	1,597	3,466	6,804	148	2,545	6,135
0.25	6,201	12,851	22,932	3,148	6,005	10,732	2,979	6,569	12,029
0.50	7,676	14,897	26,027	3,728	6,894	12,103	3,869	7,691	13,728
0.75	8,384	15,803	27,462	4,011	7,274	12,706	4,293	8,206	14,556
1.00	9,190	16,951	29,336	4,334	7,703	13,384	4,775	8,921	15,718
1.25	10,088	18,299	31,613	4,785	8,307	14,286	5,220	9,659	17,017
1.50	10,882	19,430	33,557	5,351	9,028	15,215	5,447	10,066	17,996
1.75	11,401	20,063	34,723	5,644	9,410	15,813	5,672	10,319	18,557
2.00	11,739	20,498	35,463	5,907	9,757	16,376	5,745	10,400	18,733
2.25	12,005	20,860	36,033	6,170	10,104	16,934	5,747	10,414	18,744
2.50	12,269	21,214	36,586	6,433	10,452	17,487	5,750	10,421	18,744



Şekil 1.6 Derinlik-zarar eğrileri

FIA'nın ürettiği derinlik-zarar verileri ampirik taşkın olaylarını baz alır. Her bir kaç senede bir bu eğriler çıkartılmaktadır. Bu eğrilerin özelliği zararın yüzde olarak ifade edilmesidir. Bir çok çalışmada bu genelleştirilmiş eğriler kullanılmaktadır. Genelleştirilmiş bu ilişki daha az doğru sonuçlar vermesine rağmen daha az maliyetli ve zaman kazandırıcıdır. FIA, yapısal ve iç derinlik-zarar ilişkilerini yedi tip yapı için çıkarmıştır. Bunlar; tek, 1,5 ve 2 katlı bodrumlu ve bodrumsuz evler, odaları değişik seviyelerde olan bodrumlu ve bodrumsuz evler ve mobil evlerdir. Aşağıdaki tabloda sadece tek katlı bodrumlu ve bodrumsuz konutlar için veriler vardır (Tablo 1.4).

Tablo 1.4 FIA derilik-zarar verileri (1974)

Zemin katın altındaki ve üstündeki su yükseklikleri	tek katlı bodrumsuz		tek katlı bodrumlu	
	Yapısal (%)	İç (%)	Yapısal (%)	İç (%)
-8.0				0
-3.0			0	5
-2.0		0	4	7
-1.0	0		8	8
0.0 (zemin kat)	7	10	11	15
1.0	10	17	18	20
2.0	14	23	20	22
3.0	26	29	23	28
4.0	28	35	28	33
5.0	29	40	33	39
6.0	41	45	38	44
7.0	43	50	44	50
8.0	44	55	49	55
9.0	45	60	51	60
10.0	46	60	53	60
11.0	47	60	55	60
12.0	48	60	57	60
13.0	49	60	59	60
14.0	50	60	60	60
15.0				
16.0				
17.0				
18.0				

Taşkın zarar hesaplarında çeşitli yöntemler izlenmiştir. Bunlardan biri de, Debo, T. (1982) tarafından geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla ABD'nin Georgia eyaletinde yapılan uygulamadır. Bu model girdi olarak fiziksel ve ekonomik verileri kabul ettikten sonra çeşitli yapısal ve yapısal olmayan önlemleri değerlendirerek sonuç olarak yıllık ortalama zararları hesaplamaktadır. Yıllık ortalama zararın hesabı için ilk önce 2, 5, 10, 15, 25, 50 ve 100 yıl dönüş aralıklı taşkın seviyelerine ihtiyaç vardır. Bu amaç için, eyalet yüzey su tutma kapasitesine, toprak cinsine, drenaj sahasına ve ortalama yıllık yağışa göre 5 ayrı bölgeye ayrılmış ve her bir bölge için çeşitli frekanslarda kanal tabanından itibaren taşkın derinlikleri bir regresyon denklemi ile ifade edilmiştir. Örneğin;

$$1. \text{ Bölge} \quad 10 \text{ yıllık taşkın için} \quad D=3,06 * A^{0.31} \quad (1.1)$$

$$2. \text{ Bölge} \quad 10 \text{ yıllık taşkın için} \quad D=4,86 * A^{0.23} \quad (1.2)$$

D= kanal tabanından itibaren su seviyesi,

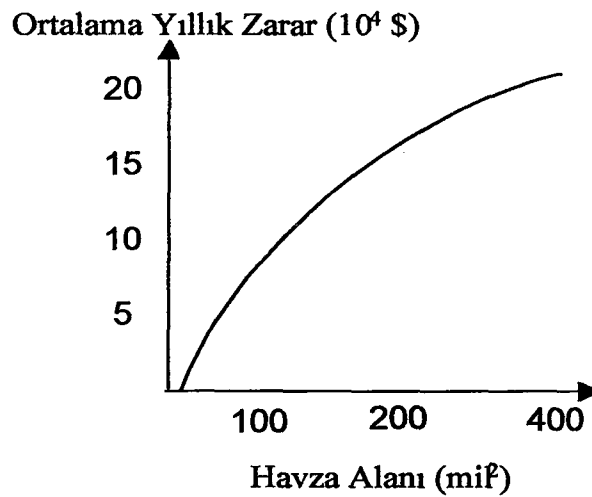
A= drenaj alanı (mil²)

Derinlik zarar verileri olarakta 1976 yılında Huntington İnşaat Mühendisleri Birliği tarafından yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen zarar yüzdeleri kullanılmıştır. (Tablo 1.5)

Tablo 1.5 Huntingon bölgesi mühendisler birliği derinlik-zarar verileri

Arazi kullanımı	Verilen taşkın derinliklerine (feet) göre zarar yüzdeleri											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tek katlı bodrumsuz	8	17	31	28	44	46	48	51	55	58	62	65
Tek katlı bodrumlu	11	23	37	45	51	52	54	57	59	63	65	68
Çok katlı bodrumsuz	5	10	17	21	24	26	28	30	33	35	41	48
Çok katlı bodrumlu	5	10	16	20	23	24	26	28	30	32	37	43
Odaları değişik seviyelerde	5	10	16	19	20	27	34	37	39	44	47	48
Apartman bodrumsuz	2	5	12	14	15	16	18	19	20	22	23	24
Apartman bodrumlu	5	11	18	19	21	22	24	25	27	28	35	42
Not: 1ft = 0.305m												

Tek aile, zemin katı olmayan tek kat yapı, taşkın ovası eğimi %2 (enine), yapısal ve iç zarar aile başına \$100.000 (\$40, 500 hektar başına) girdilerine karşı gelen yıllık ortalama drenaj sahası büyüklüğüne göre değişimi şekil 1.7’de verilmiştir.



Şekil 1.7 Drenaj alanı ile zararın değişimi

Bu eğriler farklı arazi kullanımları için potansiyel zararın belirlenmesinde, yardım çalışmalarında öncelik verilecek en büyük zarara uğrayan alanın tespitinde, arazi kullanım şekillerinin zarar üzerindeki etkisinin belirlenmesinde, taşkından etkilenmeyecek arazilerin belirlenmesi ve dolayısıyla buraya taşkın koruma yapılarının gereksiz olacağının gösterilmesinde ve yıllık ortalama zararın hesabında kullanılabilirler. Bunun yanı sıra bu bilgiler kesin bir zarar tespiti gerektiren çalışmalarda, ticari ve endüstriyel arazi kullanımı durumlarında da kullanılabilir.

Zarar hesaplarında bilgisayar programları yardımıyla geliştirilmiş metodolojiden sıklıkla faydalanılmaktadır. Bunlardan birisi de Baltimore Mühendisler Birliği tarafından geliştirilen DPROG 2 (Damage Assembly Program 2)'dir. Appelbaum, I. Bu programı kullanarak müstakil konutlar ve ticari yapılar için seviye-zarar eğrilerini oluşturan bir metodoloji geliştirmiştir. Bunun için gerekli bir girdi olan yapının yenilenme maliyeti bilgisi bir takım regresyon denklemleri ile türetilmiştir (Denklem 1.3, 1.4, 1.5). Yenileme maliyeti, yapıyı aynı maliyeti sağlayan diğer bir eşi ile değiştirmek için gereken toplam inşa maliyetidir. Yenileme maliyetleri aşağıdaki 3 regresyon denklemi vasıtasıyla bulunabilir.

$$R.C = -16,089.2 + 18,188(TSQF) + 11,847(FFSQF) + 8,297.46(APP) \quad (1.3)$$

$$R.C = -15,854.4 + 18,730(TSQF) + 10,888(TSQF/STO) + 8,321.46(APP) \quad (1.4)$$

$$R.C = -21,929.1 + 18,768(TSQF) + 9,447(TSQF/STO) + 8,072.84(APP) + 4,277.91(CM) + 2,836.71(BS) \quad (1.5)$$

R.C= yenileme maliyeti

TSQF= bodrum kat hariç feet² olarak toplam konut alanı

FFSQF= feet² olarak konutun ilk katının alanı

APP=yapının görünüşü (0-4 arasında; 0: düşük, 2: orta, 4: yüksek)

STO=kat sayısı (1, 1.5 veya 2)

CM=yapı malzemesi (1: tahta, 2: tuğla, 3: taş)

BS= bodrum kat (0: var, 1: yok)

Evlerin içindeki eşyaların detaylı bir envanteri çıkarılmıştır. Ev içindeki bütün mobilyalar ve araç gereçler tespit edilmiş ve evler ebat olarak dört kategoriye bölünmüştür. Her bir kategori için iç değerler hesaplanmıştır. Gelir farklılığından dolayı ortaya çıkan, eşyaların ortalama değer farklılıkları, değer seviyelerini 3'e bölerek giderilmiştir (düşük, orta, yüksek). Bu çalışmada FIA tarafından hazırlanan derinlik-zarar eğrileri kullanılmıştır. Bu eğriler 7 tipteki yapıya uygulanmıştır.

Taşkın verdiği zararda, konutların taşkın bölgesi içindeki dağılımı çok önemlidir. Konutların akarsuyun ortalama seviyesinden yüksekliklerine göre uğrayacakları zararlar ve aynı zamanda taşkın riskleri de değişmektedir. Bu faktörü göz önüne alan Johnson, W.K. (1985) taşkın ovasındaki mülkiyet dağılımının etkisini belirlemek için bir model kurmuştur. Bu modelde yapının taşkın ovasındaki yeri, ilk katında oluşacak olan taşkın frekansına göre tespit edilmiştir. Bu çalışmada yıllık beklenen zararın hesabı için Harold Kurbitt (Hydrological Engineering Center) tarafından yazılan "Expected Annual Damage Computation" adlı bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Sonuç olarak 15 yıllık taşkın bölgesinde çok büyük zarar olduğu, konutun 2 yıllık taşkın bölgesinden 25 yıllık bölgeye taşınması ile yıllık beklenen zararda çok mühim azalmalar olduğu, ama 25 yıllık bölgeden 100 yıllık bölgeye taşınmanın nispeten önemli bir fayda sağlamayacağı tespit edilmiştir. İşte bu bilgiler, bu tezde kullanılacak olan bulanık ilkelerle modelleme yönteminde uzman görüşler olarak yerini alacaklardır. Çünkü bulanık ilkelerle modellemede uzman kişi görüşleri ve sezgiler önemli yer tutmaktadır.

Taşkın tehlikesinin mekansal değişimini belirlemek için son yıllarda kullanılan yöntemlerden birisi de coğrafik bilgi sistemleridir. CBS' ler kullanılarak taşkımlara ait bilgiler arazi bilgisayar ortamına aktarılabilir, taşkın olayları çeşitli oluşma aralıklarına göre simule edilebilir ve ayrıca bütün bunlar sorgulanarak çeşitli yorumlar yapılabilir. Çeşitli dönüş aralıklarına ait akarsu seviyeleri, hidrolojik verilerden elde edildikten sonra basit bir yaklaşımla bu seviye bütün araziye yayılarak arazi kotlarının da çıkarılmasıyla taşkın derinliği elde edilebilmektedir. Doğanoglu (2000) HECRAS hidrolik modeli ve CBS-AVRas adlı bir program kullanarak Fethiye yakınlarındaki Çayboğazı Havzasının taşkın davranışını ve taşkınının olası yayılma alanlarını çalışmak üzere entegre etmiştir. HECRAS kullanarak çeşitli dönüş aralıklarına sahip taşkınların benzeşimi yapılmıştır. CBS yazılımları (Arc/Info ve ARCVIEW GIS) hidrolik modele veri sağlamak ve model sonuçlarının iki ve üç boyutlu olarak görülmesinde

kullanılmıştır. Modelin çıktıları olan su yüzeyi profilleri AVRas yardımıyla işlenerek su basma haritaları ve su derinliği gridleri elde edilmiştir.

Boyle ve arkadaşları (1988) ise Kanada'nın Dundas kasabasında yapılan bir çalışmada, Ontario'da elde edilen standartlaştırılmış derinlik-zarar eğrilerini ve CBS'ni kullanarak çeşitli arazi kullanım şekilleri ve taşkın koruma seviyeleri için yıllık beklenen zararları çıkartmışlardır. Taşkından etkilenen ve etkilenmeyen bölgelerin sınırlarının çizilmesi için DEM (Digital Elevation Model) kullanılmıştır. Konut, ticari ve boş arsalarla ayrılmış olan taşkın sahası 3 değişik taşkın koruma seviyesi için değerlendirilmiştir. Bu yöntemle, taşkından etkilenen alanların belirlenmesinde otomatik bir süreç, zararın belirlenmesi için coğrafik bilgiler ve arazi kullanım politikalarına yardımcı olmak amacıyla çeşitli öneriler sunulmuştur.

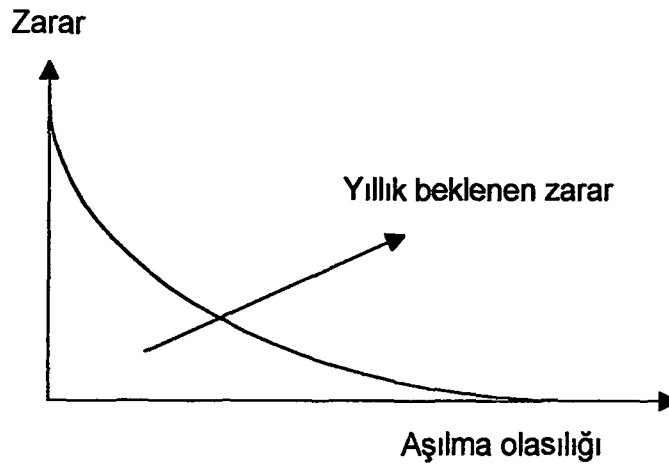
Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve radarlar da son yıllarda, taşkın sınırlarını belirlemede ve taşkın etkilerini değerlendirmede kullanılmaktadır. Taşkınları karakterize etmek için bir çok yaklaşım mevcuttur. Hidrolojik matematiksel modeller yoğun olarak kullanılmaktadır fakat model sonuçlarını doğrulamak için güvenilir arazi bilgileri çoğu zaman elde edilememektedir. Taşkın olaylarını kaydetmek için hava fotoğraflarının kullanılması ise hem pahalıdır hem de bürokratik prosedürler gerekmektedir. Pasif sensör kullanan uzaktan algılama uyduları, Landsat ve SPOT gibi, genellikle taşkın haritalamak için kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte bu uydular yağışlı mevsimler sırasında oluşan bulut örtüsünü geçememektedirler, aktif sensörler, uyduya takılan radarlar gibi, bulut örtüsünü delip geçebilir ve bu yüzden de taşkın haritalamada en iyi araçlardan birisidir.

Bangladeş halkının büyük bir kısmı ülkenin taşkın ovalarında yaşamaktadır. Onun için taşkın etkilerinin yeterli biçimde anlaşılması lazımdır. 1993'ten bu yana EGIS taşkın haritalamak için uydu radar görüntülerini kullanmaktadır. Bu projedeki veriler Avrupa radarından alınmıştır. Bangladeş'te taşkın olayının izlenebilmesi için ilk defa uydu radar görüntüleri kullanılmıştır ve de çok başarılı olmuştur. Hem ERS hem de RADARSAT için taşkın sınıflandırma çabaları yer verileri ile % 85-90 bir uyuma göstermiştir. RADARSAT görüntüleri ERS görüntülerine bakarak açık su kütlelerini tanımlamada daha uygundur çünkü eğiklik açısı rüzgar ve akım hızından dolayı oluşan küçük yüzey dalgalarına karşı daha hassastır.

1.4.3 Yıllık beklenen zarar

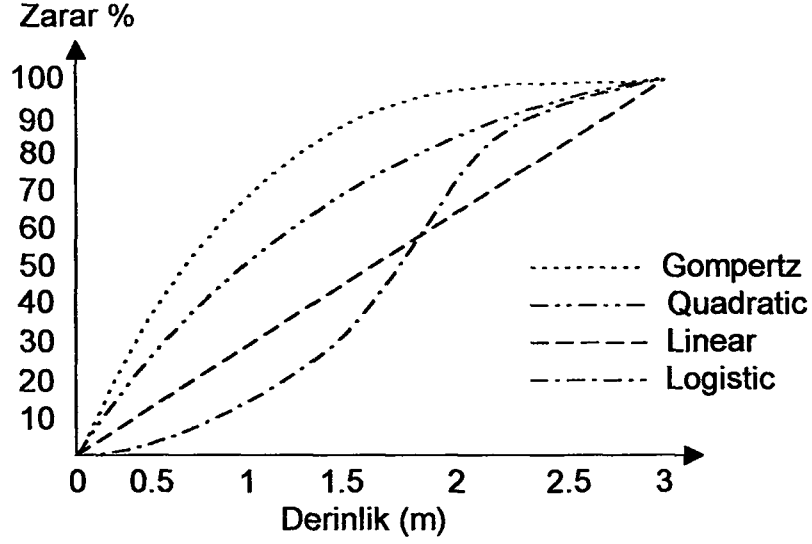
Bir bölgedeki taşkın etkisini belirlemek için en sık kullanılan gösterge, yıllık beklenen zarardır. Bununla birlikte yıllık beklenen zararın tahmini, bir çok belirsizlik içerir. Bu belirsizlik taşkın periyodu tahmininden ve taşkın büyüklüğü ile zarar arasındaki ilişkisinden kaynaklanır. Yıllık beklenen zararı belirlemek için bir yol, uzun bir zaman süresine ait yıllık zararları toplayıp bunu toplam yıl sayısına bölmektir. Fakat bunu yapmak pratikte nadiren mümkündür. Çünkü zararın bir çok yılda sıfır olabileceğinden çok uzun yıllara ait zararlarla ilgili veriler gerekmektedir ve zarara maruz kalma durumları yıldan yıla nemli miktarda değişmektedir. Bu yüzden yıllık beklenen zararın hesabında ilk önce periyotlara göre taşkın büyüklükleri bulunur. Ondan sonra zarar ile bu zararın herhangi bir yılda oluşma olasılığı arasındaki ilişkiyi türetmek için taşkın büyüklüğünü zarara bağlayan bir fonksiyon kullanılır. Tabii ki bütün bu süreçler bir çok belirsizlik içerir. Mesela; taşkın debisiyle seviye ve taşkın debisiyle zarar arasındaki ilişki tam bir şekilde tanımlanmış olmayabilir. Arnell, W.N. (1989)'in yaptığı çalışmada zarar tahminine etki eden belirsizlikler incelenmiştir. Bu çalışmada belirsizlik parametresine vurgu yapılmış ve yıllık beklenen zararı tahmin etmek için 49 alternatif prosedür karşılaştırılmıştır.

Genelde çeşitli aşılma olasılıklarına karşı gelen zararların belirlenerek eğrisi çizilir ve bu eğrinin altında kalan alan bize yıllık beklenen zararı verir (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 Aşılma olasılığı-zarar bağıntısı

Aşağıdaki şekilde de görüleceği gibi dört ayrı alan derinlik-zarar eğrisi tanımlanmıştır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Derinlik-zarar fonksiyonları

Bunların quadratik olanı aşağıdaki gibidir.

$$D = 100 * \left[\frac{1 - (3 - depth)^2}{9} \right] \quad (1.6)$$

Gompertz denklemi

$$D = \frac{100 \{ e^{(1 - e^{-depth})e^{-a}} - 1 \}}{e^{e^{-a}} - 1} \quad (1.7)$$

$a = 0,5$ 'tir, Lojistik fonksiyon ise aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$D = 100 \left[1 + \exp\left(\frac{-(depth - u)}{a}\right) \right]^{-1} \quad (1.8)$$

$u = 1,5$ ve $a = 0,3$ 'tür. Bütün zarar fonksiyonları sıfır derinliğinde sıfır zararı ve 3 metre derinliğinde %100 zararı verir.

Bu üç denklemin sonucunda çeşitli aşılma olasılıklarına karşı gelen zarar yüzdeleri bulunur. Böylece aşılma olasılığı-zarar eğrisi elde edilmiş olur. Bu üç metodu kullanarak elde edilen eğrilerin altında kalan alan pratikte aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$EAD = \sum_{i=1}^{M-1} (p_i - p_{i+1}) \frac{[D_{i+1} + D_i]}{2} \quad (1.9)$$

EAD: yıllık beklenen zarar

M =ikili sayısı

p: aşılma olasılığı

D: zarar



2 TAŞKINLARIN GENEL SEBEBLERİ VE TÜRKİYE'DEKİ DEĞERLENDİRMELERİ

2.1 Anadolu

Küçük Asya olarakda bilinir. Türkiye nüfusunun yaklaşık %90 nını barındıran ve ülke topraklarının da büyük bir kısmını oluşturan Anadolu, Asya kıtasından batıya doğru uzanmış kabaca dikdörtgen biçimli yarımada şeklindedir.

Anadolu Balkanlar'dan gelip İran'a doğru devam eden genç dağ kuşağının bir parçasını oluşturur. Ortalama yüksekliği 1162m dir; yükselti doğuya gittikçe artar. Yüzey şekilleri açısından kabaca bir çanağa benzer. Bu çanağın ortası Orta Anadolu Platosu, kenarları ise kuzey ve güneyde denize koşut, batıda dik uzanan dağlar oluşturur; kuzey ve güneydeki sıra dağlar doğuya doğru iyice sıkışıp birbirine yaklaştıktan sonra açılarak Asya içlerine doğru devam eder. Dağlar dik ve derin vadilerle yarılmıştır, aralarda plato düzlükleri yer alır. Ovalar kıyı şeridinde toplanmıştır, vadi boylarında ve ırmak ağızlarında da ovalar vardır. Kimi yerlerde tek tek ya da bir çizgi boyunca uzanan sönmüş volkanlar yüzey şekillerine çeşitlilik katarlar.

Anadolu yarımadasının kuzeyindeki doğu-batı doğrultulu, kıyıya koşut olarak uzanan yüksek sıra dağlara Kuzey Anadolu Dağları denir. Bu dağlar birbirinden oluklarla ayrılmıştır. Yeterli miktarda yağış düştüğünde bu bölgede özellikle sonbahar ve yaz mevsimlerinde taşkınların oluşması kaçınılmazdır. Ayrıca Doğu Karadeniz, sahili boyunca kıyı taşkınlarına müsaittir. Aynı zamanda Anadolu'nun güneyinde Toroslar çoğu yerde kıyının hemen ardından yükselmekle beraber, bu dağların güneye bakan taraflarında her zaman büyük taşkınlar beklenir. Anadolu'nun en yüksek noktası olan Ağrı dağı 5000m'nin üstünde yer almaktadır. Yer şekillerindeki bu ekstrem değişimler, iklim değişikliğine ve yağış rejimine önemli miktarda etkisi vardır. Anadolu, orta iklim kuşağı içinde ve bir geçit alanında yer alır. Kuzey Anadolu'da hemen hemen her mevsimi yağışlı bir iklim, Güney Anadolu'da Akdeniz iklimi, Orta ve Doğu

Anadolu'da ise doğuya doğru gittikçe şiddetlenen karasal iklim görülür. Anadolu coğrafi konum açısından bu iklim tiplerinin etkisi altında kalmakla birlikte, yükselti kıyıya koşut dağ sıralarının varlığı, denize yakınlık gibi etkenler iklimi çeşitlendirir.

2.2 Hava Kütleleri ve Yağışlar

Anadolu üç tarafı denizlerle ve ülkeye farklı iklim özellikleri sağlayan Fırat ve Dicle gibi iki büyük nehirle çevrelenmiş topografyası ile dünyanın alt tropik iklim kuşağında yer almaktadır. İlkbaharın son zamanlarında ve yaza doğru güneyden sıcak ve nemli hava taşıyan çeşitli hava kütlelerinin etkisi altındadır. Denizler üzerinden gelen tropikal ve kutupsal hava akımları sonbaharda yerel ve nemli hava taşır fakat kuzeyden ve kuzeybatıdan gelen denizsel ve Kuzey Kutbu hava kütleleri kış sezonunda cephe yağışlarına ve kar yağışlarına sebep olurlar. Bununla birlikte, topografik yüksekliğe bağlı olarak, Doğu Anadolu Bölgesi Temmuz ve Ağustosun dışında yılın on ayı karlar altında kaldığı için bu bölgede kar erimesinden dolayı taşkın olayları beklenir.

Kuzeyde Karadeniz kıyısı yılda 1000mm'ye kadar ulaşan şiddetli yağışların etkisi altındadır. Batı ve doğu tarafları orta miktarda yağış alırken iç bölgelerde yağış azalması meydana gelir. Meteorolojik istasyonların iklimsel özellikleri büyük su kütlelerine yakınlıkla ve karasallıkla değişir. Türkiye'de ortalama yıllık yağış miktarları bölgeden bölgeye değişmektedir. Kuzey bölümünde yaklaşık 800-1000mm, kuzeybatı bölümünde 600mm civarında, iç bölgelerde 400-600mm arasında; batı bölümünde 800-1000mm ve son olarak doğu bölümünde 600mm'dir (Kadioğlu ve Şen 1998).

Hemen hemen ülkenin bütün batı ve kuzey bölgelerinde yağışlar Aralık ayında maksimum seviyeye ulaşmaktadır iç ve doğu kısımlar maksimum yağışlarını ilkbaharın sonlarına doğru özellikle yazın başlangıcında ve Haziran aylarında alırlar. Karadeniz kıyısında en yağışlı ay Eylül ayıdır. Güney bölgesinin batı kısımlarında Aralık ayında aylık ortalama maksimum yağış yaklaşık olarak 160-240 mm, kuzey bölümünün doğu kısımlarında Ekim ayında yaklaşık olarak 100-260 mm, iç bölgelerde ve doğu bölümünün bazı kısımlarında Mayıs ayında 50-75mm, kuzeydoğu bölgesinin doğusunda Nisan ayında 60-110mm, ve son olarak, batı bölümünde Aralık ayında 100-140mm yağış düşmektedir.

Hemen hemen bütün ÷lkede Haziran ayında yağış minimumdur. Bir istisna olarak Karadeniz kıyılarının bir kısmı Mayıs ayında minimum yağış alır. Ağustos ayında ÷lkenin büyük bir kısmında aylık ortalama minimum yağış 5-20mm, Mayıs ayında kuzey kıyılarında 40-70mm'dir.

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 600 ile 700mm civarındadır. Türkiye üzerindeki en uzun süreli ve durağan yağış rejimi, kış periyodunda Orta Avrupa'dan gelen kasırgaların etkisi altındaki Kuzeydoğu Bölgesinde görülür. Bununla birlikte Akdeniz'in suyunun sıcaklığının Karadeniz'e göre daha sıcak olmasına karşın soğuk cephe yağışı şeklindeki yağış üreten mekanizmalar güneyde nadiren görülür. Karadeniz sahiline paralel uzanan Doğu Karadeniz dağları orografik etki oluştururlar. Öte yandan Ege bölgesinde Akdeniz iklimi egemendir. Türkiye'nin Güneydoğu bölgesi oldukça düzdür, karasallık hakim olmasına rağmen Akdeniz ikliminin giriş yapması bölge üzerinde havanın yumuşamasına sebep olur. İç bölgelere girdikçe yağışlar daha da karmaşık bir hal alır. Başka bir deyişle, iç bölgelere doğru daha az göze çarpan bir mevsimsellik, doğu bölgelerinde aydan aya değişimlerin artması ile sıkça görülür.

Hemen hemen bütün Karadeniz kıyısı Kasım ayında yıllık çevrimden kaynaklanan maksimum yağışların etkisi altındadır. Ayrıca Aralık ayında da daha yüksek kısımlar bu etkinin altındadır. Güneyde, yıllık maksimum yağış Ocak ayında meydana gelir. Böyle bir farklılığın nedeni, Kuzey ve özellikle Doğu Karadeniz dağlarının ve Kafkas dağlarının bulunduğu Kuzey Doğu Anadolu bölgesine doğru olan denizsel ve kutupsal hava kütesinin hareketidir.

Batı bölümünde ve kıyı şeridinde maksimum yağışın oluşma zamanı Aralık ayının ortalarından (veya Ocak ayının) Kasım ayının ortalarına kadar değişir. Yoğun kasırga hareketlerinin görüldüğü sonbahar bitiminde ve kışın başlarında, denizsel yağış rejimi yıllık pik yağışlara sebep olur. Karasal yağış rejiminde ise ilk bahar ve yazın başlangıcındaki sıcak günlerde konvektif yağış tipi görülür. İşte bu tiplerdeki yağışlar uygun hidrolojik ve meteorolojik şartlar altında bir numaralı taşkın sebepleri arasında yer alırlar.

Maksimum (minimum) yağışlar tüm Türkiye'de Aralık veya Ocak (Ağustos veya Temmuz) aylarında görülür. Bununla birlikte aylık ortalama yağışlar sonbahar ve kış

aylarında 240mm-500 mm arasında değişir. Yağışın yıllık değişimi , Türkiye'yi çevreleyen denizlerdeki su sıcaklığının yıllık değişimi ile ilişkilidir. Kıyı kesimlerindeki kışın oluşan maksimum yağışların , sahillerdeki büyük ve sıcak su kütleleri vasıtasıyla açıklanması mümkündür. Türkiye'nin doğu bölgelerinde ise konvektif yağışlar baskındır.

2.3 Yağışlı ve Kurak Dönemler

Yağışlı ve kurak dönemlere ilişkin, aylık yağışlardaki zamansal ve mekansal değişmezlik bir bölgenin hidroklimatolojisi ve taşkın üretimi konusunda yararlı ipuçları sağlarlar. Yağış, akarsu akışları, kar erimesi gibi çeşitli hidrometeorolojik olguların matematiksel modeli ve simülasyonu literatürde yoğun şekilde bulunmasma rağmen , yağışlı ve kuru dönemlerin ekstrem durumları olan kuraklık ve taşkınlar (Şen 1976 – 1980) üzerindeki çalışmalar sınırlıdır. Dünyadaki karasal bölgelerde yağış oluşumu ve miktarı, gelişimdeki düzensizlikler nedeniyle rasgele ve seyrek (Şen 1983). Bununla birlikte eğer bu periyotlara ait güvenilir tahminleri esas alan gerekli tedbirler alınmazsa, su kaynakları etkinliklerinde beklenmedik zararlar sebep olabilecek ekstrem kurak zaman dilimlerine yol açan kurak dönemler oluşabilir. Diğer yandan yağışlı dönem periyotları karasal bölgelerde oldukça önemlidir. Çünkü tüm ülkenin büyük doğal su temini kaynaklarından olan yeraltı suları ve fırtına taşkınları ile ilgilidir.

2.4 İklimsel Değişim ve Yağış

İklimsel değişimin, global düzeyde hidrolojik çevrim üzerinde yol açacağı değişiklikler ve bölgesel su kaynaklarına olan etkileri iyi bilinmektedir. Suyun dağılımındaki ve hacmindeki bir değişiklik, evsel ve endüstriyel kullanımlar, sulama, hidroelektrik enerji üretimi, navigasyon, ekosistem ve mesire yerleri için su kaynakları olan yerüstü ve yer altı sularını etkileyecektir. GCM (Global Climate Model) lerin tahminlerine göre kışın beklenen ısınma 2°C ve yazın ise 2-3°'dir. Kış aylarındaki yağışlarda bazı artışlar beklenmekle beraber yaz aylarında ise 10-15% yağış azalması beklenmektedir. GCM' ler arasında yaz sıcaklıkları ve yağışları açıkça belirsizlik ve uyuşmazlık göstermektedir.

Su Kaynakları genelde yağışlı kışlardan fayda görür fakat sıcak yazlarda artan buharlaşma ile beraber özellikle Türkiye'nin Güney Doğusundaki su kaynakları zarar görmektedir. Artan yağış değişkenliği, çok az yağışlı bir iklimde olsa bile, Türkiye'nin herhangi bir bölgesinde taşkınlara yol açabilir. Yüksek sıcaklıklar su talebinde artmalara neden olacak ve bu da su kaynaklarına ve altyapıya daha fazla yatırım yapılmasına neden olacaktır. İnsan yapılarının çevre etkisinin incelenmesi ve uzun dönemli iklimsel verilerin artık bulunabilmesi nedeniyle Türkiye'de, iklimsel trend üzerindeki ilgi son günlerde git gide artmaktadır.

1932 ve 1990 yılları arasında ilk bahar ve son bahar sezonlarında yağışta bir artış olduğu bununla beraber yaz ve kış aylarında yağışlarda düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. 1932-1990 yılları arasında 18 istasyondaki gözlemler, yıllık ve sezonluk toplam yağışlarda önemli bir değişiklik trendinin olmadığını göstermiştir.

İklim değişikliği belirtilerini belirlemek için Dünyada ve Türkiye'de çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tahminlere göre (GCM' den çıkan sonuçlarda) sıcaklık, Türkiye'nin de bulunduğu Kuzey Avrupa'da 30 yıl içinde artacaktır.

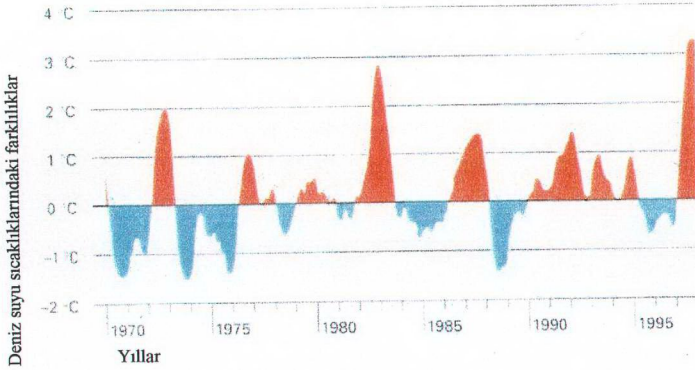
2.5 El Niño Etkisi

Bölgesel okyanus akımlarında oluşan beklenmedik değişiklikler veya El-Niño Dünyanın iklimini ve atmosferini önemli ölçüde etkilemektedir. Pasifik okyanusun doğusundaki tropik bölgelerde su sıcaklığının mevsim normallerinin çok çok üstüne çıktığı yıl El Niño yılı olarak bilinir. En yakın olarak 1997 ve 1998 yıllarında bu durum yaşanmış ve bu olayın yaşanacağı daha önce çeşitli kuruluşlar tarafından duyurulmuştur. Bununla birlikte taşkınların korkulduğu gibi bir etkisi olmamakla beraber yine de bazı bölgelerde etkisi görülmüştür. El Niño olayı ortalama olarak 3-7 yıl arasında bir meydana gelir ve her zaman aşağı yukarı, aynı bölgeleri etkiler (Şekil 2.1).

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Fatih ZEYVELİ 1973 yılında Ankara'da doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini, Eskişehir, Diyarbakır, Ankara ve Bursa'daki çeşitli okullarda tamamladıktan sonra 1990 yılında Bursa Çelebi Mehmet Lisesi'nden mezun olmuştur. Lisans eğitimini Ortadoğu Teknik Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümünde 1995 yılında tamamlamıştır. 1996 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Haberleşme Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 1996-1999 yılları arasında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Halen dışardan öğretim görevlisi olarak Marmara Üniversitesi'nde Delphi Programlama Dili ve Nesne Tabanlı Programlama dersleri veren ZEYVELİ, evli ve bir kız çocuğu babasıdır.





Şekil 2.2 Pasifik'teki deniz suyu sıcaklıklarının 5 aylık hareketli ortalaması

Türkiye'deki yağışlar mevsimlere bağlı olarak oldukça düzenlidir. Genelde kış mevsiminde yağışlar tüm Türkiye'de artım eğiliminde, buna karşılık yazın ise azalma eğilimindedir. Bu yüzden El Niño olayının etkisi araştırılırken bu düzenli değişiklik gösteren mevsimlere ait veriler alınmamıştır. El Niño olayının olmadığı yılların oldukça sakin olduğu gözlenmiştir.

Türkiye'deki 108 meteorolojik istasyondaki aylık toplam yağış değişimlerinin incelenmesi, aydan aya değişimlerin bir çoğunun El Niño olayı ile bağlantılı olduğunu ortaya çıkarmıştır (Kadioğlu ve arkadaşları 1999). El Niño Türkiye'nin sırasıyla güney ve kuzey batı bölümlerinde alçak ve yüksek basınçlar üretmiştir. Genel trend, cephesel siklonların Türkiye'nin güneydoğusunda kuzeyine doğru bir yol izlediğidir. Bu ise Türkiye'nin güneybatısı etrafındaki yağışların niye bir azalma trendine girdiği sorusunun cevabı olabilir. Bunun yanı sıra son taşkın olaylarının sık görüldüğü; özellikle Karadeniz kıyılarındaki yağış artışına neden olabilir.

Analiz sonuçları Türkiye'nin güneyinin, El Niño ile birlikte yağışlara karşı hassas olduğunu ortaya çıkarmıştır. Genel olarak Akdeniz iklim tipinde en yağışlı mevsim Aralık ayıdır. Kadioğlu bu bölgenin sadece Aralık ayında yıllık toplam yağışın 15-25 % aldığını göstermiştir.

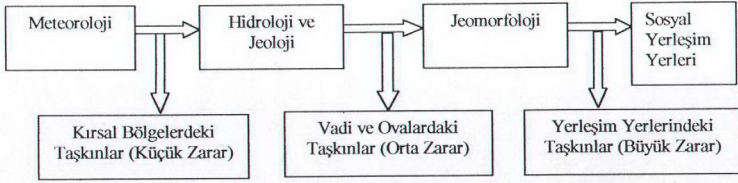
2.6 Türkiye’de Meydana Gelen Taşkınlar ve Başlıca Sebepleri

Taşkınlar, büyük finanssal , çevresel ve sosyal sonuçlarla beraber can ve mal kaybına sebep olan doğal afetler arasındadır. Taşkın olayını başlıca tetikleyen mekanizma, yağış oluşumu için uygun meteorolojik oluşumu hazırlayan atmosferik durumdur. Yağış olayının ekstrem durumu, uzmanlar tarafından muhtemel maksimum yağış ile tarif edilir. Bir bölgedeki taşkın olayının oluşumu için sadece meteorolojik şartlar yeterli değildir. Bütün ekstrem yağışların taşkınla sonuçlandığı söylenemez, taşkın tehlikesinin oluşumuna etki eden başlıca faktörler, jeolojik yüzey özelliklerine ek olarak hidrolojik ve jeomorfolojik özelliklerdir.

Hidrolojik açıdan toprak doyuma ulaştığı zaman taşkınlar görülür bu yüzden hemen hemen bütün yağışlar, evapotranspirasyon ve sızmayı çıkarttığımızda yüzeysel akışa dönüşür. Düz arazilerdeki hidrolojik taşkınların , su birikiminden dolayı tarım sahalarına çok büyük zararları vardır.

Meteorolojik ve hidrolojik şartların birleşmesi, taşkın olayının oluşumu için her zaman yeterli bir mekanizma değildir. Bölgenin yer şekilleri de (jeomorfolojisi) zararlı taşkınların oluşumunda önemli rol oynar. Yer yüzüne ulaşan yağış suların yolunu jeomorfolojik özellikler çizer. Su ayırıcıları ve toplayıcıları (nehirler , akarsular) eşliğinde bu sular her havza ve alt havza da çeşitli parçalara dağıtılır ve bölünür. Jeomorfolojik özellikler taşkın hızlarını ve dolayısıyla da taşkın zararlarının artışı belirler. Yeterli bitki örtüsünün bulunmadığı bölgelerde yüksek hızlardan dolayı sel baskınları, can ve mal kaybına yol açabilir.

Yukarıdaki nedenlere ek olarak taşkın tehlikesi altındaki bölgelere yerleşim, sosyal faktörler arasındadır. Bu yanlış planlama ve yanlış yönetim anlayışından doğmaktadır. Kentsel yerleşim yerleri başlangıçta taşkın riski olmayan bölgelerde seçilmese , her zaman taşkın tehlikesi ile karşı karşıyadır. Taşkın zararını azaltmak amacıyla gerekli meteorolojik, hidrolojik ve sosyal planlamalar, projeler, yapılanmalar ve yönetimler dikkatlice etüt edilmelidir. Maalesef genellikle bu çalışmalar dikkate alınmamaktadır ve sonuç olarak endüstriyel ve evsel yerleşimler için taşkın tehlikesinin bulunduğu bölgeler seçilmektedir. Bu ise can ve mal kaybına yol açmaktadır. Herhangi bir taşkın değerlendirme çalışmasında Şekil 2.3’de ki bloklar kullanılabilir.



Şekil 2.3 Taşkın sebepleri

Özellikle, nehir taşkınları, temelde, yağıştaki ani artıştan kaynaklanmaktadır. Bu tür taşkın olayları dar zaman aralığında oluşan yoğun bir yağıştan ibarettir. Diğer yandan, uzun süreli yağışlarda , diyelim birkaç haftalık, zemin nemi doyar ve doyumdan sonra artan bir oranda yüzey akışı ve sabit bir hızda taşkın başlar. Bu, çöllerde bile görülebilen ani ve şiddetli yağışlar gibi zarara yol açmaz. Yüksek yağış yoğunluğunda dolayı zemine sızma için yeterli zaman kalmaz ve bu yüzden yer yüzüne düşen bütün su yüzey akışına katılır ve sonuç olarak taşkınlar oluşur

İklim değişimi, rutin dışı taşkınların oluşum sebeplerinden biridir. İklim değişimi yağışların zamanlamasında, bölgesel rejim ve yoğunluğunda ve özelliklede sağanak ve yoğun yağışların oluştuğu gün sayısında değişikliklere sebep olur. Kuzeydeki (Trabzon ve Bartın) ve Batıda ki (Isparta) son taşkınlar, geçmişteki yağışlardan dolayı doyan zemin nemi ile beraber beklenmedik bir şekilde yağın aşırı derecede ki yoğun yağmur ile sonucu oluşmuştur. Son yıllarda taşkınlar daha önce hiç görülmemiş bölgelerde görülmektedir. Bunun temel sebebi ise iklim değişimidir. Son taşkınlarda global iklim değişiminin bazı etkileri görülmesine rağmen diğer bölgelerde de oluşacağı anlamına gelmemelidir.

Diğer taraftan, artan taşkınların sebeplerinden biride, son yıllarda Türkiye'nin bir çok bölgesinde çok yaygın olan, bitki örtüsünün yok edilmesi ve bununla beraber meydana gelen erozyondur. Böyle çevresel tahribatlar yüzey akışını ve taşkın şiddetini artırır ve heyelanlara neden olur. Bu yüzden gelecekte oluşacak taşkın olasılıklarını ve zararlarını değerlendirmek için erozyon ve bitki örtüsü yok edilmiş bölgeler göz önünde bulundurulmalıdır. Son yıllarda, TEMA vakfının raporlarından, Türkiye'nin bir çok bölgesinde erozyon olaylarının arttığını ve bazı bölgelerde durumun oldukça kötü olduğunu görmekteyiz.

Taşkınlar bir çok ölümlere ve yaralanmalara sebep olmaktadır. Evlerin zarar görmesi ve içinde yaşayanların evleri terk etmesi de taşkınların toplum sağlığı üzerindeki etkileridir. Taşkın literatürlerinin ve yapılan çalışmaların bir çoğu katastrofik taşkın olayına odaklanmasına rağmen, sık rastlanan fakat küçük olan taşkınların da insan sağlığı üzerinde önemli etkileri mevcuttur. Ölümlerin ve yaralanmaların bir çoğu; ani etkisi olan büyük doğal felaketlerden oluşmaktadır. Bu tip taşkınlar, yağışın başlamasından birkaç saat sonra oluştuğu için hiçbir şekilde tahliye imkanına sebep vermemektedirler.

Atmosfer orijinli olan doğal felaketlerin maliyeti büyüktür ve maliyetleri sosyal etkinlikler, endüstriyel gelişmeler ve belli bir boyuta kadarda iklim değişimi ile artmaktadır. Bir çok ülkede, nüfusun çoğu yeterli alt yapısı olmayan, nüfusu çok yoğun büyük kentlerde ve deniz kıyılarında yaşamaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık 3'te 2'side deniz kıyılarında yaşamaktadır. Bunlar aynı zamanda pahalı yerleşim yerleridir. Sonuç olarak, ticari, ekonomik ve endüstriyel etkinliklerin bir çoğu sudan kaynaklanan felaketlere maruzdur. Su ile alakalı katastrofik olayların bir sonucu olarak sigorta şirketleri bütün dünyada yaygın hale gelmiştir ve uygun sigorta sistemleri ve gelecek planlamaları için taşkın risklerini değerlendirmeye başlamıştır.

İnsan faaliyetleri, sadece iklim değişikliği ve global ısınmanın değil aynı zamanda yapılaşma ve asfalt caddelerden dolayı artan yerel ısınmanın sonucu olarak oluşan doğal olaylardan etkilenmeye başlamıştır. Fırtına ve taşkından dolayı oluşan kayıplar bütün dünyada son 25 yıldır artma eğilimindedir. Geçmişteki ve geleneksel çalışmalar, bu olayların gelecekteki davranışı hakkında güvenilir tahminler verememektedir. Sonuçta, büyük hata limitleri olan tahminler oluşmaktadır. Tahmin hatasının azaltılması, sadece temel bilgilerin ve metodolojilerin iyileştirilmesini değil aynı zamanda şebeke dizaynı ve izleme sisteminin de geliştirilmesini gerektirecektir. Meteorolojik veriler özellikle Türkiye'de güvenli bölgesel çalışma imkanı tanıyamamaktadır ve bu yüzden bu yetersiz çalışmalar, uzman görüşler ve bölge insan ve yöneticilerinden alınan ilave bilgilerle desteklenmelidir. Örneğin, sigorta şirketleri bilgilendirilmek ve sigorta poliçelerini doğru bir şekilde düzenlemek için farklı dönüş aralıkları esnasında risk seviyelerini bilmek isterler. Özellikle, taşkın çalışmalarında gerçek zaman tahminleri gereksizdir, fakat aralık tahminleri örneğin dönüş aralığı temeline dayanan tahminler, planlılar ve yöneticiler tarafından gerek duyulan temel bilgilerdir.

Diğer taraftan, sadece sayısal veriler değil ek olarak sözel uzman görüşleri son karar verilirken oldukça önemlidir. Herhangi bir modelde bir çok kısıtlamalar, kabuller, yerel gereksinimler ve zaman tanımlamalarına ihtiyaç vardır. Bu yüzden herhangi bir ülke veya bölge için geliştirilmiş özel modeller, verisi olan diğer başka bir bölge için geçerli değildir. Böyle bir modelin başarısı, ancak ilgilene bölgenin gerekli başlangıç ve sınır koşullarının belirlenmesiyle gerçekleşebilir. Örneğin, taşkın ovalarının risk seviyeleri ve sahil bölgelerindeki su baskını riski en azında nitel bir bazda hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, risk seviyelerinin doğru bir şekilde sayısal tarifi için objektif nicel teknikler vardır. Bölge bazında nokta risk seviyeleri kullanışlıdır. Fakat daha verimli olarak, harita formatında bölgesel risk seviyeleri tercih edilir. Bu haritalar, 5,10,20,25,50 ve 100 yıl gibi farklı dönüş periyotları için eşit risk seviye çizgileri şeklinde olabilir. Maalesef bu Türkiye’de hiçbir bölge için yapılmamıştır. Bununla birlikte İstanbul’un doğusunda bulunan Gebze’deki Çamaşırcı dere havzası için Kadioğlu ve Şen (1997) buna benzer bir çalışma yapmıştır. Taşkın felaketini de içeren herhangi bir doğal afet için risk haritaları hazırlamak gereklidir. En riskli en kesitlerdeki taşkın derinliklerinin, problemlerin değerlendirilmesi için belirlenmesi şarttır. Bununla birlikte Devlet Su İşleri (DSİ), tüm Türkiye’ye dağılmış bölgelerde yağış ve alkiş kayıtlarını tutmuştur. Bu kayıtlar, risk haritalarının hazırlanması için farklı dönüş aralıkları ile bölgeselleştirilmelidir.

Son zamanlardaki taşkın çalışmalarında, iklim değişiminin etkisi önemli hale gelmiştir. Çünkü farklı ekonomik senaryolar, geleneksel modellerde, artık iklim değişiminin etkisiyle geliştirilmektedir. Yabancı yatırımcılar, en azından ilgilendikleri saha için iklim değişiminin muhtemel etkilerini bilmek veya değerlendirmek isterler.

Taşkın tahmini ve değerlendirme modeli taşkın debilerini ve oluşum zamanlarını doğru bir araştırma için gerektirmektedir. Bu yüzden bu bilgileri tutmak lazımdır. Burada, Devlet Su İşleri kayıtları gerekli yorumlar için göz önüne alınmıştır.

Aslında bu raporlar herhangi bir muhtemel iklim değişimi göz ardı edilerek tutulmuştur. Özellikle, her bölgenin akış kayıtlarının istatistiksel özellikleri genelde model girdileri olarak arzu edilir fakat diğer bir gereksinim ise bunların doğru bir biçimde mekansal ve bölgesel yorumlamaları için bölgeselleştirilmesidir. Diğer taraftan ilgilene bölge için mevcut veriler olmayabilir. Bu yüzden muhtemel taşkın sonuç kayıtları bilinen sahalardan ilgilene bölgeye doğru taşınmalıdır. Pratikte kullanılan

modeller bile planlamacılar için gerekli çözümler üretmekte yeterli olmayabilir. Bu yüzden istenen bilgiler için geriye dönüşümlü prosedürler uygulanmalıdır. Model sonuçları özellikle tropikal ve ekvator bölgeleri için güvenilir olmayabilir. Bunun yanında, modeller ortalama parametreler üretir ve bu yüzden bu ortalamadan olan sapmalar mutlaka göz önüne alınmalıdır. Ortalama etrafındaki standart sapma değişmemesine rağmen, bu değişikliklerin lineer tarzda olacağı anlamına gelmez, taşkınlar gibi ekstrem olaylar lineer olmayan bir tarzda oluşabilir. Bu nokta gelecek tahminleri için göz önünde tutulmalıdır.

2.7 Tropik ve Orta-Kuşak Fırtınaları

Genel sirkülasyon modelleri taşkınların trendi ve frekansı hakkında daha uzman bilgiler sağlar. Orta kuşak fırtına trendleri içinde bile genel bir çıkarım yoktur.

2.7.1 Konvektif olaylar ve ekstrem yağış

Genel sirkülasyon modeline göre, CO₂ miktarındaki artmalar konvektif olayların artacağı anlamına gelmektedir. Sonuç olarak şiddetli yağışların frekansının artmasıdır ki bu da daha sık bir şekilde yüzey akışına ve taşkınlarla yol açmaktadır. Frekansın artmasıyla birlikte heyelanlarda da bir artma olacaktır.

2.7.2 Kıyı taşkınları

Deniz seviyesinin yükselmesi ve fırtınanın sona ermesi ile kıyı taşkınları arasında artan bir ilişki vardır.

Doğal felaketlerin en maliyetli olanı siklonik meteorolojik olaylar ve aynı zamanda taşkınlardır. Örneğin, Tablo 2.1 de dünyada 1960-1962 yılları arasındaki toplam meteorolojik felaketlerin sayısı, verdiği zarar ve sigorta edilen miktar görülmektedir.

Tablo 2.1 1960 – 1992 Fırtına istatistikleri

Yıllar	1960	1970	1980	1990
Taşkın Sayısı (bin)	8	1,3	2,9	5,0
Toplam Kayıp (milyar USD)	2,0	2,9	3,4	20,2
Sigorta Edilen Miktar (milyar USD)	0,5	0,8	1,7	11,3

Taşkın risklerini azaltmak için eğitim ve öğretim programları düzenlenmelidir. Bu bilimsel sonuçlara ulaşmak ve sonuç yorumları yapmak için tek yoldur. Bu tarzda, halktan ve uzman olmayan kişilerden yararlı bilgiler sözel olarak alınabilir. Her ülkenin, doğal olaylar için risk haritalarını hazırlaması lazımdır. Meteorolojik verilerin toplanması maliyetli olmasına rağmen yorumlanmaları ve modellerde kullanılmaları son derece önemlidir. Bu yolla, verilerden çok yararlı bilgiler çıkarılabilir ve bunlar politikacılar, yöneticiler ve sigorta şirketleri için çok yararlı olabilir.

2.7.3 Türkiye taşkınları

Taşkınları değişik bakış açılarından sınıflandırmak mümkündür. Böylece verilen bölge için spesifik olarak incelenebilir. Taşkın suresine göre taşkınlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Uzun süreli taşkınlar; bir hafta veya daha fazla süreli
- Kısa süreli taşkınlar (Ani taşkınlar) 6 saat veya daha az süreli

Diğer yandan, görüldükleri yere göre sınıflandırıldıklarında,

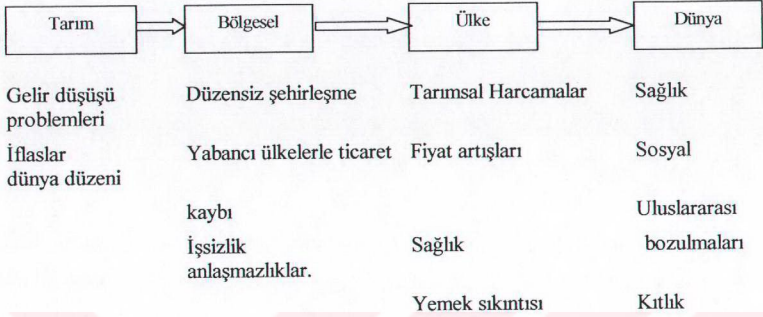
- Aktif su toplama hattında: Dereler ve Akarsular
- Kuru su toplama hattında: Dağ eteklerinde
- Şehir içi taşkınları: yerleşim bölgelerindeki dereler
- Kıyısal taşkınlar: Deniz ve göldeki yüzey üzerindeki açık hava basıncının etkisinden kaynaklanır

Bu taşkınlara ait bazı örnekler Türkiye için aşağıda verilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Türkiye taşkınlarından bazı örnekler

18 – 20 Haziran 1990	Trabzon Taşkını
16 – 27 Mayıs 1991	Doğu Anadolu Bölgesindeki Taşkınlar
1994	Marmaris taşkını (Ege kıyısında)
1995	İkitelli, Senirkent (Isparta), Rize ve İzmir taşkınları toplam 160 insanın hayatına mal oldu.

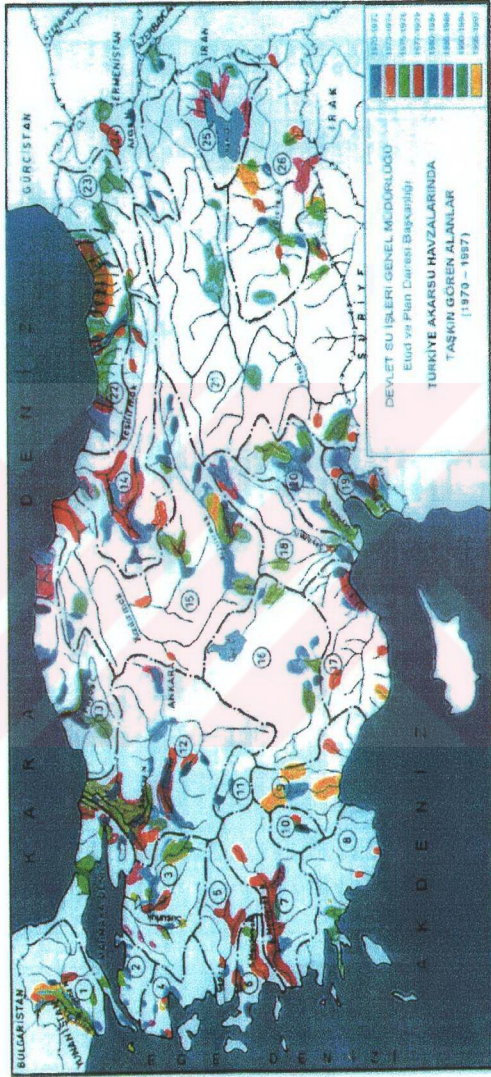
Kuraklığın en önemli sonuçlarından biride çölleşmedir ve bunun sonucu taşkın olaylarının sebepleri arasında görülür. Tahminlere göre dünya çapında her yıl 70000 km² alan çölleşmektedir (Şekil 2.4)



Şekil 2.4 Farklı çaptaki felaketler

2.8 Türkiye'deki Taşkın Bölgeleri

Türkiye Şekil 2.5'de görüldüğü gibi 26 büyük ve birbirinden bağımsız drenaj havzalarına bölünmüştür. Bu bölgelerdeki taşkınlar bütün bölge üzerinde oluşmamakla beraber alt havzalar ve alt alt havzalar taşkın tehlikesi ile karşı karşıyadır.



Şekil 2.5. Türkiye akarsu havzalarında taşkın gören alanlar (1970-1997)

Tablo 2.3’de çeşitli havzalara ait yıllık ortalama debiler görülmektedir.

Tablo 2.3 Havza özellikleri

HAVZA	ORTALAM DEBİ (KM ³ /YIL)
Meriç – Ergene	1,33
Marmara Denizi	8,33
Susurluk	5,43
Kuzey Ege	2,09
Gediz	1,95
Küçük Menderes	1,19
Büyük Menderes	3,03
Batı Akdeniz	8,93
Antalya	11,06
Burdur Gölü	0,50
Akarçay	0,49
Sakarya	6,40
Batı Karadeniz	9,93
Yeşilırmak	5,80
Kızılırmak	6,48
Konya	4,52
Doğu Akdeniz	11,07
Seyhan	8,01
Asi	1,17
Ceyhan	7,18
Fırat	31,61
Doğu Karadeniz	14,90
Çoruh	6,30
Aras	4,63
Van Gölü	2,39
Dicle	21,33
Toplam	186,05

Meteorolojik, hidrolojik ve havza karakteristikleri arasındaki karmaşık etkileşimler, insan faaliyetlerine yararlı sonuçları sunmak için bilimsel bir tarzda kontrol edilen akış olgusunun mekansal ve aynı zamanda zamansal değerlendirilmesine zorluk katarlar. Herhangi bir hidrometeorolojik olayın simülasyonunda bir dinamik model inşa edilebilmesi için, geçmiş gözlem kayıtlarına ihtiyaç vardır.

Taşkın kayıtlarının, toplanması ve yayımlanması DSİ tarafından yapılmaktadır. DSİ 1970’den bu yana taşkın yılığı adı altında her sene taşkın raporlarını yayımlanmaktadır. Bu raporların herbiri, her taşkın yerini, debisini ve meydana getirdiğı zararı göstermektedir. Maalesef, 1970 yılından sonra raporlar bazı nedenlerden dolayı yayımlanmamış fakat bir grup gönüllü kişı 1970-1998 yılları arasındaki raporları toplamıştır.

1970-1997 yılları arasında Türkiye genelinde meydana gelmiş taşkınların verdiğı zararlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.(Tablo 2.4)

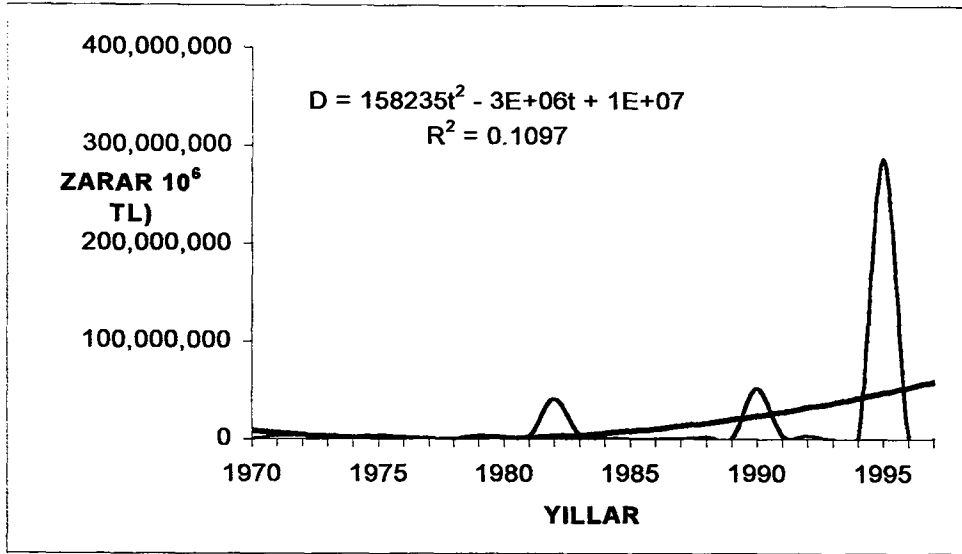
Tablo 2.4 1970-1997 Taşkın envanteri

YIL	TAŞKIN SAYISI	İNSAN CAN KAYBI	TAŞKINA UĞRAYAN SAHA (DEKAR)	1998 YILI RAYİÇLERİ İLE ZARAR(10 ⁶ *TL)
1970	8	3	18 306	184 019
1971	29	6	66 927	3 218 705
1972	118	35	131 441	3 914 705
1973	20	21	56 119	1 194 697
1974	40	75	100 993	1 413 237
1975	62	8	367 136	3 910 342
1976	29	5	225 359	2 163 074
1977	27	11	33 168	991 025
1978	21	-	138 500	822 557
1979	21	61	409 657	4 361 301
1980	44	6	830 162	3 186 042
1981	16	2	584 132	2 882 509
1982	10	-	7 837	40 998 828
1983	14	33	21 132	4 388 373
1984	12	-	291 398	939 736
1985	7	-	23 175	174 877
1986	8	4	65 775	252 601
1987	7	-	5 638	121 609
1988	24	17	39 097	2 136 470
1989	10	1	94 998	473 586
1990	26	57	74 520	51 549 939
1991	23	23	157 693	3 437 873
1992	14	1	6 913	2 665 300
1993	2	-	60	11 779

1994	9	4	16 852	304 322
1995	20	164	2 010 838	286 229 495
1996	4	1	110 262	296 101
1997	1	-	13 900	50
TOPLAM	628	538	5 443 039	420 000 000

1970-1997 yılları arasında meydana gelen zararlar DSI'nin Akarsu Havzaları Taşkın Yıllığı adlı yayınında ayrıntılı bir biçimde yer almaktadır.

1970-1997 yılları arasında Türkiye genelinde 628 önemli taşkın olayı meydana gelmiştir. Örneğin 4 Kasım 1995'te meydana gelen İzmir şehir içi taşkını 1998 fiyatları ile 285 trilyon zarara sebebiyet vermiştir. Bu 1990-1997 arasındaki en feci taşkın olayıdır. Bu periyotta gözlenen diğer genel bir trend ise büyük taşkın olaylarının Haziran ve Temmuz aylarına toplanmasıdır. 28 yıllık periyot boyunca 538 insan hayatını kaybetmiş, yaklaşık 5443039 dam² tarım alanı sular altında kalmış, 1998 fiyatlarına göre toplam 420 trilyon TL kayıp oluşmuştur. Bununla beraber bu miktarlar kaydedilen zararlardır maalesef bu miktarlar doğu ve batı Karadeniz'deki kayıpları içermemektedir. Bu yüzden gerçek zarar bu miktarın oldukça üstündedir. Taşkınlar can ve mal kayıplarının yanı sıra sosyal rahatsızlıklara, erozyonlara ve toprak kaymalarına, gelir düşmesine de sebep olurlar. Bunlar beklenmedik ve ölçülemeyen kaydedilmemiş kayıtlardır. 1970-1997 yılları arasında meydana gelen zararların yıllara göre değişimi aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 2.6 1970-1997 yılları arası meydana gelen zararlar

Yukarıdaki şekilden (Şekil 2.6) de görülen zararların artış trendinde olduğu ve 1995 yılında ekstrem bir olay yaşandığıdır. Havza Bazında taşkınların aylara göre dağılımı Tablo 2.5’de belirtilmiştir.

Tablo 2.5 Türkiye taşkınlarının havza bazında aylara göre dağılımı

HAVZALAR	E	K	A	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	TOP.
Meriç-Ergene	2		1		1	3	2		1		1		11
Marmara	5	3	2	5		2		1	4	2	1	1	26
Susurluk	2	4	4	5	2	2	1	4	2	1	3	1	31
Sakarya	3	2	6	2	3	4	11	8	11	11	5	5	71
Kızılırmak					1	2	2	6	9	5	5	4	34
Ceyhan	1			1		4	4	2	1	1		1	15
Doğu Karadeniz			1				4	1	7	10	4	1	28
Aras							3	1	1		1		6
Dicle		3				1	8	3			1		16

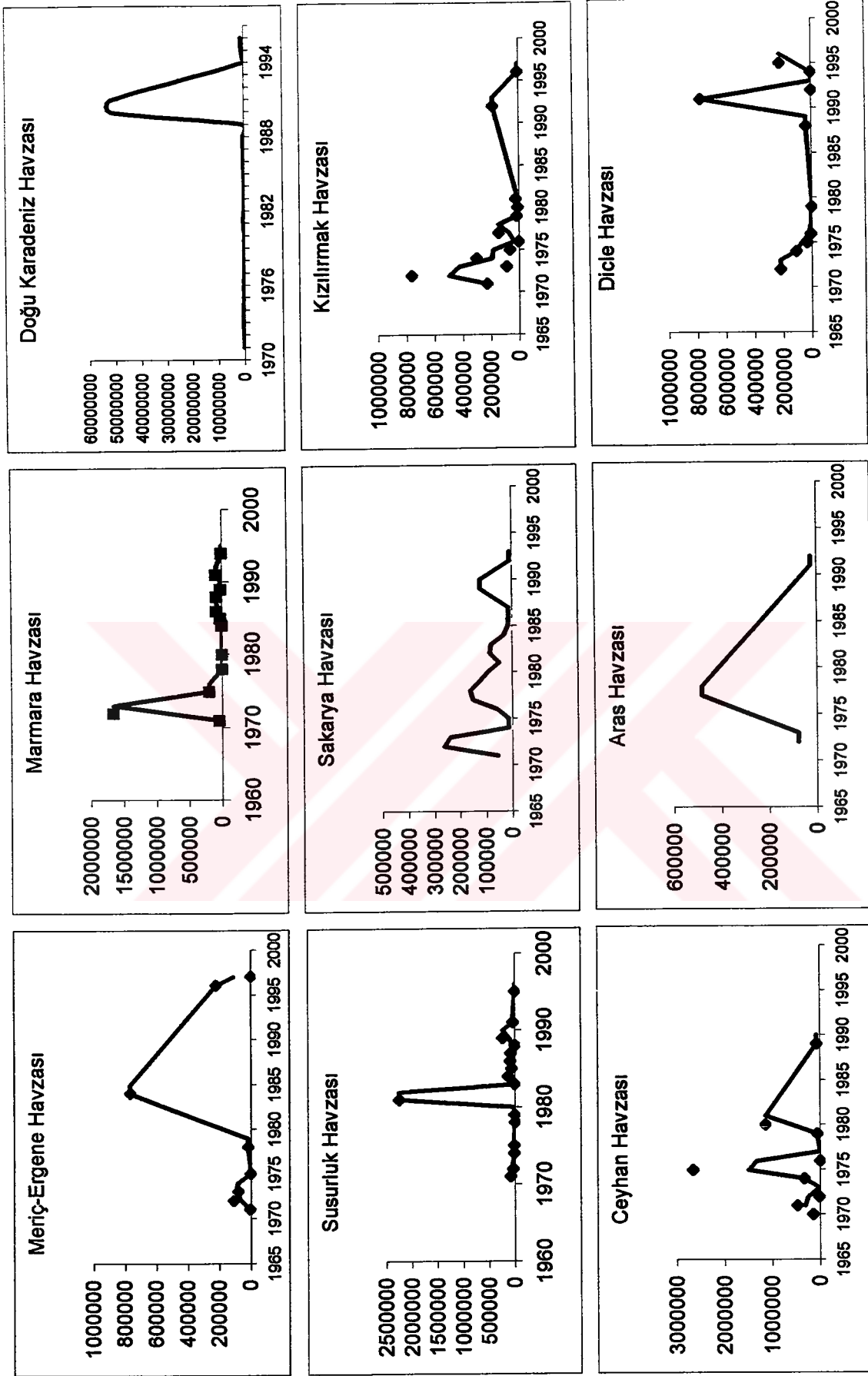
Yukarıdaki tabloda Türkiye’de bulunan 26 havzadan, 1970 –1997 yılları arasında en çok taşkın görenleri alınmıştır. Türkiye’nin kuzey-batısında bulunan havzalarda geçmişte, hemen hemen bütün aylarda taşkınların olduğu ve özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde bir yoğunlaşmanın olduğu görülmektedir. Tabi ki bunun sebebi, o aylarda bölgeye düşen yağış miktarının bütün bir seneye bakarak çok fazla olmasıdır. Ülkenin bütün batı ve kuzey bölgelerindeki yağışlar Aralık ayında maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Karasal yağış rejimlerinde ilkbaharda ve yazın başlangıcındaki sıcak günlerde konvektif yağışlar görülür. Kızılırmak havzasında

Mayıs ve Haziran aylarındaki taşkınların çoğalmasının sebebi işte bu tipteki yağışlardır. Karadeniz kıyıları yılda 1000mm'ye kadar ulaşan şiddetli yağışların etkisi altındadır.

Doğu Karadeniz bu bölgenin tipik bir temsilcisidir. Doğu Karadeniz havzasında Haziran ve Temmuz aylarında taşkınların çoğaldığı tablodan görülmektedir. Doğu Anadolu bölgesinde ilkbahar aylarında, kar erimelerinden kaynaklanan taşkınlar görülmektedir

Tablo 2.6 Havza bazında yıllara göre taşkın zararları

	Meriç Ergene Havzası	Marmara Havzası	Susurluk Havzası	Sakarya Havzası	Kızılırmak Havzası	Ceyhan Havzası	Doğu Karadeniz Havzası	Aras Havzası	Dicle Havzası
Taşkın zararları 1998 yılı rayiç fiyatlarına göre (*10⁶)									
1970				40786		143228			
1971	6518	43377	84121	72872	227800	479263	151843		
1972	111036	1660638	36471	454435	764872	19480	95144	78177	220861
1973	81662			27835	90673		779648		
1974			20438	2001	301292	326644	84090		108923
1975	4151	197333	15472	27154	66250	2668002	273714		32937
1976				89445	2374	743			8353
1977				212298	146630		38584	483629	
1978	17498	2668	3297	113067					
1979			6817	141558	17577	65777	4591		149
1980		0		47447	11517	1145457			
1981			2257614	55443	23428		379180		
1982				120607			16247		
1983			10153	43242			47846		
1984	768448	7114	137906	21893					
1985		33682	72098	10702					
1986		83150	95724	15254					
1987			86235						
1988		84649	627				331972		36459
1989		20822	237274	123127		73358			
1990							51547906		
1991		93314	36395					24555	775597
1992				9278	182963				1333
1993									
1994		7040					259013		2281
1995			2355				1135157		220203
1996	220874				6566				
1997	50								



YILLAR

Şekil 2.7 Yıllara göre taşkın zararları değişiminin havza bazında 2'li hareketli ortalaması

2.9 Türkiye İçin Taşkın Yönetimi İle İlgili Öneriler

2.9.1 Geçmiş

Taşkınlar, insanlığa verdiği güçlük ve ekonomik kayıp bakımından en sık rastlanan ve maliyeti çok yüksek olan doğal afetlerdir. Doğal afetler arasından (kuraklık ve deprem tarzında) en fazla zararı, sel baskınları ve bunla birlikte meydana gelen çamur ve enkaz yığıntıları verir. Taşkınların büyüklüğü ve yapısı mekandan mekana değişir. Ama değişmeyen tek bir şey vardır o da hemen hemen bütün taşkın olaylarının tekrarlandığıdır. Bu tekrarlanma hadisesi bize geçmiş olaylardan ders alma fırsatı verir. Geçmiş yıllara ait taşkın bilgileri ulusal problemin büyüklüğü hakkında bize bazı ipuçları verir. Ulusal taşkın politikasında altı çizilmesi gereken en önemli nokta bütün bu kayıpların önlenebileceği ve halkın taşkınlardan etkilenmesinin en aza indirileceğidir. Son yıllarda, hemen hemen bütün ulusal programların bir elemanı da taşkın uyarıları ve akış tahminlerini içeren taşkın zararlarının azaltılması olmuştur. Hidrometrik şebeke, havza uydusu, uzaktan akış ölçümleri, telemetri ve telemetrelili yağış ölçümlerinin okunması ve veri ağırlıklı nehir akım modellerindeki son yıllardaki gelişmeler ve bunlarla yapılan doğru uyarı ve tahminler bir çok insanın hayatını kurtarır. Zamanında ve doğru uyarı ve tahminler üç konuyu da beraberinde getirir. Bunlar : veri izleme, tahmin ve uyarının yayımlanarak dağıtılması ve verilen uyarıya halkın cevabı.

2.9.2 Otomatik hava ve hidrometrik sistem dizaynı

Her şeyden önce taşkından önce ve taşkın esnasında Devlet Su İşleri, Elektrik İşleri Etüt ve İdaresi ve Devlet Meteoroloji İşleri genel müdürlerinin Türkiye'deki güncelleştirilmiş hidrometeorolojik verilerin toplanmasında ve kullanılmasında beraberce çalışma imkanı olmalıdır. DSİ ve EİE akışlardaki seviye ve debi bilgilerini sürekli olarak düzenleyerek, DMİ'ye değerlendirilmiş sonuçları iletmelidir. Hem ekonomik hem de can kayıplarının artmasından dolayı tüm dünyada 1950'lerden itibaren yeni yeni bölgelerde akış ve taşkın tahminleri başlamıştır.

Nehir tahminlerinin taşkın uyarılarının zamanlanması ve doğruluğun gelişiminde yeni radar teknolojileri ve bilgisayarlı izleme teknikleri önemli yer tutmasına rağmen yer bazında doğrulama hala gerekmektedir.

Nehir debisinin gerçek zamanın doğrulanması ihtiyacı bilimsel doğruluğu sağlamak değil cana ve mala gelecek zararı minimuma indirmek için modeli doğru kuracak verilerin elde edilmesidir. Gerekli verinin detayı ve zamanlaması ancak bölgedeki akım ölçüm istasyonlarından alınır.

Taşkın tahminindeki rollerinin yanı sıra DSI ve EİE akım ölçüm istasyonları barajların, taşkın seddelerinin, köprülerin, su ve atık su arıtma tesislerinin ve diğer mühendislik işlerinin dizayn ve işletilmesinde yararlı bilgiler sağlar.

Hidrometrik istasyonlar, taşkın pikinin risk bölgesine ulaşmadan en çok 4 – 6 saat öncesinden haber alınması için membada yeterince uzağa kurulmalıdır. Fakat ölçümler bu akımı temsil edici değildir. Eksik şebekelerin gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesinden sonra hidrometrik şebekede eksik olan yeni ölçüm istasyonları kurulmalıdır.

Bir optimum hidrometrik şebeke, aşağıdaki çok değişkenli ve stokastik tekniklerden birinin veya en az ikisinin kombinasyonu ile dizayn edilebilir.

- Mekansal korelasyon ve Gandin'in amaç analizleri
- Bölgeselleştirilmiş değişkenler, Temel bileşen Analizi gibi
- Mekansal Taşkın frekans Değerlendirmeleri
- İzleme istasyon mevkilerinin jeoistatistiksel modellenmesi (semivariogram, kümülatif, doğrusal ve nokta variogram teknikleri)
- Taşkın eğilimi Türkiye drenaj havzalarının hidrolojik ve jeomorfolojik özellikleri

2.9.3 Hidrometeorolojik tahmin ve uyarılar

DMİ hava tahminleri yapmak ve halkı uyarmakla mükellef olan bir devlet kuruluşu olarak bilinir. Bununla birlikte Türk İnsan ve politikacılar DMİ'nin Birleşik Devletler

Ulusal Hava Servisi (U.S National Weather Service) gibi akış tahminleri ve taşkın uyarıları yapmakla yükümlü olması gerektiğinin farkında değillerdir. Bu yüzden DMİ, DSİ ve EİE verilerine ulaşabileceği alanlarda büyük boyutlu bir akış tahmin servisi geliştirmelidir.

DMİ Hidrolojik Servisinin yeni ve temel misyonu zamanında yapacağı taşkın uyarıları ve nehir seviyesi tahminleri ile hayat kurtarmak, zararı azaltmaktır. DMİ ülke çapında taşkın zararını azaltmak için yapısal olmayan metotları kullanan ana kurum olmalıdır. Buna ilaveten DMİ, su teminine ilişkin tahminler yapmak ve kuraklıkla ilgili tavsiyelerini yayınlamak için noksan olan yağmur ve kar yağışı periyodundaki hidrolojik ve meteorolojik verileri incelemelidir.

Yağmurun sebep olduğu büyük nehirler etrafındaki taşkınların gelişimi için bir çok saat ve hatta haftalar gerektirebilir. Kar erimesinden meydana gelen taşkınların gelişimi aylar sürebilir. Ani taşkınlarda ise pik debiye birkaç saat içinde ulaşılır. Yağış ve akım ölçüm istasyonları DMİ'nin yurt çapında yurt çapında taşkın tahminlerinde kullanması için hidrolojik açıdan gerçek zaman verileri sağlar. Alış ölçüm istasyonlarından toplanan bilgiler, uydular sayesinde DMİ akış tahmini merkezlerine gönderilebilir. Bu veriler hidrolojik tahmin ve uyarılar yapmak için çeşitli hidrolojik modellerde kullanılabilir.

DMİ akış tahmini hizmeti için ihtiyaç ve talep, nüfus artışı, şehirleşme ve ekonomik büyüme ile birlikte artmaktadır. DMİ, Türkiye'nin bütün ihtiyaç duyulan bölgeleri için bu hizmeti sağlamalıdır. İlk önce DMİ' de nehirler ile ilgili bir bölüm açılmalıdır. Bu bölüm ülke nehirleri için kısımlara ayrılmalıdır.

Nehir akış tahminleri, DMİ akış tahmin merkezleri tarafından hazırlanmalı ve yayımlanmak üzere DMİ ofislerine gönderilmelidir. DMİ akış tahmin merkezleri, nehir taşıdığı zamanki taşkın pikini, günün ve zamanını ve aynı zamanda nehrin geri çekilme gününü ve zamanını tahmin edebilmelidir. Bu tahminler gelen yeni bilgiler ile güncelleştirilmelidir.

Taşkın tahminlerini geliştirmek için, DMİ, ülke nehirlerinin yağışlara ve kar erimelerine karşı nasıl bir cevap verdiğinin matematik modellerini kurar. Bu modellerin verileri, genelde büyük nehirler boyunca veya geçmişte taşkın yaşamış yerleşin birimlerinin yakınındaki dereler üzerinde önceden seçilen servis noktalarında

kurulmuş istasyonlardan elde edilirler. Hemen hemen bütün durumlarda nehrin debi kayıtları lazımdır. Bu modellerin en önemli girdilerinden bir tanesi de DSI'nin anahtar eğrileridir. Sonuç model nadiren tamdır ama yaklaşık olarak yağışa karşı gelen akış tahminini yansıtır. Bundan sonra havza için yağış miktarı girildiğinde, model, sonuç olarak beklenen seviye ve debi değerlerini tahmin edebilir.

Model ne kadar iyi kurulursa kurulsun sonuçta geçicidir. Çünkü, şehirleşme, drenaj kanallarının yapılması ve baraj ve seddelerin inşa edilmesi gibi havza karakteristiklerindeki değişiklikler modeli kısa ömürlü yapar. Sürekli değişen bir tarzda model kalibrasyonu, debi ve yağış verilerinin toplanması doğru, kullanışlı ve geçerli bir akış tahmini yapmak için elzem olan araçlardır.



3 MÜHENDİSLİKTE BULANIK (FUZZY) MODELLEME İLKELERİ

Bu bölüm, Zekai Şen (1999) tarafından hazırlanan “Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Modelleme İlkeleri”adlı kaynaktan derlenmiştir. Bu bölümde bulanık mantığın temel kavramları üzerinde temel bilgiler verilmiştir.

3.1 Belirsizlik Kavramları

3.1.1 Giriş

Her insan günlük hayatında kesin olarak bilinemeyen, bazen de önceden sanki kesinmiş gibi düşünülen ama sonuçta kesinlik arz etmeyen durumlarla karşılaşılır. Bu durumların örgün (sistematik) bir şekilde önceden planlanarak sayısal öngörülerinin yapılması ancak bir takım kabul ve varsayımlardan sonra mümkün olabilmektedir. Şimdiye kadar yapılan mühendislik araştırmalarında ve modellemelerinde bu varsayım, kabul ve kavramlara kesinlik kazandırmak için değişik çalışmalarda bulunulmuştur. Halbuki, büyük ölçeklerden küçük ölçeklere doğru gidildikçe incelenen olayların kesinlikten uzaklaşarak belirsizlikler içeren yönlerle doğru gitmeleri söz konusudur. Mesela, çok uzakta bulunan bir cisme bakıldığında bunun nokta şeklinde algılanması onun boyutsuz ve şekilsiz olduğu sonucuna varmamıza sebep olur. Bu cisim bize yaklaştıkça bir boyutludan önce tepsi gibi iki daha sonra da sanki üç boyutlu hale dönüşür. Böylece boyutlar arasında kesin bir geçişten ziyade tedricen bir değişimin olduğuna akıl ile varılabilir. Zaten bu konuda Mandelbrot (1982) tarafından ilkeleri açıklanan kesirli (fractal) geometrisinde boyutlar ondalık sayıdır. Doğanın geometrisi denilen fractal geometrisi belirsiz ve gelişigüzel şekillerin incelenmesine yarar.

Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik ve kesin düşünce ve kararlar verilemeyeşten kaynaklanır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. İnsan tarafından geliştirilmiş olan bilgisayarlar, bu türlü belirsizlikleri işleyemezler ve çalışmaları için sayısal bilgiler gereklidir. Gerçek bir olayın tam olarak

kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sonucunda tam anlamı ile mümkün olamadığından insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlar. Bilgisayarlardan farklı olarak insanın yaklaşık düşünme ve oldukça yetersiz, eksik ve belirsizlik içeren veri ve bilgi ile işlem yapabilme yeteneği vardır. Bu durumlar bilgisayarlarda bulunmaz. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına Bulanık kaynaklar adı verilir. Zadeh (1973) tarafından gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelenmeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceği ifade edilmiştir. Çünkü çok fazla olan bilgi kaynaklarının tümünü insan aynı anda ve etkileşimli olarak kavrayamaz ve bunlardan kesin sonuçlar çıkaramaz. Burada bilgi kaynaklarının temel ve kesin bilgilere ilave olarak, özellikle sözel olan bilgileri de ihtiva ettiği vurgulanmalıdır. İnsan sözel, düşünen ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması söz konusu olamaz.

Bir sistem hakkında ne kadar fazla öğrenerek bilgi sahibi olursak, onu o kadar daha iyi anlayabiliriz ve onun hakkındaki karmaşıklıklar da o derece azalır, fakat tamamen yok olmaz. İncelenen sistemlerin karmaşıklığı ne kadar fazla ve yeterli miktarda veri bulunmazsa bulanıklık o kadar etkili olacaktır. Bu sistemlerin çözümlerinin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden, bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çözüm çıkarımlarının yapılması yoluna gidilebilir.

Bulanık ilkeler hakkında ilk bilgiler, Azerbaycan asıllı Lütü Askerzade (Zadeh, 1965) tarafından literatüre mal edilmesine karşılık, bu fikirler batı dünyasında şüphe ile karşılanmış ve oldukça yoğun tenkit almıştır. Ancak, 1970 yıllarından sonra doğu dünyasında ve özellikle de Japonya'da bulanık mantık ve sistem, kavramlarına önem verilmiştir. Bunların, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması sonrasında, tüm dünyada bugün yaygın bir biçimde tanınmıştır. Bunun ana sebebi batı kültürünün temelinde ikili mantık, yani Aristo mantığının yatması ve olaylara evet-hayır, beyaz-siyah, kurak-sulak, artı-eksi, 0-1 vb. gibi ikili esasta yaklaşılması gelmektedir. Bu iki değer arasında başka seçeneklere kesin değil düşüncesi ile hiç yer verilmez. Batıda bulanık (fuzzy) kelimesi güvenirsizliği ifade eder. Doğuda ise bu güvenirsizlikte bile güzelliklerin bulunabileceği düşüncesi vardır. Örneğin, insanlar arasındaki gerekli diyalogun bile sağlanması bu tür bulanık (kesin olmayan, oldukça kişisel) görüşlere bağlıdır.

1965 yılında L tf  (Lotfi) Asker Zade (Zadeh) tarafından ortaya atılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları bu araştırıcının uzun yıllar boyunca kontrol alanında çalışması; istediği kontrolü elde edebilmesi için fazlaca doğrusal olmayan denklemlerin işin içine girmesi; yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya  ıkmuştır. Bulanık kavramların ortaya atılması ile beraber literatürde bazı hoşnutsuzluklarda olmuştur. Bunlar arasında bazı araştırıcılar bulanıklık fikrini benimseyerek bu konuda çalışmayı teşvik etmişler, ama büyük bir çoğunlukta karşı görüşte olmuşlardır. Bunlar fuzzification yani bulanıklaştırmanın kesin olan bilimsel ilkelere uymadığını ve hatta bilime karşı geldiğini ileriye sürmüştür. Özellikle, ihtimaller teorisi ve istatistik gibi zaten belirsizliklerle uğraşan bilim dalları bulunduğundan, bu konularda çalışan araştırmacılar, bulanık sistemlere açık biçimde karşı çıkmışlardır. Bulanık yöntemlerin yapacağı her türlü hesaplamanın, ihtimal ve istatistik hesaplamalarla yapılabileceğini ileriye sürmüşlerdir. Hatta, bu yöntemlerin bulanık sistemlerden çok daha iyi sonuçlar verdiğini iddia etmişlerdir. İlk çıktığı zamanlarda, bulanık sistemlerin doğrudan uygulaması olmadığının, yapılan tartışmalar daha ziyade felsefik seviyede kalmış ve bunun sonucunda kuvvetli felsefik ve teorik temelleri olan ihtimaller teorisi ve istatistik yöntemleri ağır basmıştır. Ancak burada gözden kaçırılan basit bir nokta sözel bilgilerin bulunması halinde istatistiğin fazlaca işe yaramadığıdır. Her ne kadar Bayesian teorisi gibi bir istatistik yöntem ile sözel bazı ifadelerin hesaplamalarda kullanılması mümkün ise de, bu yöntemlerin işleyişlerindeki bazı temel kabuller (normal dağdı olmak, doğrusal olmak gibi) pratikte gerçekleşmemektedir. Bu sebeplerden, bulanık (fuzzy) sistemler dünyadaki hemen her araştırma merkezinde fazlaca rağbet görmemiştir. Özellikle de, batıda, (Avrupa ve Amerika) bu kavramlar nerede ise tamamen ihmal edilerek hoş karşılanmamıştır.

Bulanık kavram ve sistemlerin dünyanın değişik araştırma merkezlerinde dikkat kazanması 1975 yılında Mamdani ve Assilian tarafından yapılan gerçek bir kontrol uygulaması ile olmuştur. Bu araştırıcılar ilk defa bir buhar makinası kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesini başarmıştır. Bu  n çalışmadan, bulanık sistemlerle çalışmanın ne kadar kolay ama sonuçlarında ne kadar etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu başlama, batıda çok yavaş olurken, doğuda ve özellikle de Japonya, Singapur, Kore ve Malezya'da fazlaca kendisini göstermiştir. Teknolojiye duyarlı olan Japon mühendisleri bulanık kontrol birimlerini kurmanın ne kadar kolay olduğunu görerek, bunları birçok cihazın yapımında kullanmaya başlamışlardır. Bunlar arasında bulanık (fuzzy) sistemin

elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler, metro ve şirket işletimi gibi konularda yaygın bir biçimde kullanılması da 1980 sonrasında patlama olmuştur. Son yıllarda, birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözcükleştirilmesinde, tele sekreterlerin cevaplamasında, ve birçok konularda dünyada kullanılır hale gelmektedir. Hele değişik bilim ve mühendislik konularını yayımlayan uluslararası dergilere girildiğinde, hemen her mühendislik konusunda ve teknolojik çalışmalarda artık fuzzy (bulanık) sistem kontrollerinin ve. hesaplamalarının yaygınlaştığı görülmektedir.

3.1.2 Belirsizlik ve kesin olmayış

Bulanıklık (mantık, sistem, küme) belirsizliğin bir ifadesi olarak karşımıza çıkar. Geçmişte, belirsizliklerin işlenmesi ve anlamlı sonuçlara varılabilmesi için ihtimaller teorisi kullanılmıştır. Matematik ve mühendislikte bu teori belirsizlik durumlarında istatistik yöntemlerle beraber kullanılır. Bu nedenle de, bütün belirsizliklerin rasgele karakterde olduğu kavramı yerleşmiştir. Rasgeleliğin en, önemli özelliği, sonuçların ortaya çıkmasında tamamen şans: olayının rol oynaması; ve gerekli öngörülerin ve tahminlerin kesin bir doğrulukla Önceden yapılamamasıdır. Ancak, bilinen belirsizliklerin hepsi rasgele karakterde değildir. Günlük hayatta karşılaşılan belirsizliklerin çoğunun rasgele olmadığı kolayca anlaşılabılır. Rasgele karakterde olmayan olayların, örneğin, sözel belirsizlikler halinde inceleme ve sonuç çıkarma işlemlerinde ihtimal teorisi ve istatistik gibi sayısal belirsizlikleri gerektiren yöntembilimler (metodolojiler) kullanılamaz.

Etrafımızda ilgimizi çeken birçok sorunun yorumlanmasında sayısal bilgiden ziyade fazlaca kendi görüş, değer yargısı, taktır ve düşüncelerimizi sözel olarak ifade ederek olayları inceleriz. Bu ifadelerin anlamlı olmaları ve başkalarına iletilebilmesi için mutlaka her insanın en az bir tane dile (ana dil) ihtiyacı vardır. Dil ne kadar kesin olmayan kelime ve cümleleri ihtiva etse bile, insan iletişimde ve bilgi akışında en etkin olan bir vasıta. Dildeki belirsizliklere rağmen insanoğlu onunla birbirini kolayca anlayabilmektedir. İnsanların konuşa konuşa anlaşabileceği ve karşılıklı diyaloga varabileceğini hepimiz biliriz. Kültürümüzdeki "İnsanlar konuşa konuşa, hayvanlar ise koklaşa koklaşa anlaşılır" sözü buna bir esas teşkil eder. İşte böyle bir anlayış için gerekli olan konuşmalar esnasında belirsizlik içeren birçok kelime bulunmaktadır. Bunu anlamak için okuyucunun bir arkadaşı ile konuştuğu cümleleri yazarak içlerinde bulunabilecek belirsizlik ifade eden kelime ve cümlelere bakması

yeterlidir. Örneğin, 'hava sıcak' denildiğinde herkes hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını kesinlikle anlamakta ancak 'sıcak' kelimesinin ifade ettiği anlam izafi (göreceli) olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için 15 °C' yi algılamasına mukabil ekvator civarındaki bir kişi için bu 35 °C' yi bulabilir. Arada birçok kişinin görüşü olarak başka derecelerde bulunur. Böylece 'sıcak' kelimesinin altında insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum ortaya çıkar. Bu rasgele değildir ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzzy) denir. Burada hemen dikkat etmemiz gerekli bir nokta sadece 'sıcak' kelimesinin ne kadar fazla bir sayısal dereceler topluluğunu temsil ettiğidir. İşte bu gibi topluluklara ileriki bölümlerde küme adı verilecektir. Bulanık kümenin ne olduğu belki şimdiden anlaşılmıştır. Bazı insanların sıcaklığı 15 °C bazılarının ise 35 °C gibi oldukça farklı sayısal biçimde algılamasına karşılık, bu insanlar arasında bir ihtilaf bulunmaz. İşte bulanık mantığın güzelliklerinden bir tanesi budur. Ancak Aristo mantığı geçerli sayılacak olsa idi bu iki gurup insan arasında sürekli anlaşmazlıklar bulunacaktı. Çünkü Aristo mantığında sıcak veya soğuk vardır ikisi arasına müsaade edilmez. Böylece bulanık mantığın sayılardan ziyade sözel kelimeleri esas aldığı da anlaşılmış olmaktadır. Bugün okuduğunuz herhangi bir kitap, dergi veya gazeteden birkaç sayfa alarak belirsizlik ifade eden kelimelerin altlarını çizerseniz, günlük hayatınızda ne kadar belirsiz (bulanık) kelimeler kullandığınızı görürsünüz.

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerdir. Bulanık mantıktan, karşılaşılan her türlü sorunun karmaşıktır olsa çözülebileceği anlamı çıkarılmamalıdır. Ancak, en azından insan düşüncelerinin incelenen olayla ilgili olarak bazı sözel çıkarımlarda bulunması dolayısı ile en azından daha iyi anlaşılabilen sonucuna varılabilir.

İnsanın fizik olayları hakkındaki bilgi ve yorumlarının çoğu kişisel görüşleri şeklinde ortaya çıkar. Bu bakımdan insan düşüncesinde sayısal olmasa bile belirsizlik, faydalı bir bilgi kaynağıdır. İşte bu tür bilgi kaynaklarının, olayların incelenmesinde örgün bir biçimde kullanılmasına bulanık mantık ilkeleri yardımcı olacaktır. Mühendislik modellerinde, kesinliğin kazanılmasına uğraşılması durumunda maliyetlerin artması ve zamanın uzaması söz konusudur. Çünkü maliyetle kesinlik (prezisyon)

arasında doğru orantı bulunur. Ancak olayın bulanık mantık ile incelenmesinde araştırmacı veya mühendisin her şeyden önce yapacağı çıkarımların belirli tolerans sınırları içinde kalmasına önceden karar vermesi gerekir. Yüksek kesinlik sadece yüksek maliyetleri değil, aynı zamanda sorunun çözülmesinin çok karmaşıklaşmasına da sebep olur. Bu durumu açıklayabilmek için değişik şehirler arasında gezerek kazancını temin etmeye çalışan bir gezgin satıcıyı örnek alalım. Bu satıcı değişik şehirler arasındaki gezisini eniyilemeye çalışsın. Az sayıda şehir durumunda mümkün olan tüm seçeneklerin düşünülmesi ile en kısa mesafe sorunu kesin olarak çözülebilir. Halbuki, fazla sayıda şehir arasında gezme durumunda en kısa yolun tespit edilmesi günümüzde mevcut olan bilgisayar zamanının yetmeyeceği sınırlara ulaşır. Mesela, 100 tane şehir arasında gezme imkanı olması durumunda $100 \times 99 \times 98 \times \dots \times 2 \times 1$ yani aşağı yukarı 10^{200} tane yol bulunur. Dünya ömrünün 10^{17} saniye civarında olduğu düşünülürse bu sayıdaki gezme seçeneğinin dünya ömrü boyunca bile çözülemeyeceği sonucuna varılabilir.

Bir sorunun çözümlenmesine başlamadan önce, mühendis toplayabildiği kadar sayısal ve/ya sözel verileri göz önünde tutarak çözüm için en uygun yöntem hakkında karar vermelidir. Bu arada bulanık yöntemlerin sözel verileri işlemekte etkin olduğu da unutulmamalıdır. Günlük misallerden bir tanesi, bir annenin çocuğuna fırına koyduğu keklerin pişmesi durumunda fırını kapatmasını söylemesi için ya sayısal olarak sıcaklığın hangi dereceye kadar devam etmesini veya daha basit olarak keklerin üstünün açık kahverengi olmaya başlaması halinde kapatmasını söyleyebilir. Bunlardan ikinci tür bilgi bulanıktır ve sayısal yönleri ima etmesine rağmen kesinlikle bilinmemektedir. İkinci tür sözel bilginin ise yani renk bilgisinin birçok kişi tarafından tercih edileceği gerçektir. O halde böyle bilgileri bilgisayarlara tanıtarak bulanık işlemlerin yapılmasını temin etmek yoluna gidilmelidir. İşte bu yoldaki en geçerli yöntem bilim (metodoloji) bulanık küme, mantık ve sistemlerdir. Yukarıdaki kek örneğinde, sıcaklığın $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması gibi bir bilgiyi uygulamak oldukça zordur fakat keklerin piştiğini açık kahverengi rengin belirmesi ile çocuk bile anlar.

3.1.3 Belirsizlik yöntemleri

Yukarıda kısaca değinilen belirsizlik durumu aslında doğal, sosyal, toplum ve fizik olayların hepsinde olduğu bugün insanlar tarafından bilimsel olarak anlaşılmıştır. Örneğin, matematik hesaplamaların sadece belirgin (deterministik) yöntemlerle

özmlenmesinin yetersiz olduğu nasıl 17. yüzyılda şans oyunlarının hesaplanmalarının düşünülmesi ile anlaşıldı ise, daha sonraki yüzyıllarda bilimsel çalışmalar belirgin yönlere gideceğine belirsizlik yöntemlerinin gelişmesi ve hesaplamalara karışması yönlerinde olmuştur. Sanayi devriminin 18. yüzyılda gelişmesi ile elde edilen bilgi ve bilimsel sorgulamalar sonunda ortaya çıkan, mesela, termodinamik yani ısı iletimi olayının moleküler seviyede tamamen belirsizlik yöntemleri ile çözümlenebileceği anlaşılarak belirsizliğin bilimsel ölçütü olarak entropi kavramı karşımıza çıkmaktadır. Bunun kısaca anlamı, doğal ve fizik olayların sürekli olarak belirsizliklerinin arttığı ve asla azalmadığı yani bir düzensizliğe doğru gelişme bulunduğudur. Bir bakıma entropi belirsizlik ve düzensizliğin ölçüsüdür. Buradan anlaşılmaktadır ki belirsizliğin ve düzensizliğin arttığı bir dünyada doğal olarak bunları nesnel (objektif) biçimlerde kontrol edebilecek belirsizlik yöntemlerine önem verilmelidir.

Aslında günlük hayatta evdeki hesabın çarşıya uymaması da insanın belirsizlik ortamında yaşadığının bir kanıtıdır. Belirsizlik yöntemlerinin son yüzyılda daha da gelişerek ve gecikmiş olarak kullanılması insanların belirsiz sıfatı olan yöntemlerin başlangıçta öğrenilmesinin, uygulanmasının ve sonuca gidildiği taktirde bulunan sonucun tam güvenilir olmamasının verdiği isteksizlik nedeni ile olmuştur. Genel olarak, bir çok toplumda belirsizlik ilkelerine ve özellikle de İhtimal (olasılık) sıfatı taşıyan sözlere güven duyulmamıştır. Sonradan belirsizlik yöntemlerinin verdiği sonuçların daha genel olduğu, bunların ortalamalarının belirgin yöntemlerle bulunan sonuçları verdiği anlaşılmıştır. Böylece belirgin yöntemlerin verdikleri sonuca varıldıktan sonra, o sonucun etrafında ne kadarlık bir hata ile neticeye gvenilebileceğinin de hesaplanmasının mümkün olduğu nesnel bir matematik dil ile ifade edilebilmiştir.

Son yüzyıl içinde yapılan bilimsel devrimlerin hemen hepsi belirsizlik ilkelerini ve bunların sonucunda geliştirilen yöntemleri içermektedir. Örneğin, daha 20. yüzyılın başında fizikçiler bundan sonra fizikte yapılacak bir şey kalmadı, her şey belirlilik yöntemleri olan Newton ilke ve kanunları ile izah edilebilir diyerek bir genelleme yapmak istedikleri sırada molekül ve atom altı yapılarla uğraşan fizikçilerin belirgin yöntemlerin bu olayları inceleyemeyeceği sonucuna varmaları, onlar arasında bir huzursuzluğa neden olmuştur. Takip eden yıllarda alışılalmış klasik, yani Newton fiziğini devrim yaparak yıkan Kuantum fiziği ortaya çıkmıştır. Hele 1927 yılında Heisenberg isimli bir fizikçinin insanlık varolduğa aynı zamanda, konum ve hız

ölçümünü hatasız, olarak yapamayacağı genellemesi ile fizik belirgin ortamdan belirsizlik ortamına, oradan da olasılık ve istatistik gibi belirsizlik yöntemlerinden, yararlanan kuantum fiziği haline gelmiş ve bugünkü teknolojik patlamaya neden olmuştur.

İnsanların bütün tasarımlarında kullandıkları yaklaşık 2000 yıllık Öklid geometrisi 1970'li yıllarda yerini artık daha doğal olayların geometrisini yapabilen ve yine belirsizlik ilkelerinden doğal fraktal yani kesirli geometriye bırakmıştır. Öklid geometrisinde noktanın 0, doğrunun 1, yüzeyin 2 ve hacmin 3 boyutlu olduğu varsayılmıştır. Bu varsayımlar birer belirginlik örneğidir. Ancak fraktal geometrisinde belirsizlik işin içine girerek incelenen her şeklin kesirli boyutlarının olabileceğini ileriye sürmüştür. Mesela, çok girintili çıkıntılı olan Türkiye'nin Ege sahillerinin uzunluğunun 1 boyutunda değil 1.32 gibi küsürlü bir boyuta sahip olabileceği söylenir hale gelmiştir.

Belirgin fizik ve, matematik kurallarının bir araya getirilmesi ile elde edilen madde, enerji ve momentumun korunumu ilkeleri ile akışkanlar mekaniğinde ve diğer akla gelen her türlü durumlarda geçerli olan diferansiyel denklemler elde edilmiştir. Aslında bunların çözülmesi ile incelenen olayın gelecek durumlarının tahminleri yapılır. Burada başlangıç ve sınır koşulları işin içine girer. Diferansiyel denklemler çok ideal sınır ve başlangıç koşulları için analitik olarak çözülebilir. Büyük bir kısmının özellikle mühendislik gibi uygulamalı alanlarda kullanılması için çözülmesinde sayısal yöntemler kullanılır. Çözümlerinin belirgin olduğu sanılan bu diferansiyel denklemlerin, çözümlerinin asla kesin olmadığı ve kaotik yani belirsiz çözümler içerdiği son 30 yılda anlaşılmıştır. Kısaca diferansiyel denklemlerin çözümleri genel olarak acayip fraktal geometrik şekiller üzerinde olur ama noktasal olarak bunun nerede olacağı kestirilemez. Bunun için geliştirilen çözümlemeler de olasılık ve İstatistik gibi belirsizlik yöntemlerinden yararlanır. Son 30 yıla kadar sürekli kullanılan belirgin mantık, ve özellikle de yine 2000 yıl kadar insanların basitçe kullandıkları Aristo mantığı, yerine belirsizlik içeren ve bugün Azerbaycanlı bilim adamı Lütüf Askerzade tarafından fuzzy veya Türkçe bulanık denilen bir mantık yapısı değişik teknolojik cihazlarda kullanılır hale gelmiştir. Burada günlük konuşma dilinde geçen sözel belirsizlikleri de modelleme veya hesaplamalar yapılırken işin içine katması yolu seçilmiştir. Günümüz teknolojisinin, çamaşır makinası, elektrikli süpürgesi, araba, asansör, yapay zeka, modelleme gibi birçok atılımları son günlerde bulanık mantık yöntemlerinin de katılımı ile başarılabilmektedir.

Bütün yukarıda söylenenlerden sonra belirsizliğin her tarafta bulunduğu ve bunların nesnel olarak incelenmeleri için bazı teknik, yöntem, algoritma ve yaklaşımların alışla gelmiş belirgin matematik (diferansiyel denklem, türev) dışında belirsizliği yakalayabilecek ve onu sayısallaştırabilecek kuralları olan bazı bilimsel yöntemlere ihtiyaç olduğu aşikardır. Bu türlü konular için geçerli olabilecek olasılık, istatistik, stokastik, fraktal, kaotik, pertürbasyon, kuantum gibi değişik belirsizlik yöntemleri bulunmaktadır. Ancak bunların en eskisi ve diğerlerinin anlaşılması için gerekli olanı olasılık yöntemleridir. Bu yöntemler olayın incelenmesinde kuralcı, basitleştirici ve donuk kavramlar olması yerine daha dinamik, belirsiz ve verimli yaklaşım ve görüşlerle yardımcı olmaktadır.

3.1.4 Bulanık kümeler ve üyelik dereceleri

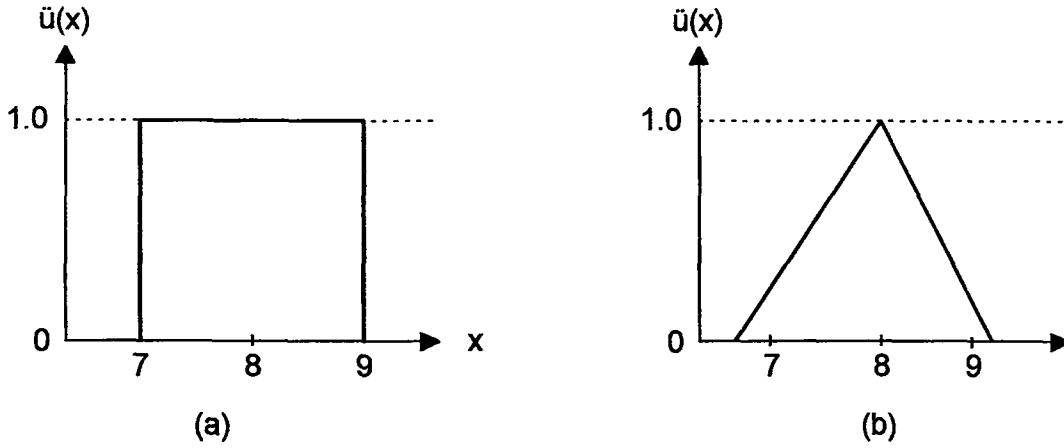
Yukarıda değinilen değişik belirsizlik durumları arasında sözel olanlarının mükemmel olmayan bilgi içeriği olması açısından daima yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiği anlaşılmaktadır. Bu gibi belirsizlik durumlarında en uygun yöntem bilim esasının küme elemanlarına değişik üyelik derecelerinin verilmesi ile olacağı Lütfü Askerzade tarafından 1965 yılında belirtilmiştir. Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur veya değildir. Halbuki, Zadeh yaklaşımına göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun veya kısa olanlar uzun boylu değil diye dışlanamazlar. Esas alman uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber yine de uzun boylular kümesine girmektedir. Böylelikle dünyadaki tüm insanlar kümesindeki insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik derecelerinin 10 bulunduğunu söyleyebiliriz. Bunu biraz daha küçük ölçekte, Türkiye'de bulunan insanların "insan toplumu" kümesinin birer ögesi olduğu düşünülürse, bunlarında ayrı ayrı uzun boyluluk açısından üyelik derecelerinin bulunduğunu söyleyebiliriz. Daha da küçülterek Isparta'da yaşayan İnsanları bir temel kümenin ögeleri olarak düşünürsek, bu defa Isparta'daki insanların bu kümede ayrı ayrı üyelik derecelerinin bulunduğu anlaşılır. Misaller değişik ölçek ve bulanık kelimeler kullanılarak çoğaltılabilir.

Aristo mantığına göre çalışan şimdiye kadar alışlagelen klasik küme kavramında, bir kümeye giren ögelerin oraya ait oluşları durumunda üyelik dereceleri 1'e, ait olmamaları durumunda ise 0'a eşit var sayılır. Bunun arasında hiçbir üyelik derecesi

düşünülemez. İşte bulanık kümeler kavramında 0 ile 1 arasında değişen değişik üyelik derecelerinden söz etmek mümkündür. Böylece daha şimdiden bulanık kümelerdeki öğelerin üyelik derecelerinin kesintisiz olarak 0 ile 1 arasında değerler aldığından söz edebiliriz. Aslında Zadeh küme öğelerinin üyelik derecelerinin 0 ile 1 arasında değişebileceğini ileriye sürerek kümeler teorisinde geniş uygulamaya sahip ve doğal hayatla uyumlu olan bulanık küme teorisini geliştirmiştir. Bu kadar basit temeli olan bulanık kümeler kavramının Özellikle de 1980 yılı sonrasındaki, teknoloji ve bilimsel çalışmalarda etkisi büyük olmuştur. Bu şekilde tanımlanan üyelik derecelerinin ,her bir bulanık söz için, üç temel özelliği sağlaması tanım olarak gerekmektedir. Bunlar,

- Bulanık kümenin normal olmasıdır ki bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip bulunması gerekliliğidir.
- Bulanık kümenin monoton olması istenir ki, bunun anlamı üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır.
- Üyelik derecesi 1'e eşit olan öğeden sağa veya sola eşit mesafede hareket edildiği zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin birbirine eşit olmasıdır ki buna da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir.

Klasik kümelerle bulanık kümelerin arasındaki önemli farklardan bir tanesi, klasik kümelerin sadece bir tane dikdörtgen üyelik derecesi fonksiyonu bulunmasına karşılık, bulanık kümenin yukarıdaki üç şarttan ilk ikisini mutlaka sağlayacak biçimde değişik üyelik derecesi fonksiyonlarına sahip olmasıdır. Şekil 1.1'de 7 ile 9 arasında değişen gerçek sayıların üyelik dereceleri fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 3.1 Üyelik derecesi fonksiyonları (a) klasik küme, (b) bulanık küme.

Yukarıda söylenenlerden sonra, bulanık küme üyelik derecesi fonksiyonlarının mutlaka simetrik olması özelliğini sağlanmasının gerekmediği şimdiden akılda tutulmalıdır, İnsanlar zaman zaman kendi tercihlerini yapmak durumunda kalırlar. Buna bir misal teşkil etmesi bakımından sizin bir masada bulunan İki bardaktaki içecekten bir tanesini içmek için tercih etmeniz gerektiğinde siz de bazı bilgileri edinmek için sorular sorarsınız. Bu bardaklardan birinde bulunan içeceğin %95 ihtimalle iyi ve sağlıklı yararlı olduğu bilgisine sahip olduğunuzu düşünelim. İkinci bardaktaki içeceğin ise iyi ve sağlıklı olma üyelik derecesinin 0.95 olduğu bilgisi de verilmiş olsun. Acaba bu iki içecekten hangisini seçerdiniz? Acaba %95 ihtimalle iyi ve sağlıklı olan birinci bardaktaki içeceğin %5 ihtimalle zehirli veya sağlığa zararlı birleşen bulunabileceğini düşünür müsünüz ? Düşünürseniz ne yaparsınız ? İşte bu bilgiler bulanık ve ihtimalli bilgilerin arasındaki farkı belirtmeye yeterlidir. Bütün bu söylenenlerden sonra bulanıklığın müphemlik, belirsiz anlamlılık, değişik anlamlara gelebilen olayların özelliği; rasgeleliği ise, o olayın meydana gelmesindeki belirsizliğin sayısal ölçüsü olarak anlayabiliriz. Olay meydana gelebilir veya gelmez ama onun bulanıklığı daima söz konusudur.

Günlük hayatınızda bazı olaylar karşısında tercihen karar vermek durumunda kaldığımız zaman, her sözel bilginin artık bir bulanık kümeye karşı geldiğini düşünerek ve kendi kendinize üyelikler vererek uygun çözümlere varabiliriz. Burada belirtilmesi gerekli çok önemli hususlardan bir tanesi, bulanık kümelerde öznel (subjektif), yani bir dereceye kadar kişiye bağlı tercihler yapılarak üyelik dereceleri fonksiyonlarına karar verilebilir. Böylelikle bulanık kümelerin kişiler arasındaki diyalog anlayışlarına da yardımcı olacağı sonucunu çıkarabiliriz.

3.1.5 Bulanık sistem ne demektir ?

İngilizce'de 'fuzzy' kelimesine karşı gelen Türkçe'deki bulanık kelimesinin genel olarak puslu, dumanlı, kesinlikle ayırt edilemeyen, kesin olmayan, belirsiz, kafa karıştıran, müphem gibi bir dizi anlamı vardır. Bu kitapta teknik açıdan fuzzy'nin tercümesi olarak bulanık kelimesi kullanılacaktır. Bulanıklığın anlamı, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin tümüdür. Böylece araştırmacı, klasik analitik yöntemler ve dinamik ve korunum ilkeleri (enerjinin, maddenin, momentumun korunumları gibi) elde ettiği denklemleri, verilerinde ve bilgilerinde belirsizlik yani bulanıklık bulunduğu için doğrudan kullanamaz. Araştırmacının incelediği olay veya mekanizma sadece kesin kurallı ve çıkarımlarında kabul ve varsayımlar olan denklemler yerine, onların tamamlayıcısı olarak mevcut ilgili sözel ve oldukça belirsiz bilgiler de göz önünde tutularak modellenmelidir. Bulanık ilkelerin yardımı ile olayların incelenmesinde veri ve bilgi bakımından bir bulanıklık söz konusu ise de, bulanık yöntemlerin işleyişi tamamen belirgindir. Araştırmacıların bulanık sistemleri kullanması için genel olarak iki sebep vardır. Bunlar:

Gerçek dünya olaylarının çok karmaşık olması dolayısı ile bu olayların belirgin denklemlerle tanımlanarak kesinlikle kontrol altına alınması mümkün olmaz. Bunun doğal sonucu olarak araştırmacı kesin olmasa bile yaklaşık fakat çözünebilirliği olan yöntemlere baş vurmaya her zaman tercih eder. Zaten Einstein'ın da dediği gibi, gerçek olaylar matematik denklemlerle kesinlikle ifade edilebiliyor denirse, denklemlerin kesinliğinden, yok matematik denklemler gerçeği kesin olarak tasvir edebiliyor sonucuna varılırsa, bu sefer de, gerçek dünya olaylarından söz edilemez. O halde, yapılan bütün çalışmalarda çözümler bir dereceye kadar yaklaşıktır. Aksi takdirde, çok sayıda doğrusal olmayan denklemlerin aynı zamanlı olarak çözülmesi gerekir ki, bunun günümüz bilgilerine göre belirgin olmayan kaotik (buhranlı) çözümlere yol açacağı bilinmektedir (Lorenz, 1963). Burada söylenmesinde yarar bulunan bir durum, kaotik incelenen olayı temsil ettiği ileriye sürülen denklemlerin hepsinin çözümü sayısal verilere gerek gösterir.

Mühendislikte bütün teori ve denklemler gerçek dünyayı yaklaşık bir şekilde ifade eder. Birçok gerçek sistem doğrusal olmamasına (nonlineer) rağmen bunların klasik yöntemlerle incelenmesinde doğrusallık kabulünü işin içine koymak için her türlü

gayret sarf edilir. Örneğin, mukavemet hesaplarında malzemenin gerilme altında doğrusal şekil değiştirmeler ortaya çıkaracağı, Hooke kanunu ile kesinleştirilmiştir. Halbuki, malzemenin her zaman bu şekilde davranılması beklenemez ve bu sebeple küçükte olsa bazı sapmaların olması beklenir. Zaten bunun doğal sonucu olarak, mukavemet boyutlandırmalarında emniyet katsayısı, gibi bir büyüklük hesaplara ithal edilerek olabilecek belirsizlikler yine belirgin bir şekilde göz önünde tutulmuştur. Emniyet katsayısının kullanılması bir bakıma belirsizliklerin : arka kapıdan çözümün içine katı bir şekilde sokulmasıdır. Halbuki, gerçek olayların davranışlarında emniyet katsayısı gibi bir büyüklüğe gerek kalmadan boyutlandırmaların yapılması durumunda belirsizlik ilkelerine gerek duyulur.

Günümüzde bilgi çağı ve bunun getirdiği sözel verilere Önem verilmektedir. Bunun sebebi, insanların bir cihaz gibi sayısal değil de yaklaşık sözel verilerle konuşarak anlaşmasıdır. Sözel veriler gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Bu sözel insan verilerini, bir sistem içinde formüle ederek, cihazların verdiği sayısal bilgilerle beraber mühendislik sistemlerinde göz önünde tutmak gerekmektedir. Bulanık sistemlerin asıl işleyeceği konu bu tür bilgilerin bulunması halinde, çözümlemelere gitmek, için nasıl düşünüleceğidir. İyi bir mühendislik teorisinin incelenen olayın önemli bazı özelliklerini yakalayarak onu yaklaşık bir biçimde modellemesi ve matematik bakımdan karmaşık olmayacak çözümlerle kontrol altına alması beklenir; Aslında bulanık yöntemlerle bir sistemin modellenmesinde de yaklaşıklık ve oldukça kolay çözümlülük bulunur. Bu bakımdan bulanık sistemler teorik ve matematik aksiyomlu yaklaşımlardan bağımsız bir çözüm algoritmasını temsil eder. Mühendislik yaklaşımlarında, elde edilebilen tüm sayısal ve sözel bilgilerin çözüm algoritmasına katılarak bunların kontrolünde anlamlı çözümlere varılabilmelidir. Bu bakımdan bulanık küme, mantık ve sistem ilkeleri, uzman kişilerin de vereceği sözel bilgileri işleyerek toptan çözüme gitmeye yarar. Halbuki, teorik matematik ve diferansiyel hesaplamalarda sadece sayısal değerler kullanılır. Örneğin, taşkın çalışmalarının yapılmasındaki risk hesaplamaları, su toplama havzasının alan, eğim, drenaj yoğunluğu, yağış ve akışın şiddeti, tekerrür süresi gibi sayısal değerlerinin yanında, o bölgede yaşayanlardan elde edilen sözel bilgiler ile arazide geçmiş taşkınların bıraktıkları izlerin düşük, orta veya çok derin debileri geçirdiği şeklindeki sözel bilgiler de hesaplamalara katılmalıdır. Bunun için bulanık sistemlerin iyi bilinmesi gerekir. İnsanların sunduğu sözel bilgilerin sayısal hale getirilerek bilgisayarlar veya

algoritmalar tarafından algılanarak hesaplamaların yapılabilmesi için bulanık sistemlere gerek vardır.

Bulanık sistemlerle ilgili örneklerden yaygın olanı, bir kişinin araba sürmesini öğrenmesinde ortaya çıkan sözel bilgilerdir. Sürücü adayına hız şu kadar km'ye varınca gaza şu kadar miktar bas denilecek yerde, eğitim sırasında

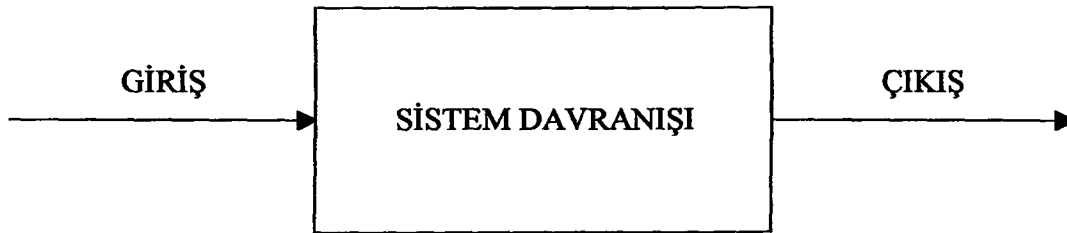
'EĞER hız düşük İSE gaza fazlaca bas'

veya

'EĞER hız yüksek İSE gaza az bas'

gibi kurallar söylenir. Bu kurallardaki düşük, az ve yüksek kelimeleri kişilerde ister istemez belirli bir aralıkta sayısal değerleri ima eder. İşte bu ima edilen değerler topluluğuna o kelimeyi temsil eden küme denir. Bu kümenin her ögesi aynı derecede önemli değildir.

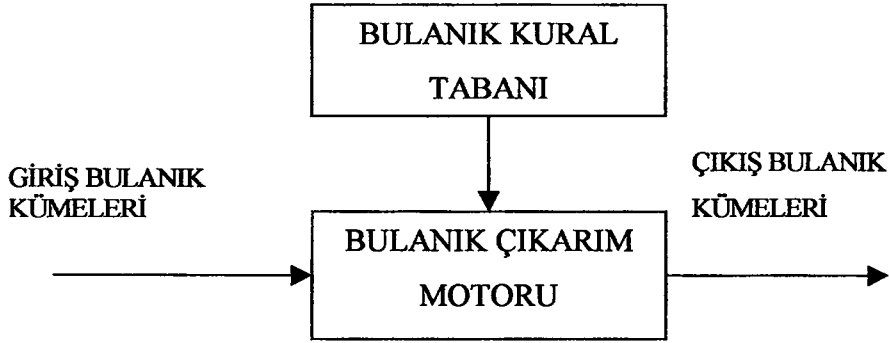
Ancak bazı değerler vardır ki bunlar diğerlerine göre çok önceliklidir. EĞER - İSE şeklindeki kuralların EĞER ile İSE kelimeleri arasında kalan kısımlara öncül kısım ve İSE kelimesinden sonra olan kısma da soncul kısım veya kural çıkarımı adı verilir. Genel olarak, öncül kısımda olayla ilgili koşullar içeren deyişler vardır. Soncul kısım ise daha ziyade kontrol ile ilgilidir. Şimdiye kadar öğrenilen matematik, stokastik veya kavramsal sistemlerin hemen hepsi Şekil 1.3'de verilen üç ayrı birimden ibarettir.



Şekil 3.2 Klasik sistem

Bunlar giriş, bu girişi çıkışa dönüştüren ve sistem davranışı denilen bir kutu ve buradan olan çıkış kısımlarıdır. Buradaki birimlerin hepsinde sayısal veri, çıkış veya işlemler yapılmaktadır. Bulanık sistemlerin bu klasik tasarımdan farkı, sistem davranışı

kısının ikiye ayrılarak Şekil 3.3'de gösterildiği gibi kendi aralarında bağlantılı dört birimin olmasıdır.



Şekil 3.3 Genel bulanık sistem

Burada bulunan birimlerin her birinin farklı, fakat birbiri ile ilişkili olabilen aşağıdaki görevleri vardır.

3.1.5.1 Genel bilgi tabanı birimi

İncelenecek olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir. Genel veri tabanı denmesinin sebebi buradaki bilgilerin sayısal ve/ya sözel olabilmesidir.

3.1.5.2 Bulanık kural tabanı birimi

Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER-İSE türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.

3.1.5.3 Bulanık çıkarım motoru birimi

Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsinin bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor, her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

3.1.5.4 Çıktı birimi

Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir.

Şekil 3.3'deki sistem temel bir genel bulanık sistemi temsil eder. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta genel olarak girdi yani veri tabanındaki bilgilerin ve çıktıların bulanık değerler olmasıdır. Yani Şekil 3.3'deki sistemde, her birim tamamen bulanık kümelerden oluşmaktadır. Temel bulanık sistemin en önemli mahzuru, sayısal olan veri tabanının böyle bir genel bulanık sisteme girememesi ve çıktıların sayısal olmaması dolayısı ile mühendislik tasarımlarında doğrudan kullanılamamasıdır.

Genel bulanık sistemin mahzurlarını bir dereceye kadar ortadan kaldırılabilmek için Takagi and Sugeno(1985) ve Sugeno and Kank (1988) tarafından teklif edilen ve Takagi-Sugeno-Kank (TSK) bulanık sistemi denilen sistem kullanılır. Burada veri tabanındaki girdiler birer sayı ve bulanık kural ve çıkarım motorunun çalışması sonunda elde edilen çıktılar ise girdilerin bir fonksiyonu şeklindedir. Yani kurak tabanındaki Öncül kısımların değişkenleri olduğu gibi İSE'den sonraki kural soncul kısmına bu değişkenlerin birer doğrusal fonksiyonu olarak yansıtıldığı düşünülmüştür. Buna göre, kural

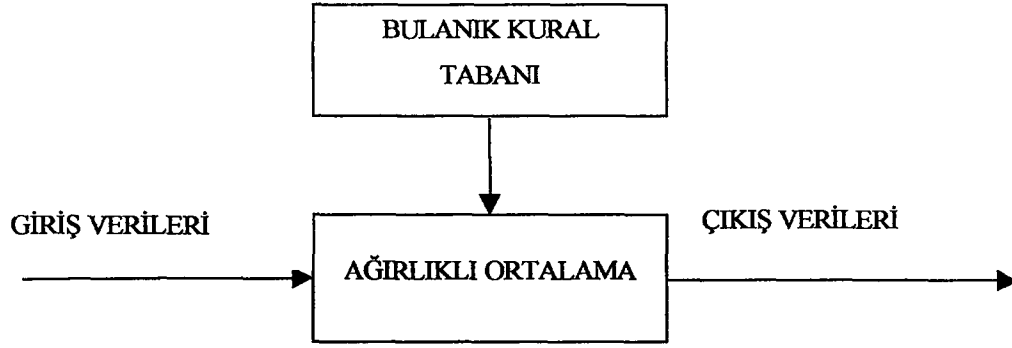
EĞER arabanın x hızı yüksek İSE gaza basma kuvveti y,

$$y = ax \quad (2.1)$$

şekline gelir. Mesela, 3 tane öncül değişkenin (x_1 , x_2 ve x_3) bulunması halinde soncul değişken olan y genel olarak bulanık sistemin kurallarından birinde

EĞER x_1 az ve x_2 yüksek ve x_3 geniş İSE $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$

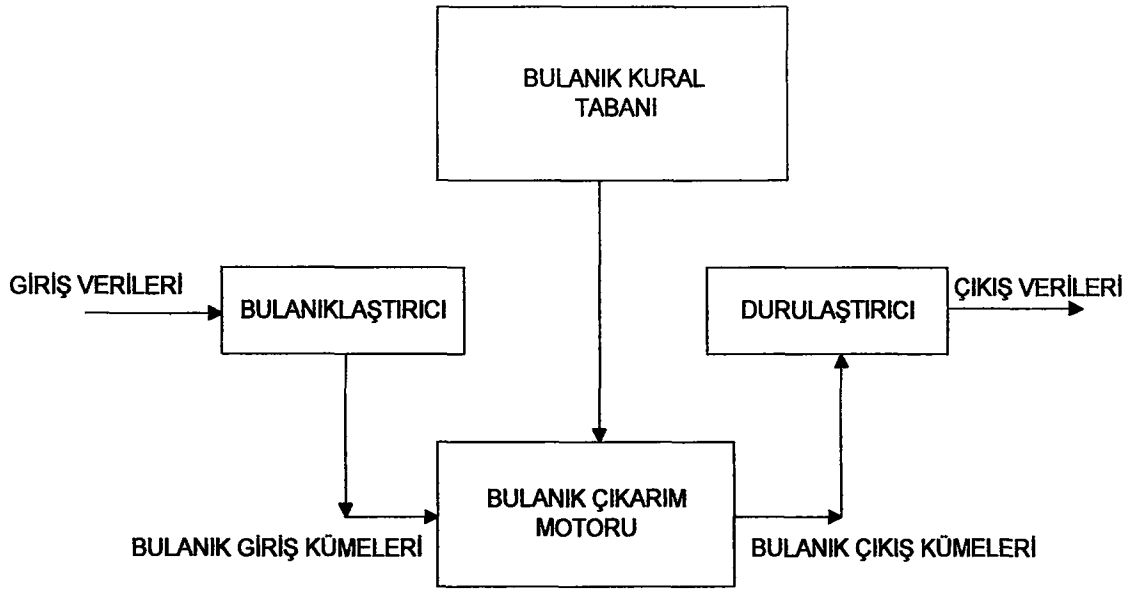
şeklini alır. Bütün kuralların soncul kısımları sanki bir çoklu doğrusal denklemden ibarettir. Böyle bir yapıya sahip olan bulanık sistemde soncullar bulanık küme şeklinde olmadıklarından Şekil 3.3'deki Bulanık Çıkarım Motoru birimi yerine her bir kuralın öncül kısmından hesaplanan üyelik dereceleri ağırlık olmak üzere ağırlıklı çıkarım hesaplaması birimi gelir (bkz Şekil 3.4).



Şekil 3.4 TSK bulanık sistemi

Ashında böyle bir bulanık sistemde çıktı uzayı girdilerin fonksiyonu olarak, her bir alt uzayda geçerli bir kural olmak üzere temsil edilmiştir. TSK yaklaşımı ile çıktı yüzeyinin doğrusal olmaması halinde bile, bu yüzeyin alt uzaylar üzerinde girdi değişkenleri cinsinden düzlem parçaları şeklinde modellendiği anlaşılır. Ancak, TSK bulanık sisteminin mahzurları. arasında , İSE kısmından sonra; matematik bir ilişki bulunduğundan, kuralların soncul kısımlarının insan tarafından verilecek sözel bilgileri modelleyememesi ve giriş-çıkış değişkenleri arasında yazılması mümkün olan tüm kuralların soncul kısımlarının bulanık olmaması dolayısı ile yazılamamasıdır. İşte bu mahzurları ortadan kaldırmak için Şekil 3.5'de verilen ve girdi ve çıktı birimlerinde sırası ile bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemleri yapıldığından bu birimlerin de kutu şeklinde gösterildiği bir bulanık sistem karşımıza çıkar.

Burada genel bir bulanık sistemdeki bulanık kural tabanı ve çıkarım motoru aynen kalmaktadır. Girişlerin sayısal olanları durumunda bir işleme tabi tutularak bulanıklaştırılmasına yarayan bulanıklaştırıcı birim ile yine bulanık olan çıktıların sayısallaştırılmasına yarayan durulaştırıcı birim ilave edilmiştir. Bulanıklaştırma ve durulaştırma sırası ile giriş sayılarını bulanıklaşması ve bulanık sayıların sayısallaştırılması anlamına gelir. Bu sistemde, bulanık sözel bilgilerle beraber bulanıklaştırılmış sayısal bilgiler bir arada toplanarak sanki Şekil 3.3'de gösterilen genel bulanık sistemin girdisine indirgenmiş bir durum ortaya çıkar. Çıkışta ise genel bulanık sistemin çıkışlarının mühendislik tasarımlarında kullanılması için sayısallaştırılması için durulaştırma birimi ilave edilmiştir. Bu bulanıklaştırıcı-durulaştırıcı bulanık sistem, genel bulanık ve TSK bulanık sistemlerinde bulunan tüm mahzurları ortadan kaldırır.



Şekil 3.5 Bulanıklaştırma-Durulaştırma birimli bulanık sistem

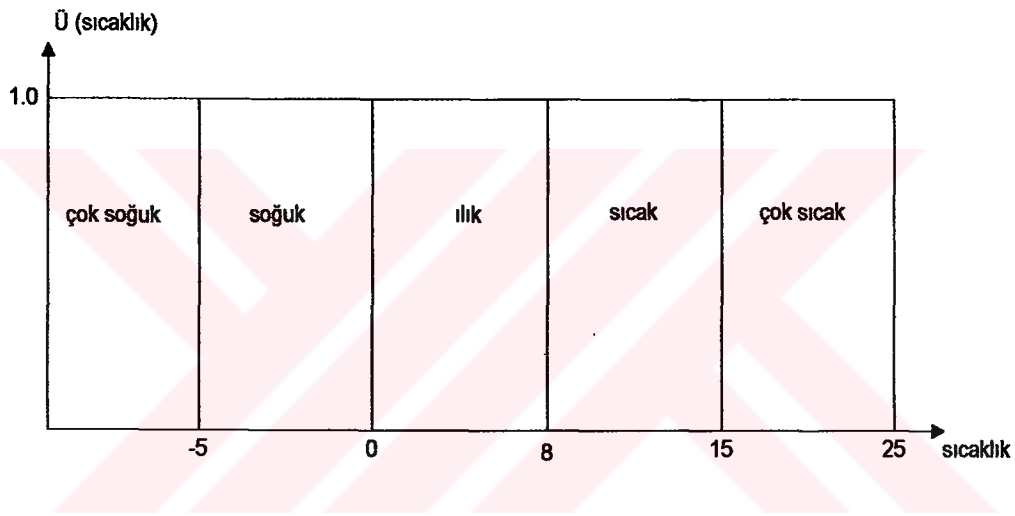
Bulanık sistemlerin başlıca özellikleri arasında, çoklu girdileri kural tabanı ve çıkarım motoru ile işleyerek tek çıktı haline dönüştürmesi gelir. Bazı özel durumlarda, çıktılar birden fazla olabilir. Ancak, hemen her mühendislik çalışmasında en az bir tane çıktı bulunur. Bulanık sistem doğrusal olmayan bir şekilde girdileri oluşturan değişkenleri, çıktı değişkenine dönüştürerek, sistemin davranışını tespit eder. Böylece bilgi tabanının doğrusal olmayan dönüşümlere maruz bırakılarak istenen sonuçlara ulaşmak için incelenen sistemin kontrol altına alınması mümkün olmaktadır. Bulanık sistemler sayesinde mühendislikte görüntü işleme, zaman serileri esaslı tahmin yapmak, kontrol sorunlarını çözmek ve haberleşme yani iletişim konularında uygulamalar yapmam mümkün olmaktadır. Bunun dışında bulanık sistemler mühendislik, tıp, sosyoloji, psikoloji, işletme, uzman sistemler, yapay zeka, sinyal işlenmesi, ulaştırma, kavşak sinyalizasyonu gibi birçok alanda rahatlıkla kullanılabilir.

3.2 Üyelik Fonksiyonları

3.2.1 Giriş

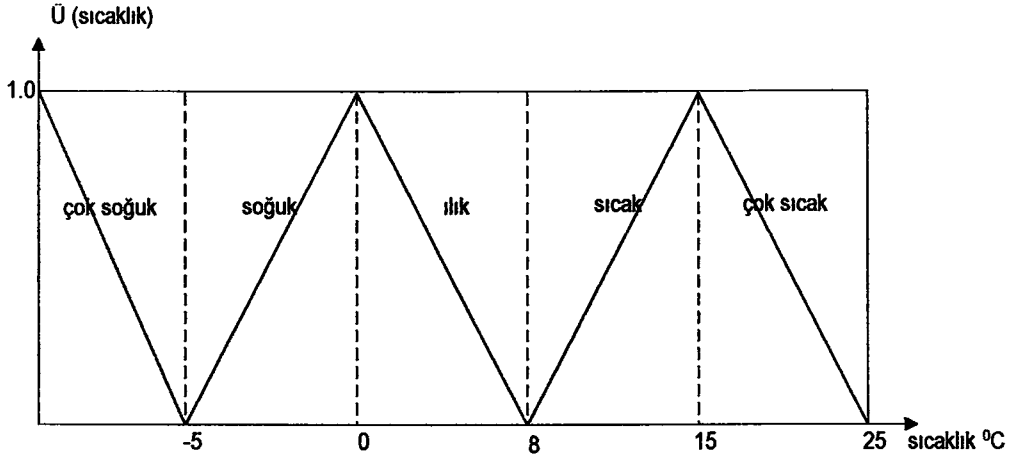
Göz önünde tutulan, bir bulanık kelime veya ifadenin temsil ettiği sayısal aralık, o ifade hakkında bilgi sahibi olan kişiler tarafından belirlenebilir. Mesela, İstanbul'da

sıcaklık derecesinin değişim aralığının aşağı yukarı - 5 °C'den + 35°C ye kadar olduğu söylenebilir. İşte bu aralık sıcaklık kümesinin İstanbul için öğelerinin bulunabileceği aralığı belirtir. Böylece tüm sıcaklık uzayı belirlenmiştir. Ancak, günlük konuşmalarda bu sıcaklık uzayının da bir takım alt aralıklardan oluştuğu düşünülür. Mesela, 'çok soğuk', 'soğuk', 'ılık', 'sıcak', 'aşırı sıcak' gibi. Burada, Önce her bir alt terimin aralığının ne olduğuna karar veriniz diye bir soru ile karşılaşılırsa, belki mühendis olanlar bu alt kümelerin her birinin üst üste örtüşmeyen ancak birbirinin sınırında devamlarıymış gibi olduklarını söyleyebilir. Mesela çok soğukun - 5 °C ile 0 °C, soğukun 0 °C ile + 8°C, ılık + 8 °C ile + 15 °C, sıcak + 15 °C ile + 25 °C, çok sıcak ise + 25 °C'den başladığını söylenebilir. Burada dikkat edilirse aralık tahminlerinde bulunulmuş ve her bir alt aralıktan biri bitince diğeri başlamıştır (bak Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Bitişik dikdörtgen gösterilim

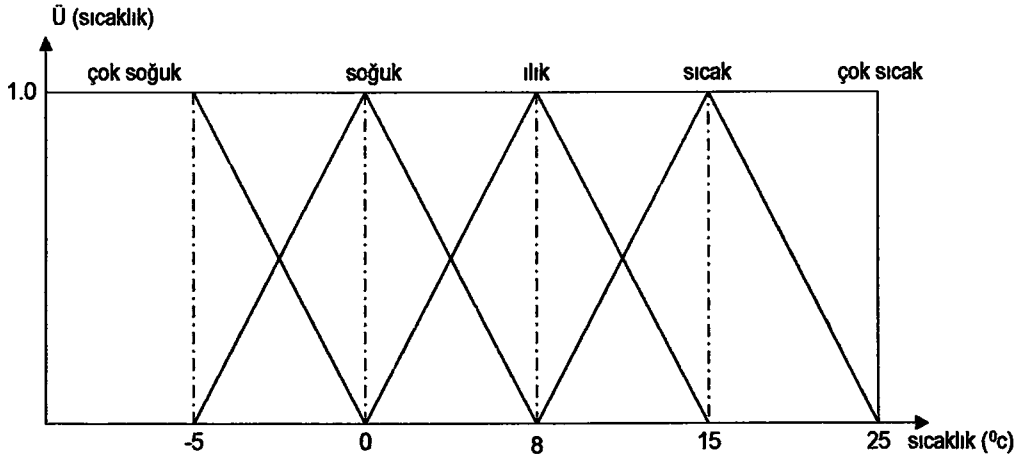
Bu aralıkların sınırlarında yine Aristo mantığına göre katı kararlar alınmalıdır. Örneğin, 7.9 °C nin soğuk 8.1 °C'nin ise ılık olduğuna karar verilir. Bu şekilde gösterim bakımından önemli bir noktada, her alt aralığa düşen sıcaklık değerinin üyelik derecesinin sadece o aralıkta 1'e, diğer aralıklarda ise 0'a eşit olduğudur. Bu nedenle, her sıcaklık alt kelimesinin üyelik fonksiyonu yüksekliği 1'e eşit olan bir dikdörtgen şeklindedir.



Şekil 3.7 Bitişik üçgen gösterim

Burada, yukarıdaki tartışmanın bir doğal sonucu olarak en basit üçgen üyelik fonksiyonları bitişik olarak alınmıştır. Bu üçgenlerin de sıcaklık alt kümelerini tam yansıtmadığı açıktır. Çünkü yine sınırlardaki sıcaklık değerlerinin üyelik dereceleri sıfır olarak alınmıştır. Ayrıca, bu sınır değerleri ne alttaki nede üstteki sıcaklık alt kümelerine dahildir. Böylece, sınır değerler için tam anlamı ile bir belirsizlik vardır. Diğer taraftan, Şekil 3.7'deki alt aralıklar halen Aristo mantığına göre işlem görür. Çünkü bir alt aralığa düşen sıcaklık değeri sadece o alt aralığa aittir ancak Şekil 3.6'den farklı olarak üyelik derecesi 1'e eşit değildir.

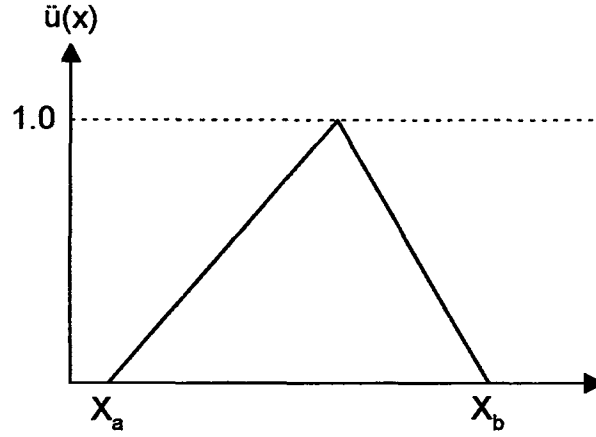
Ancak biraz daha makul düşünen birisi, bu aralıkların arasındaki geçiş kısımlarının böyle birbirinin devamı olmayacağını ve bir örtüşmenin söz konusu olabileceğini söylerse, daha mantıklı, günlük hayatta daha geçerli ve uzlaştırmacı çözümlere gitmiş olur. Çünkü herkesin ılık sınırlarının +5 ile +15 °C' de sıfır üyelik derecelerine sahip olacağını kabul etmesini savunmak mümkün değildir. Halbuki, günlük hayatta sınıra yakın olan değerlerin hangi aralığa düşeceği oldukça müphem, şüpheli yani bulanıktır. Böylece sıcaklık alt aralıklarının birbiri ile örtüşmeli geçişlere sahip olmasının gerekliliği ile sonuçta Şekil 3.8'te verilen üyelik fonksiyonları karşımıza çıkar.



Şekil 3.8 Örtüşmeli üçgen gösterimi

Burada yukarıda söylenenlerden sonra ilk ve son alt aralıktaki sıcaklık durumlarının çok çok soğuğa veya çok çok sığağa doğru giderken başka alt aralıklar olmadığından üyelik derecelerinin 1'e eşit kalmasının makul olacağı anlaşılır. Bunun doğal bir sonucu olarak ta, ilk ve son üyelik fonksiyonlarının üçgen değildi yamuk şeklinde olacağı sonucuna varılır. Böylece her alt aralığa girişimli olarak bir üyelik fonksiyonu şekli atanmıştır.

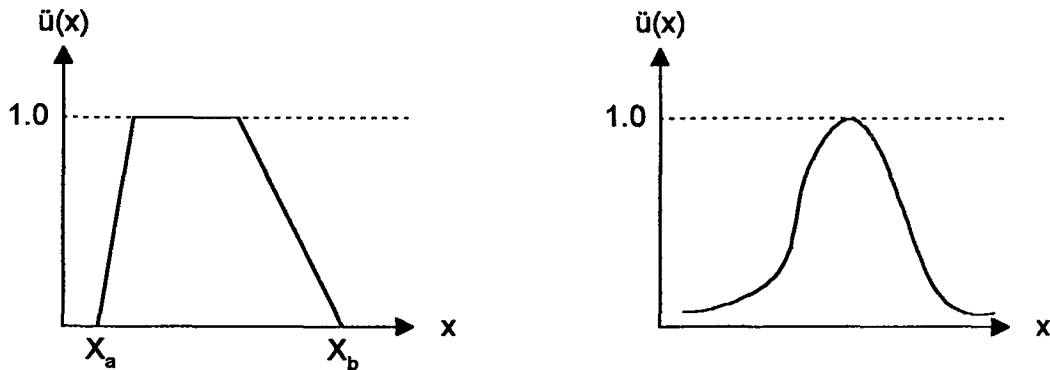
Burada sorun her alt aralığa, örneğin ılık aralığa, düşen sıcaklık derecelerinin hepsinin aynı önemde olup olmayacağıdır. Tabii olarak, ılık aralığının alt ve üst uçlarına yaklaştıkça onun komşusu olan altta soğuk üstte ise sıcak alt kümelerine doğru geçişler beklendiği için, o geçiş bölgelerine rastlayan kısımların tam anlamı ile ılık vafına sahip olacağı söylenemez. Böylece, herdir alt aralığa düşen sıcaklık derecelerinin, o alt aralığın uçlarına yakın kısımlarında önemlerini ortaya kıyasla göreceli olarak kaybedeceği sonucuna, buradan da eğer bir alt aralıktaki önem derecesi diye bir değer düşünülecek olursa bunun en büyük değerlerinin o alt aralığın ortalarında, en düşük değerlerinin ise uçlarda olacağını söyleyebiliriz. Bu düşünceler bizi Şekil 3.9' da gösterilen bir geometrik gösterime sürükler. Genel olarak, her alt aralığın ayrı üyelik fonksiyonu Şekil 3.9'da gösterildiği gibi olur. Bu fonksiyonların simetrik olması gerekmez. Böylece X_a ve X_b gibi alt ve üst sınırlara sahip X değişkeninin bu aralıktaki her değerine ayrı bir üyelik derecesi, $\bar{u}(x)$, atanmış, olur. Bu aralıktaki tüm X değerleri, o X değişkeninin bir alt kümesini teşkil eder.



Şekil 3.9 Bulanık küme

Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren böyle bir eğriye üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) adı verilir. Bunun en önemli özellikleri, alt küme sınırlarındaki değerlerinin ona öğelerinkine göre daha düşük olmasıdır. Ancak klasik kümelere bir benzerlik teşkil etmesi açısından en büyük önem derecesine sahip olan ortaya yakın öğelere 1 değeri atanırsa, diğerlerinin 0 ile 1 arasında ondalık ve sürekli bir değiştiği sonucuna varılır işte bu şekilde 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öğe için değerine, üyelik derecesi, bunun bir ait küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecesine sahiptir.

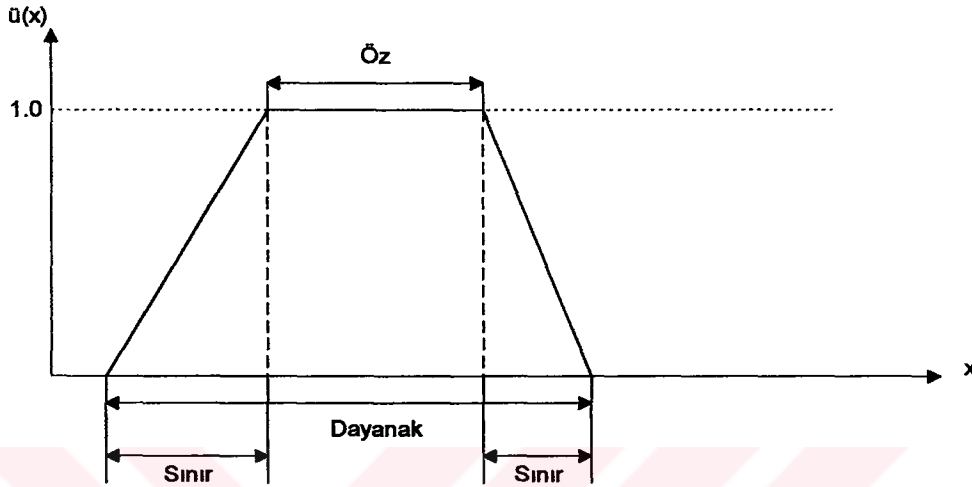
Bu kısmın kapatılmasından önce bizim matematik kurallarına uygun olarak düzgün şekilli üyelik fonksiyonlarının Şekil 3.9'de gösterilen üçgenden başka, yamuk veya çan eğrisi şeklinde olacağı aklımıza gelebilir (bak Şekil 3.10). Pratik uygulamalarda bunlardan üçgen en fazla, ondan sonra da yamuk olanı kullanılır.



Şekil 3.10 Yamuk ve çan eğrisi üyelik fonksiyonları

3.2.2 Üyelik fonksiyonunun kısımları

Yukarıda yapılan açıklamalardan, genel olarak bir üyelik fonksiyonunda bulunması gereken kısımlar hakkında fikirler oluşmuştur. Bunların, daha bilimsel terminoloji olarak açıklaması aşağıda yapılacaktır. En genel hali ile, yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonu Şekil 3.11'da gösterildiği gibi değişik kısımlara sahiptir.



Şekil 3.11 Üyelik fonksiyonu kısımları

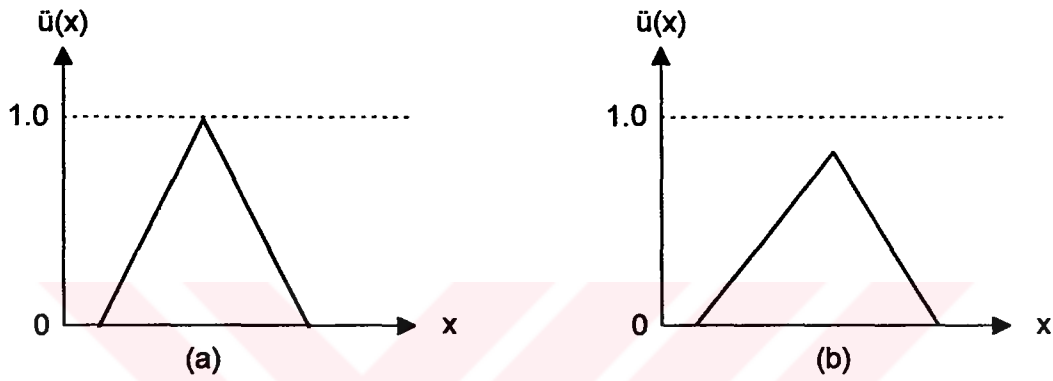
Buradaki gibi verilen bir bulanık alt kümede bir değil, birden fazla öğenin üyelik derecesi 1'e eşit atanabilir. Bu durumda, 1 üyelik dereceli öğelerin tam anlamı ile hiçbir şüphe getirmeden sadece o alt kümeye ait olduğu sonucuna varılır. Böyle üyelik derecesine sahip olan öğeler alt kümenin orta kısmında toplanmıştır, iste üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı, alt küme kısmı, o alt kümenin özü (core) denir. Burada $\bar{u}(x) = 1$ 'dir. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda bir tane öğenin üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan, üçgen üyelik fonksiyonlarının özü bir nokta olarak karşımıza çıkar.

Bunun aksine bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o alt kümenin dayanağı (support) adı verilir. Dayanakta bulunan her öğenin az veya çok değerinde (0 ile 1 arasında) üyelik dereceleri vardır. Bunun matematik gösterilimi $\bar{u}(x) > 0$ 'dır. Aslında bu öğeler topluluğu önceki kısımda belirtilen aralığa karşı gelir.

Üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırlan (boundary) veya geçiş bölgeleri adı denilir. Bunun matematik tanımı $0 < \bar{u}(x) < 1$ şeklindedir. Bular alt kümenin kısmi öğeleridir. Aslında bir alt kümeye bulanıklık özelliğinin takılması bu geçiş yerlerinin bulunması sonucundadır.

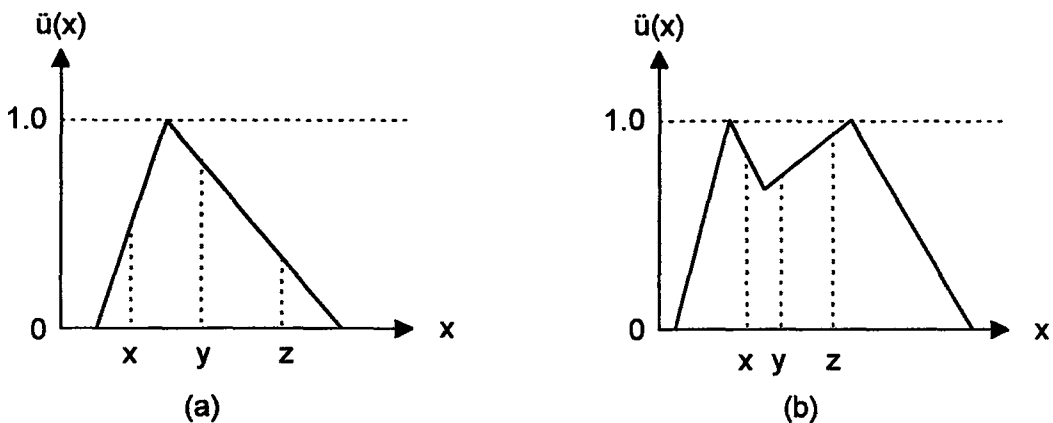
Genel olarak, tüm üyelik fonksiyonlarında biri sağda diğeri de solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi vardır. Şekil 3.8'deki en sol ve en sağdaki bulanık kümelerde birer tane geçiş bölgesi vardır.

Yukarıda şekil olarak açıklanan bu üç özelliğe ilave olarak üyelik fonksiyonunun sahip olması gerekli olan iki tane daha özellik bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, bulanık kümenin normal olduğunu tespit etmemize yarayan bir kavramdır. Buna göre normal bulanık kümede, en azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan öğe bulunmalıdır. Şekil 3.12 normal ve normal olmayan bulanık kümeleri göstermektedir.



Şekil 3.12 Bulanık kümeler, (a) normal, (b) normal olmayan

İkinci özellik ise bulanık kümenin dış bükey (konveks) olmasıdır. Dış bükey olan bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu kümenin dayanağı üzerinde, ya sürekli artar veya sürekli azalır veya üçgen üyelik fonksiyonunda olduğu gibi önce sürekli olarak üyelik derecesi bir öğede r e eşit oluncaya kadar artar ondan sonraki dayanağa düşen öğeler için sürekli azalır. Bunun aksi durumlarda söz konusudur. Ancak, onlar bulanık kümelere üyelik fonksiyonu olamaz. Şekil 3.13'de dış bükey olan ve olmayan bulanık alt kümelere bazı misaller gösterilmiştir.

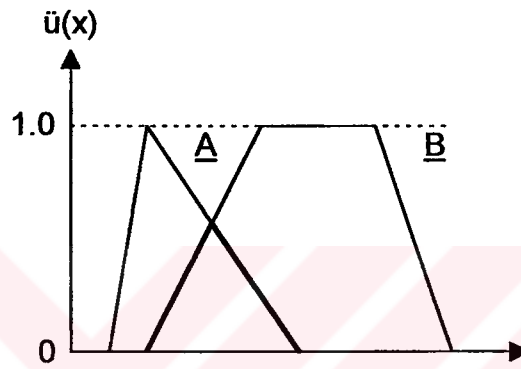


Şekil 3.13 Bulanık kümeler, (a) dış bükey, (b) dış bükey olmayan

Dış bükeyliğin matematik olarak tanımlanmasında, aynı bulanık alt kümeye düşen x , y ve z gibi üç tane öge düşünülürse ve bunlar arasında değerce büyüklük olarak $x < y < z$ gibi bir sıra bulunuyor ise, bunlardan ortadakinin üyelik fonksiyonu önceki ve sonrakine göre

$$\bar{\mu}(y) \geq \text{EK}[\bar{\mu}(x), \bar{\mu}(z)] \quad (3.2)$$

bağıntısı daima geçerli olmalıdır. Burada EK en küçükleme işlemi demektir. Yani y 'nin üyelik derecesi, x ve z 'nin üyelik derecelerinin en küçüğünden daha büyüktür. İşte bu durumda o kümeye dış bükey bulanık küme adı verilir.



Şekil 3.14 Dış bükey bulanık kümelerin kesişimi

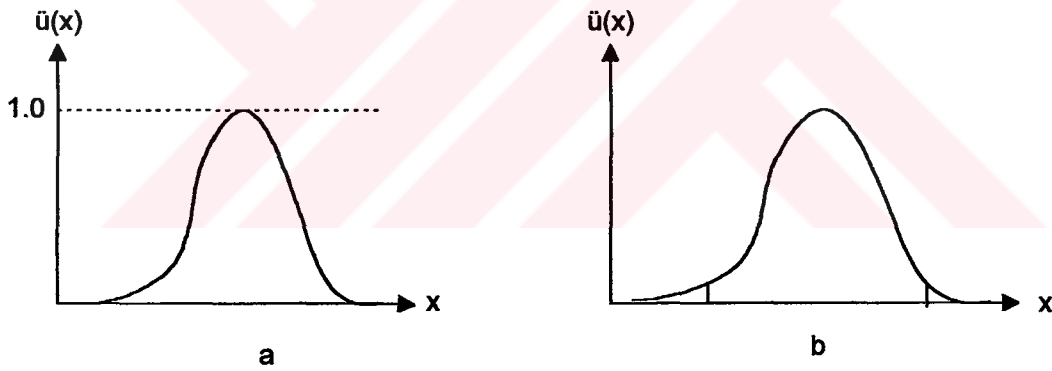
Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecesinin 0.5'e eşit olması durumundaki noktaya geçiş noktası (cross-over) adı verilir. Yani geçiş noktasında, $\bar{\mu}(x) = 0.5$ 'dir. Ayrıca, bulanık kümenin yüksekliği denilen bir büyüklük ise üyelik derecesinin en büyük olduğu öğelere karşı gelir. Yukarıda söylenenlerden sonra, normal bulanık kümelerde yüksekliğin 1'e eşit olması gerekliliği anlaşılır. Diğer bir ifade ile, yüksekliği 1'e eşit olmayan bulanık kümeler, normal olmadıklarından herhangi bir bulanık küme, mantık ve sistem çalışmasında kullanılamaz. Normal olmayan, bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek için, kümenin her bir üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gereklidir. Böylece normal olmayan bulanık kümelerin dış bükey olmaları şartı ile nasıl normal bulanık kümeler haline dönüştürüleceği anlaşılmış olur.

Temel bulanık kümeler normal ve dış bükey olmasına karşılık daha sonraki bölümlerde görüleceği üzere küme işleminin yapılması sonucunda elde edilen kümeler, bulanık

normal küme çıkmayabilir. Örneğin, iki normal ve dış bükey bulanık alt kümenin birleşimi normal ve dış bükey olmayan bulanık küme çıkabilir (bak Şekil 3.14).

Üyelik fonksiyonları simetrik olabilir de olmayabilir de. Genel olarak, bir boyutlu uzayda tanımlanan bulanık, kümelerin iki veya daha fazla boyutta, az da olsa tanımlanması mümkündür. Şimdiye kadar bu kitapta gösterilen tüm üyelik fonksiyonları bir boyutta tanımlanmıştır. Bir boyutlu uzayda çizgi şeklinde olan üyelik fonksiyonları iki boyutta yüzey şeklinde görülür.

Yukarıda söylenenlerden ihtimaller teorisi veya istatistikteki dağılım fonksiyonları hakkında bilgisi olanlar, üyelik fonksiyonunun sanki dağılım fonksiyonlarına benzediği sonucunu çıkarabilir. Dağılım fonksiyonlarında tepe noktasının 1'e eşit olması söz konusu değildir. Ancak histogram olarak dağılım fonksiyonunun altındaki alanın 1'e eşit olması gereklidir. Şekil 3.15'de Gauss eğrisi şeklinde dağılıma ve üyelik fonksiyonları ayrı ayrı gösterilmiştir. Bunlardan bulanık kümeyi temsil eden Gauss eğrisinde üyelik fonksiyonunun tepe noktasının 1'e eşit olduğuna dikkat ediniz. Bu şekilde $f(x)$, x rasgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonunu gösterir.

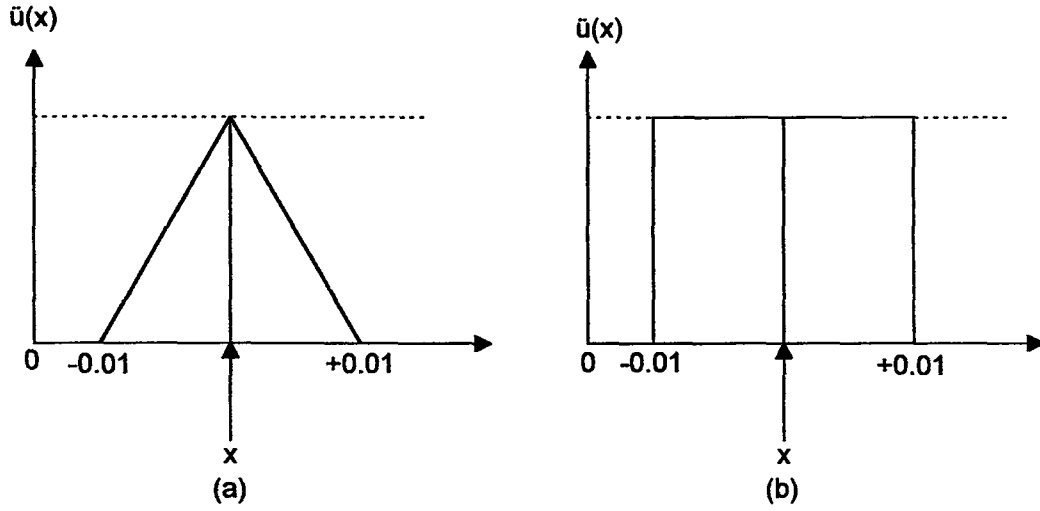


Şekil 3.15 Gauss (a) bulanık kümesi (b) dağılım fonksiyonu

3.2.3 Bulanıklaştırma

Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek Ögelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. İş böyle olunca da, bazı ögelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliğin ilk bölümde anlatıldığı gibi müphem, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir. Özellikle, bazı cihazların prezisyonu diye tabir edilen durumlarda mesela $\pm$

%1'lik hassaslık (prezisyon), ölçülen x büyüklüğünün $x + 0.01$ ve $x - 0.01$ arasında değişeceği beklentisini ifade eder. Bunun klasik ve bulanık kümelerde gösterilimi Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Hassaslık (a) Bulanık (b) Klasik

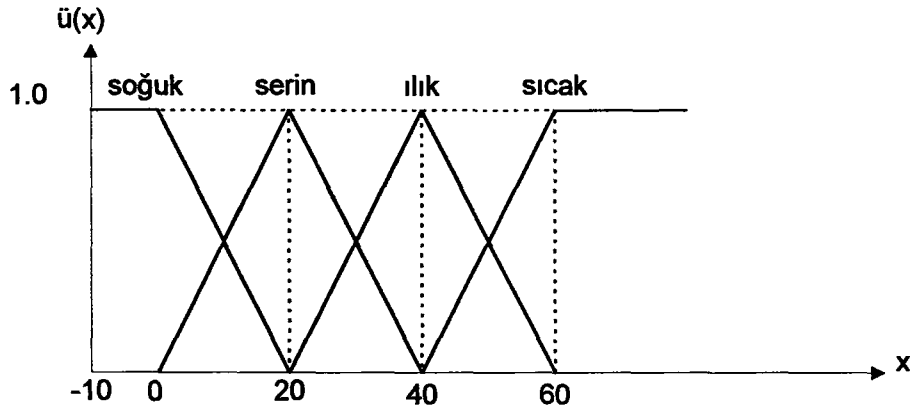
Buradan, bulanık presizyonun pratikte mantıki olarak daha sağlıklı bir tanım olduğu ortaya çıkar. Böylece, presizyon kelimesinden ve değerinden bulanık üyelik fonksiyonunun üçgen şeklinde olması akla ilk gelen durumdur.

3.2.4 Üyelik derecesi ataması

İhtimaller hesabından bilineceği gibi rasgele bir değişkene değişik ihtimal yoğunluk fonksiyonları uydurulabileceğine benzer olarak, bulanık kümeler daha da fazla şekilde üyelik fonksiyonu uydurmak mümkündür. Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte birçok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre alınmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan diğer yöntemlerin tümü bu kitapta gösterilmeyecek kadar fazladır ve başlıcaları a) sezgi, b) çıkarım, c) mertebelenme, d) açılı bulanık kümeler, e) yapay sinir ağları, f) genetik algoritmalar, g) çıkarımcı muhakeme gibi değişik yaklaşımlardır.

Bunlardan sezgi fazlaca yöntembilim bilgisi gerektirmemektedir. Zaten bu bölümün başlarında üyelik derecesi ve fonksiyonlarının sezgi ile elde edilmesi konusunda

açıklamalar yapılmıştır. Burada her kişinin kendi anlayış, görüş ve olaya bakışları önemli rol oynar. Buna en basit misal herkesin, hemen her gün karşı karşıya kalarak görüş ileriye sürdüğü sıcaklık kelimesinin belirttiği; belirsiz, alt kümeleri düşünebiliriz. En azından soğuk, serin, ılık ve sıcak gibi dört tane alt küme belirlenebilir. Bu alt kümelerin her biri belirli bir geometrik şekille Şekil 3.17'de görüldüğü gibi temsil edilebilir.



Şekil 3.17 Sıcaklık bulanık alt kümeleri

Bu geometrik şekillerin konumları doğal olarak, o yörede yaşayan kişilere göre değişir. Örneğin, kutuplarda yaşayan insanların soğuk kavramı ile tropikal bölgelerde yaşayanları birbirinden oldukça farklıdır.

Çıkarım ile bulanık küme üyelik fonksiyonlarının bulunması için mutlaka incelenen olay hakkında bazı temel bilgilere sahip bulunmak gereklidir. Burada, literatürde sıkça bilinen bir misal üzerinde durularak izah yapılacaktır. Ü' yü üçgenler kümesi olarak düşünelim ve bir üçgenin A, B ve C iç açılarının toplamının 180° olduğunu biliyoruz. İşte bu bilgiden çıkarıma gideceğiz. Üçgenlerin yaklaşıklıkla eşkenar, E, ikizkenar, I, dik açılı, D, dik açılı ve eşkenar, DE, ve diğerleri, Dİ gibi alî kümelere ayırdığımızı düşünelim. Bunların her biri, üçgenler kümesinin bulanık alt kümelerini temsil eder. Sıra bu alt kümelerin her birine birer üyelik fonksiyonunun atanmasına geldiğinde, bilinen bilgilerden yararlanarak bazı üyelik fonksiyonu çıkarımlarının yapılmasına gidilebilir. Mesela, bulanık bir ikiz kenar üçgende $A > B > C > O$ olmak üzere $A = B$ veya $B = C$ olması durumunda üyelik değerinin $\bar{U}_E(x) = 1$ olacağı düşünülerek üyelik fonksiyonunun

$$\ddot{u}_i(A,B,C) = 1 - (1/60)EK(A-B, B-C) \quad (3.3)$$

olduğu bulunur. $A = 120^\circ$, $B = 60^\circ$ ve $C = 0$ ise $\ddot{u}_i(x) = 0$ olur. Halbuki bulanık bir dik üçgen için üyelik fonksiyonu

$$\ddot{U}_D(A,B,C) = 1 - (1/90)|A - 90^\circ| \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilir. Mesela, $A = 90^\circ$ için dik üçgenin üyelik derecesi $\ddot{U}_D(X) = 1$, ve $A = 180^\circ$ için ise $\ddot{U}_D(X) = 0$ 'dır. Diğer taraftan yaklaşık ikizkenar ve dik üçgen için, bulanık eşkenar üçgen ile bulanık dik üçgenlerin birleşimi olarak yukarıdaki iki üyelik fonksiyonundan en küçükleme (EK) ve en büyükleme (EB) işlemleri ile

$$\ddot{u}_{inD}(A, B, C) = EK[\ddot{u}_i(A, B, C), \ddot{U}_D(A,B,C)] = 1 - EB[(1/60^\circ)EK(A-B,B-C),(1/90^\circ[A - 90^\circ])] \quad (3.5)$$

olarak hesaplanabilir. Bulanık eşkenar üçgenin üyelik fonksiyonu ise

$$\ddot{U}_E(A,B,C) = 1 - (1/180^\circ)(A - B) \quad (3.6)$$

dir. $A = B = C$ olduğunda $\ddot{U}_E(A = B = C) = 1$ ancak $A = 180^\circ$ olduğunda da $\ddot{U}_E(A = 180^\circ) = 0$ olur. Diğer üçgenlerin üyelik fonksiyonu ise yukarıdaki bulanık üçgenlerin üyelik fonksiyonlarının birleşiminin tamamlayıcısı olarak bulunur. Bunun sonucu

$$\ddot{U}_D(A,B,C) = EK[1 - \ddot{u}_i(A,B,C), 1 - \ddot{u}_E(A,B,C), 1 - \ddot{u}_D(A,B,C)] = (1/180^\circ)EK[3(A-B), 3(B-C), 2|A - 90^\circ|, A-C] \quad (3.7)$$

dir.

Üyelik fonksiyonu atamalarında mertebelendirme yöntemi de kullanılır. Burada bir bulanık değişken hakkında anketler, soruşturmalar veya seçimler yapılarak üyelik derecelerinin atanmasına çalışılır. Her zaman, verilen iki seçenek arasındaki tercihler sayılır veya bu tercihlere verilen puanlandırmalarla işlemler görülür.

3.2.5 Bulanık matematik

Bulanık kuralların öncül ve soncul kısımlarında bulunan, mesela, 'hız yüksek' gibi bulanık küme kısımları birer yaklaşıklık ifade ederler. Bu bakımdan, 'yaklaşık 3', 'yaklaşık 7', 'aşağı yukarı 9', '5'den büyük ve yaklaşık' gibi ifadelerin hepsi bir bulanık

(yaklaşık) sayıyı ifade eder. Bu yaklaşıklıkların her biri bir bulanık alt kümeye karşı gelir. Bu bulanık sayılarla bildiğimiz aritmetik işlemlerin yapılması durumu karşımıza çıkar ve bunun ayrıntılı olarak öğrenilmesi gereklidir.

Bulanık sayılar bazı kısıtlamaların altında tanımlanarak işlemler yapılır. Bir bulanık sayının olabilmesi için bunun A gibi bulanık kümesinin normal, dış bükey, sınırlı destek ve her üyelik derecesi kesiminde kapalı ve sonlu bir aralığın bulunması gerekir. Bulanık sayıların normal olabilmeleri için bulanık ifadedeki gerçek sayılardan en az birinin üyelik derecesinin 1'e eşit olması gerekir. Yani 'yaklaşık 8' ifadesinde $\bar{u}(8) = 1$ dir. Anlamlı bulanık aritmetik işlemlerin yapılması için bulanık sayıların mutlaka sınırlı desteği ile dış bükey olmaları gerekir.

Genel olarak pratik uygulamalarda kullanılan üçgen ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı söz konusudur. A bulanık kümesi ile gösterilen bir üçgen bulanık sayının yukarıda söylenenlere göre matematik ifadesi (bak Şekil 3.18).

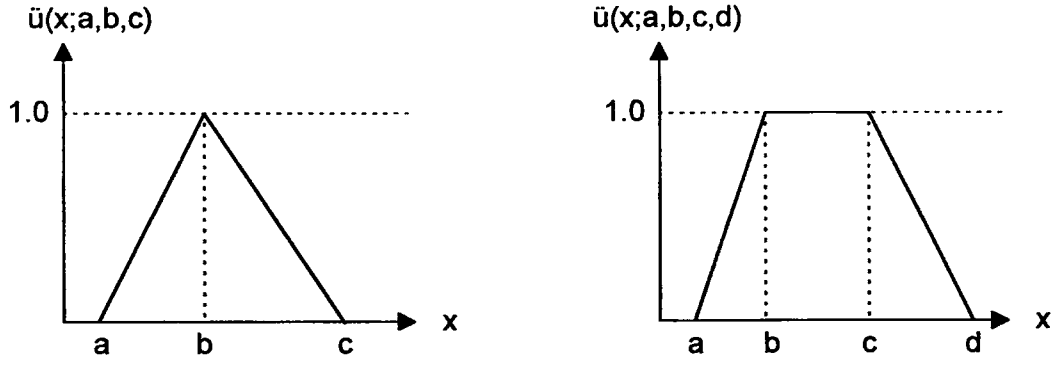
$$\bar{u}_A(x) = \bar{u}_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x - a)/(b - a) \Rightarrow a \leq x < b \\ (c - x)/(c - b) \Rightarrow b \leq x < c \\ 0 \Rightarrow x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.8)$$

Burada şimdiye kadar alışagelmemiş bir üyelik derecesi gösterimi $\bar{u}_A(x; a, b, c)$ şeklinde karşımıza çıkar.

Burada a ve c bulanık küme desteğinin sırası ile alt ve üst sınır değerlerini, b ise tam üyelikli tek sayıyı gösterir. Benzer olarak yamuk sayılar ise bu defa a, b, c ve d olmak üzere tam dört tane sayı ile temsil edilir. Bunlardan a ve d yamuk bulanık sayının desteğinin sırası ile alt ve üst. sınırlarını, b. ve c ise bu. iki sayı arasında üyelik derecesi tam olan yamuk sayıların kümesinin sınırlarını gösterir. Yamuk sayının matematik gösterimi ise üçgen sayıya benzer olarak

$$\bar{u}_A(x) = \bar{u}_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} (x - a)/(b - a) \Rightarrow a \leq x < b \\ 1 \Rightarrow b \leq x < c \\ (d - x)/(d - c) \Rightarrow c < x \leq d \\ 0 \Rightarrow x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.9)$$

Dikkat edilirse $b = c$ olduğu zaman yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayı haline dönüşür. Bu sayıların grafik gösterimleri Şekil 3.18'de verilmiştir.



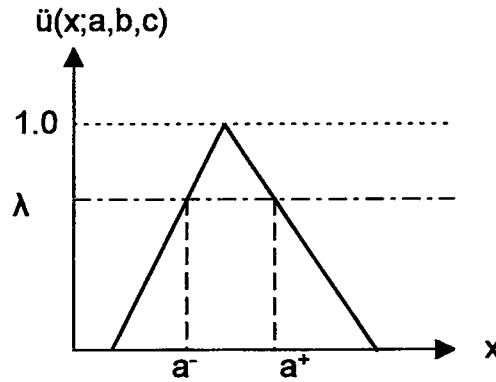
Şekil 3.18 Bulanık sayılar a) Üçgen, b) Yamuk

Bulanık sayıların aritmetik işlemlerinde kullanılmak üzere bunların belirli bir λ seviyesinden kesimleri üzerinde durulacaktır. Çünkü $\lambda = 1$ olması durumunda sayı gerçek sayıya, $\lambda = 0$ olmasında ise tam bulanık sayıya dönüşür. $0 < \lambda < 1$ olması durumunda aynı bulanık sayının λ seviyesinde kesik bulanık alt kümesi düşünülecektir. Bir $\underline{A}$ bulanık alt kümesinin λ seviyesinde kesilmesi ile ortaya çıkan kesik bulanık küme

$$A_\lambda = \{x \in \underline{A} \mid \mu_{\underline{A}}(x) \geq \lambda\} \quad 3.10$$

şeklinde ifade edilir. Şekil 3.19'da bir bulanık alt kümenin λ seviyesinde kesilmesi ile ortaya çıkan kesilmiş bulanık, kümenin, a_λ^- ve a_λ^+ gibi bir alt birde üst sınır küme; değerleri elde edilir. Notasyon olarak, $\underline{A}$ gibi bulanık bir alt kümenin λ seviyesindeki kesim sınırları cinsinden

$A_\lambda = [a_\lambda^-, a_\lambda^+]$ olarak gösterilecektir.



Şekil 3.19 Bulanık sayı kesim seviyeleri

3.2.6 Durulaştırma

Önceki bölümlerde bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının nasıl bulunacağı hakkında gerekli temel bilgi ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Pratik uygulamalarda, özellikle cihaz ve mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. İşte bu durumlara bulanık olarak elde edilmiş veya verilmiş bilgilerden yararlanarak gerekli cevapların verilmesi için bulanık olan bilgilerin durulaştırılması gerekmektedir. İnsanlar için yapay zeka çalışmalarında bulanık değişken, küme, mantık ve sistemler öneme sahip olmasına mukabil, bunların bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. İşte bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden durulaştırma işlemleri adı verilir.

3.2.7 Bulanık kümelerin lamda kesimleri

Verilen bir A bulanık kümesinin, λ , 0 ile 1 arasında olmak üzere üyelik derecesinin belirli bir değerinde; kesilmesi düşünülürse bunun sonucunda A_λ , gibi klasik ve öğelerinin üyelik dereceleri sadece 0 veya 1 olan bir klasik küme ortaya çıkar. Burada A_λ notasyonunun altında yatay çizgi işaretinin bulunmadığına dikkat ediniz. Bunun anlamı X kesiminde elde edilen kümelerin klasik olmasıdır. Verilen bir bulanık küme sonsuz şekilde λ seviyesinde kesilebileceğine göre bir bulanık kümeden sonsuz tane klasik küme çıkarılabilir. Yine A_λ kümesine ait olan bir x ögesi ($x \in A_\lambda$) üyelik derecesi en az λ kadar olan bir öğe olarak A bulanık kümesine de aittir

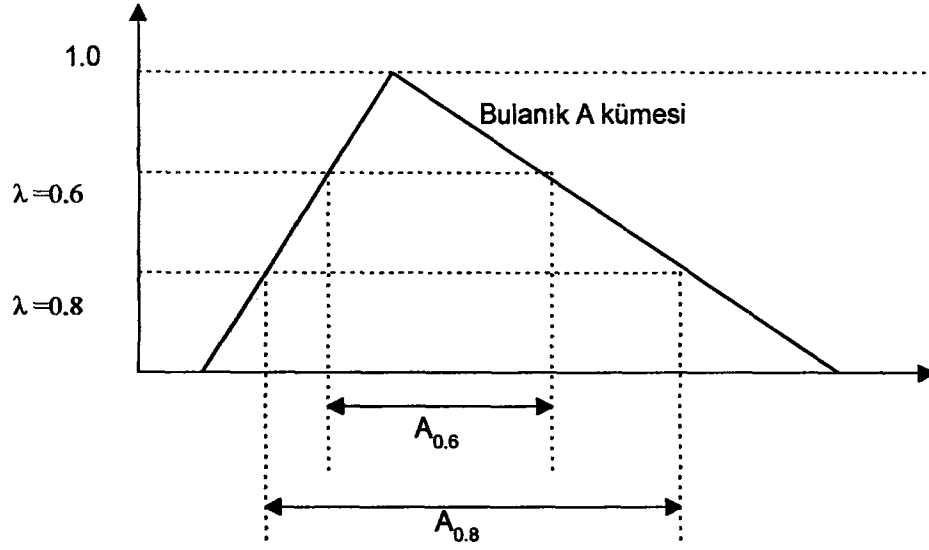
MİSAL

$A = \{ a, b, c, d, e, f \}$ gibi bir toplumun bulanık kümelerinden bir tanesinin

$$A = \{ 1/a + 0.9/b + 0.6/c + 0.3/d + 0.01/e + 0/f \} \quad (3.11)$$

şeklinde verildiğini düşünelim. Ayırık olan bu bulanık küme Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Bu bulanık kümenin $A_\lambda = 1, 0.9, 0.6, 0.3, 0^+$ seviyelerinde kesilmesi ile ortaya çıkan klasik kümeler şunlardır.

$$A_1 = \{ a \} \quad A_{0.9} = \{ a, b \} \quad A_{0.6} = \{ a, b, c \} \quad A_{0.3} = \{ a, b, c, d \} \quad A_{0^+} = \{ a, b, c, d, e \} \quad A_0 = A$$



Şekil 3.20 A bulanık kümesi

3.2.8 Durulaştırma işlemleri

Daha öncede belirtildiği gibi bir bulanık küme işlemi sonucundaki bulanık kümenin tek sayı haline dönüştürülmesi gerekebilir. Bu bulanıklaştırma işleminin aksi olan durulaştırma işlemi ile yapılır.

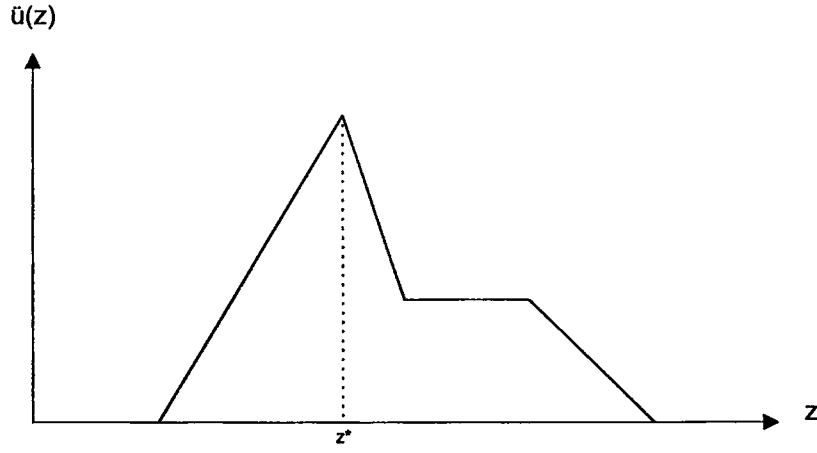
Aşağıda yedi tane durulaştırma işleminin esasları verilecektir. Bunların hangisinin kullanılacağına araştırma veya tasarımı yapan mühendisin, elindeki sorunun türüne göre karar vermesi gereklidir. Aşağıdaki çıkarım bulanık kümesinin Z , öğelerinin z ve durulaştırılmış değerinin ise z^* ile gösterildiklerine dikkat edilmelidir.

3.2.8.1 En büyük üyelik ilkesi

Bunun diğer bir adı da yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerin gerek vardır.

3.2.8.2 Sentroid yöntemi

Bunun diğer bir adı ağırlık merkezi yöntemidir. Durulaştırma işlemlerinde, belki de en yaygın olarak kullanılan işlem budur. Şekil 3.21'de gösterilmiş olan bu durulaştırmanın matematik işlemi aşağıdaki denklem vasıtası ile yapılır.



Şekil 3.21 Sentroid yöntemi ile durulaştırma

3.2.8.3 Ağırlıklı ortalama yöntemi

Bunun kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gereklidir. İşlemler matematik olarak

$$z^* = \frac{\sum \tilde{u}_f(z) * z}{\tilde{u}_f(z)} \quad (3.12)$$

şeklinde yapılır. Burada $\sum$ işareti cebir anlamında toplamayı gösterir. Böylece çıkışı oluşturan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının her biri sahip oldukları en büyük üyelik derecesi .

3.2.8.4 Ortalama en büyük üyelik

Bu yöntem aynı zamanda en büyüklerin ortası diye de bilinir. Bu bakımdan birinci durulaştırma ilkesine çok yakındır. Ancak, en büyük üyeliğin konumu tekil olmayabilir. Bunun anlamı üyelik fonksiyonunda en büyük üyelik derecesine sahip olan, $\tilde{U}_A(Z) = 1$, bir nokta yerine plato gibi düzlük kısmı bulunabilir.

3.2.8.5 Toplamların merkezi

Kullanılan durulaştırma işlemleri arasında en hızlı olanı bu yöntemdir. Bu yöntemde iki bulanık kümenin birleşimi yerine onların cebirsel toplamları kullanılır. Bunun bir mahzuru örtüşen kısımların iki defa toplama girmesidir. Bir bakıma, bu hesaplama tarzı, ağırlıklı ortalama durulaştırmasına benzer. Ancak toplamların merkezi

yönteminde ağırlıklar ilgili üyelik fonksiyonlarının alanlarıdır. Ortalama ağırlıklar yönteminde ise bu her bir üyelik derecesidir

3.2.8.6 En büyük alanın merkezi

Eğer çıkış bulanık kümesi en azından iki tane dış bükey alt bulanık kümeyi içeriyor ise, dış bükey bulanık kümelerin en büyük alanlısının ağırlık merkezi durulaştırma işleminde kullanılır. Durulaştırma işleminin matematik hesaplaması

$$z^* = \frac{\int \bar{u}_{ebC}(z)zdz}{\int \bar{u}_{ebC}(z)dz} \quad (3.13)$$

eşitliğine göre yapılır. Burada $\bar{u}_{ebC}(z)$ en büyük alanlı dış bükey bulanık kümenin hakim olduğu alt bölgeyi gösterir. Bu şart tüm çıkarım bulanık kümesinin dış bükey olmadığı zaman kullanılır. ama tüm çıkarımın dış bükey olması durumunda z^* , sentroid yöntemi ile elde edilenin aynısıdır.

3.2.8.7 En büyük ilk veya son üyelik derecesi

Bu yöntemde tüm çıktıların birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük (veya en büyük) bulanık küme değeri seçmek esasına dayanır. Hesaplamaların vereceği z^* için aşağıdaki denklemler geçerlidir. Önce bulanık küme çıkarımı, B, birleşiminde en büyük yükseklik, y_{eb} , tespit edilir.

$$y_{eb}(B) = EB [\bar{u}_B(z)] \quad (3.14)$$

Bundan sonra birinci en büyük değer, z^* , bulunur, Bu yöntemin bir diğer seçeneği ise ilk yerine son en büyük bulanık küme değerinin, z^* , bulunmasıdır.

3.2.9 Bulanık kurallar ve sistemler

İnsanlar doğal sözel ifadelerle etkileşim içinde bulunduğu zaman bunları incelenerek sorun ile ilgili olabilecekleri kendi aralarında yargılama sonucunda değişik ilişkiler ile ortaya bir takım kurallar çıkarırlar. Bu makul ve mantıksal olan kuralları bugün için matematikte bilinen yöntemler, diferansiyel ve entegral hesaplamalarla ifade etmek mümkün değildir. Çünkü, bu yöntemlerin kullanılabilmesi için belirginlik gereklidir. Gerekli çözümlere ulaşabilmek için basit bulanık küme hesaplamaları ile bulanık alt

kümeler arasında geçerli ilişkiyi sağlayacak bulanık küme kural yapılarının iyice bilinmesi gereklidir. Doğal lisanlar ne kadar karmaşık, müphem ve belirgin olmasalar bile, insan iletişiminin temelini teşkil etmeleri bakımından çok önemlidir. Bunun için bulanık söz ve ifadeleri, kümelerle işleyebilecek kural ve işlemlere gerek vardır.

Bu bölümde bulanık alt kümelerden oluşan bulanık kural yapıları ve bunlardan elde edilebilecek çıkarımlar hakkında temel bilgiler verilecektir. Bu kuralların kurulmasında ve incelenen olayla ilgili ve geçerli olanlarının belirlenmesinde, ilk adımda olayın işleyiş mekanizmasının mantık kurallarına ihtiyaç duyulacaktır.

3.2.10 Doğal dil

Temel insan düşüncesi, Öncelikle kavramsal şekiller ve akıl görüntüleri şeklinde, gelişerek olgunlaşır ve daha ziyade sayısal değildir. Sayısal belirginlikler, bu kavram ve olguların gelişerek olgunlaşmasından sonra ortaya çıkar. Yani, insan düşünce sisteminin ilk aşamaları oldukça bulanıktır. Zaman içinde berraklaşarak durulaşır ve daha belirgin hale gelir. Makinalara insan düşüncesini anlatabilmek için yaklaşık bile olsa makinalar tarafından algılamaya yarayacak yöntemlerin geliştirilmesi gerekir. Bu konuda, ilk adım bulanık küme, mantık ve sistemler olmuştur. Bunun nedenleri arasında, insan iletişimde kullanılan bilgilerin doğasında sıkça müphemlik, belirsizlik, bulutluluk, karmaşıklık, sağlıksızlık gibi durumları bulunması gerekir. İşte bu düşünce öğelerinin kelimelerle ifadesinde bazı bulanık kelimelerin, bulanık kümelerle modellenmesi ve bunların kendi aralarındaki ilişkilerle daha karmaşık ifadelerin ortaya çıkarak modellenmesi yoluna gidilir. Bulanık küme kavramları, sözelden sayısala geçiş için bir köprü vazifesi görür. Günlük kullandığımız dilde tıpkı maddenin temel taşları olan atomlar gibi anlam temsil eden en küçük kelimelere de edebiyatta kelime atomları denilebilir. İşte her şey, bu kelime atomlarının bulanık olarak modellenmesi ile başlar. Kelime atomları arasında 'güzel', 'orta', 'genç', 'az', 'yavaş', 'alçak' ve daha birçok kelimeler vardır. Bunların başlarına sıfatlar getirilerek daha da bulanık veya göreceli olarak durulaşmış veya bulanıklaşmış başka kelimeler elde edilebilir. Mesela, 'çok yavaş', 'fazla sıcak', 'çok çok güzel!', 'aşağı yukarı genç' gibi kelimeler temel kelime atomlarından elde edilebilecek değişik bulanık kümeleri temsil ederler.

Bulanık kümeler ile kelimelerin ifade edilmesi için öncelikle X gibi doğal bir dilin kelimelerini içeren bir toplum kümesini, bu küme içinde α öğelerini, bunların anlam

dünyasında A gibi bir bulanık kümesi ve α öğelerine karşı gelen üyelik derecelerini düşünelim. Bundan doğal bir dilin, X toplumundaki kelime atomlarının, Y toplumundaki anlamlarla eşleştirilmesi anlaşılır. X toplumundaki her α öğesi, Y anlam toplumundaki bir A bulanık kümesinin α öğesine karşılık gelir.

3.2.11 Sözel eşikler (Linguistic Hedges)

Genel olarak, kelime atomlarının başlarına ilave edilen ön sıfatlarla anlamları biraz daha daraltılır veya genişletilir. Bu ön kelimeler arasında 'çok', 'aşağı yukarı', 'takriben', 'yaklaşık', 'oldukça', 'biraz', 'sıklıkla', 'kabaca' ve burada listesinin yapılmayacağı kadar çok kelime bulunur. Ön sıfat kelimelerine sözel eşikler denilir. Bu kelimeler vasıtası ile tekil olan kelime atomunun anlamı değiştirilir. Bu değiştirilmiş anlamların üyelik fonksiyonları temel kelime atomlarının üyelik fonksiyonları üzerinde bazı işlemlerin yapılması ile elde edilir. Sözel eşik işlemleri, verilmiş olan bir tek bulanık küme için yapılır. Böylece bu bulanık kümenin öge değerlerinde bir değişim olmaz ama üyelik dereceleri değişir. Zaten sözel eşik ana amacı, sadece üyelik derecelerini değiştirmektir. Mesela 'kırmızı' kelimesinin bir frekans aralığı vardır ki, bunlardan bir tanesinde gerçekten kırmızı, diğerlerinde ise kırmızının tonları vardır. Bu durum, 'kırmızı' isimli bir bulanık kümenin frekans uzayında üyelik fonksiyonu ile belirlenir. İşte bu üyelik fonksiyonundaki üyelik derecelerinin değiştirilmesi ile frekans uzayındaki kırmızıyı temsil eden frekansların bazılarının üyelik dereceleri azaltılır, çoğaltılır veya bir kısmı azaltılarak diğer kısmı da çoğaltılır. Böylece, aynı 'kırmızı' için değişik ön kelimeli 'kırmızı' lıkları çıkar.

Genel olarak, α gibi bir kelime atomunun eşikleri aşağıdaki ifadelerden biri olur, Eğer α kelime atomunun üyelik fonksiyonu $\alpha = / \bar{u}_\alpha (y) / y$ olarak verilmiş ise

$$\text{'çok'} \quad \alpha = \alpha^2 = / \bar{u}_\alpha^2 (y) / y \quad (3.15)$$

$$\text{'çok, çok'} \quad \alpha = \alpha^4 \quad (3.16)$$

$$\text{'artı'} \quad \alpha = \alpha^{1.25} \quad (3.17)$$

$$\text{'oldukça'} \quad \alpha = \alpha^{0.5} = / \bar{u}_\alpha^{0.5} (y) / y \quad (3.18)$$

$$\text{'eksi'} \quad \alpha = \alpha^{0.75} \quad (3.19)$$

ve bu ifadeler yazılabilir.

3.2.12 Bulanık kuralların harmanlanması

Bir sistemin modellenmesinde birden fazla kural tabanlı bulanık ifadelere gerek vardır. Tüm sistem için bir sonuca varabilmek için her bir kuralın çıkarım kısmında yani İSE kelimesi sonrasında ortaya çıkan sonuçların bir şekilde harmanlanarak hepsinin katkısı olan bir genel çıkarıma gitmek gereklidir. İşte fazlaca olan kural tabanlı çıkarımların harmanlanması için kullanılan iki yaklaşım vardır. Bunlardan ilki kuralların 've' bağlacı ile bağlanması sonucunda elde edilir. Burada sistemi temsil eden ve gerçekleşen kuralların tümü 've' bağlacı ile birleştirilir. Yani kümeler teorisine göre bunların kesişimleri alınır. Bu taktirde, harmanlanmış çıkarım, y , tekil bulanık çıkarımların, y^i ($i = 1, 2, \dots, r$) kesişimi olarak elde edilir. Yani

$$y = y^1 \text{ ve } y^2 \text{ ve } y^3 \text{ ve } \dots \text{ ve } y^r \quad (3.20)$$

veya

$$y = y^1 \cap y^2 \cap y^3 \cap \dots \cap y^r \quad (3.21)$$

şeklinde yazılır. Bulanık kümeli çıkarımların bulunması durumunda ise üyelik fonksiyonlarının kullanılması ile harmanlanmış çıkarım

$$\mu_Y(y) = \text{EK}[\mu_{y1}(y), \mu_{y2}(y), \dots, \mu_{yr}(y)] \quad (3.22)$$

olarak yapılır.

İkinci bir harmanlama usulü ise kural tabanlı tekil çıkarımların birleşimi şeklinde yapılır. Böyle bir harmanlamanın yapılması için kural tabanlı tekil çıkarımlardan en azından bir tanesinin doğru olması gereklidir.

$$y = y^1 \text{ veya } y^2 \text{ veya } y^3 \text{ veya } \dots \text{ veya } y^r \quad (3.23)$$

veya

$$y = y^1 \cup y^2 \cup y^3 \cup \dots \cup y^r \quad (3.24)$$

şeklinde yazılır. Bulanık kümeli çıkarımların, bulunması durumunda ise üyelik fonksiyonlarının kullanılması ile harmanlanmış çıkarım

$$\bar{U}_Y(y) = EB[\bar{u}_{y1}(y), \bar{u}_{y2}(y), \dots, \bar{u}_{yr}(y)] \quad (3.25)$$

bulunur.

3.2.13 Kural tabanlı sistemler

Makinalar tarafından bilgi işlemlerinin algılanma yolu olan yapay zeka alanında, bilgi işlemi için değişik yollardan bir tanesi de aşağıdaki gibi bilgiyi sanki insan dilindeki gibi bir ifade ile temsil etmek gelmektedir. Bu en yaygın olarak kullanılan insan bilgisini işleme yoludur. Böyle bir ifadede EĞER-İSE (IF-THEN) kelimeleri ile ayrılmış olan iki kısım bulunur. Bunlardan EĞER ile İSE kelimeleri arasında bulunan kısma öncül veya ön şartlar, İSE kelimesinden sonraki kısma ise soncul veya çıkarım adı verilir. Genel bir kural olarak

EĞER öncül İSE çıkarım

Şeklinde yazılır. İşte bu türlü yapısı olan ifadelere 'EĞER-İSE' 'kural tabanlı biçim adı verilir. Bu ifade bilinen bazı bilgilerin kullanılması ile bunların ışığı altında faydalı olan diğer bazı bilgilerin çıkarılması anlamına gelir. Bu türlü bilgilere sığ bilgiler adı verilir çünkü bunlar insanın kendisinin kişisel deneyim ve tecrübelerinden hareketle çıkardıkları bilgilerdir ve yerine göre çokta nesnel (objektif) değildir. Halbuki derin bilgiler ise daha ziyade sezgi, yapı, fonksiyon ve eşyalar arasındaki davranış biçimlerine göre elde edilir. Derin bilgilerin, sözel olarak kolayca çıkarılması mümkün değildir. Buna bir misal olarak, Kepler yasaları veya Newton kuralları verilebilir, Bu bilgilerin gelişerek oluşmasında yılların gözlem, deney ve birikimleri vardır. Kural tabanlı bilgilerin uzmanlar tarafından verilen bilgilerden de farklı tarafı, kural tabanlı olanların insan uzmanlardan başka kaynaklardan da yararlanarak yazılabilesidir. Kural tabanlı olan bilgilerin gerek öncül gerekse çıkarım olan son kısımları ayrı ayrı bulanıklaştırılarak işlemler yapılır.

3.2.14 Grafik çıkarım teknikleri

Burada çıkarım usullerini anlatabilmek için, iki tane öncül bir tane de çıkarımı olan EĞER-İSE kural tabanlı sistemleri düşünelim. Bu, genel olarak sistem modellenmesinde iki girdisi ve bir tane çıktısı olan sistemleri gösterir. Burada gösterilen usuller çok öncül ve çıkarımı olan bulanık kural tabanlı sistemlere de uygulanabilir. Bulanık bir sistem, x_1 ve x_2 gibi iki öncül ve y gibi bir tane çıkarımı olan r tane kural tabanlı EGER-İSE ifadesi ile modellenebilir. Bu bulanık kurallar sistemi kısaca

$$\text{EĞER } x_1 A_1^k \text{ ve } x_2 A_2^k \text{ İSE } y^k B^k \text{ dır. } (k= 1,2,..., r) \quad (3.26)$$

Burada A_1^k ve A_2^k k -ıncı öncül kısmın bulanık kümelerini, B^k ise k -ıncı çıkarımı temsil eden başka bir bulanık kümedir. Aşağıda birbirinden biraz farklı olan 4 çıkarım işleminden söz edilecektir.

Girdi değişkenlerinin (x_1, x_2) sayı olması

Kural tabanlı bir sistem EĞER-İSE şeklinde verilen bir ifade ile belirlenir. Sayısal olan girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonları aşağıdaki şekilde Dirac delta fonksiyonu olarak verilir.

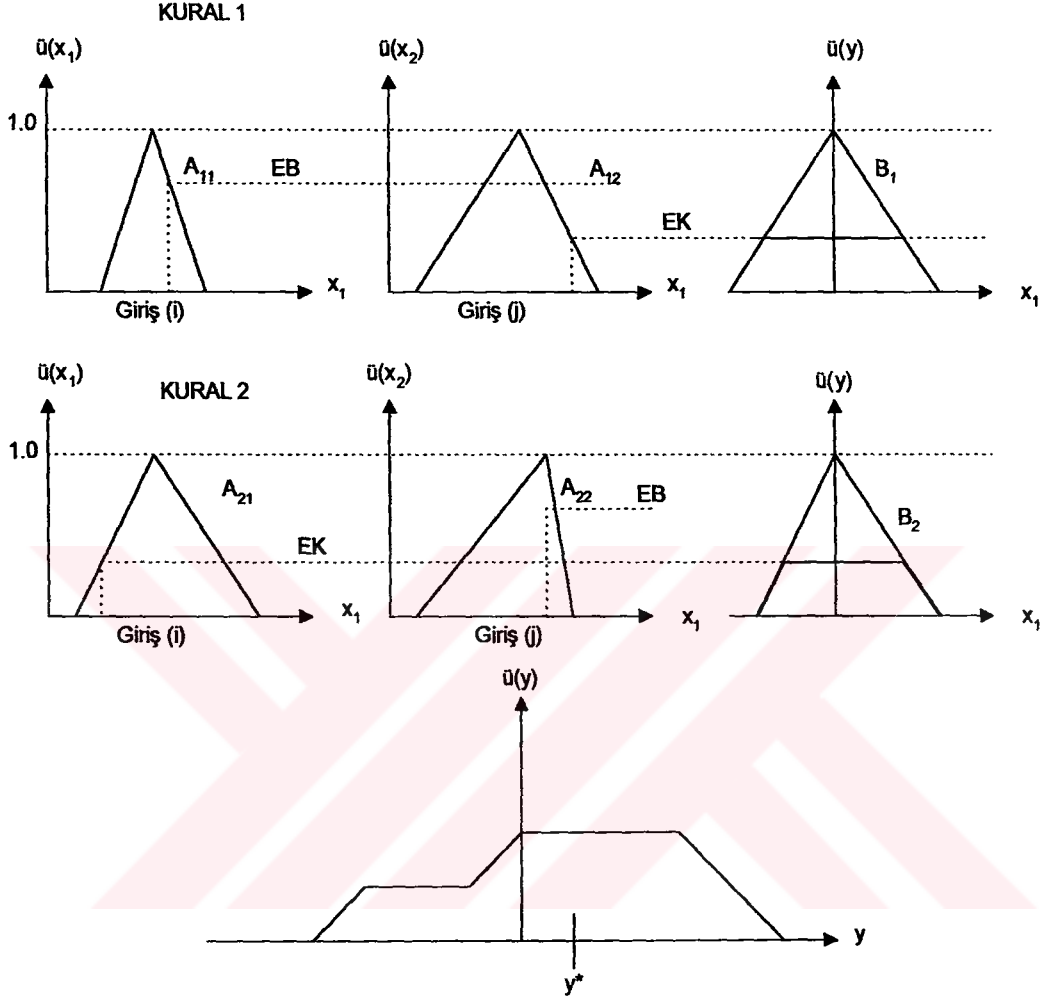
$$\bar{u}(x_1) = \delta[x_1 - \text{giris}(i)] = \begin{cases} 1, x_1 = \text{giris}(i) \\ 0, \text{aksitakdirde} \end{cases} \quad (3.27)$$

$$\bar{u}(x_2) = \delta[x_2 - \text{giris}(j)] = \begin{cases} 1, x_2 = \text{giris}(j) \\ 0, \text{aksitakdirde} \end{cases} \quad (3.28)$$

İki tane olan bulanık kural tabanlı ifadenin 'veya' bağlacı ile birleştirildiği var sayılarak bunların harmanlanmasında kümelerin birleşimi işleminden yararlanarak Mamdani (1989) tarafından verilmiş olan EB-EK harmanlama çıkarım formülasyonu kullanılabilir.

$$\bar{u}_B^k = EB\{EK\{\bar{u}_{A_1^k}[\text{giris}(i)], \bar{u}_{A_2^k}[\text{giris}(j)]\}\} \quad k=1,2,3,\dots,r \quad (3.29)$$

Bu denklemin ifade ettiği işlemlerin grafik gösterilimi Şekil 3.22'de verilmiştir. Burada A_{11} ve A_{12} , ilk kural tabanlı ifadenin öncül kısmındaki bulanık kümeleri, B_1 ise bu kurala ait çıkarımı gösterir.



Şekil 3.22 EB-EK çıkarımı

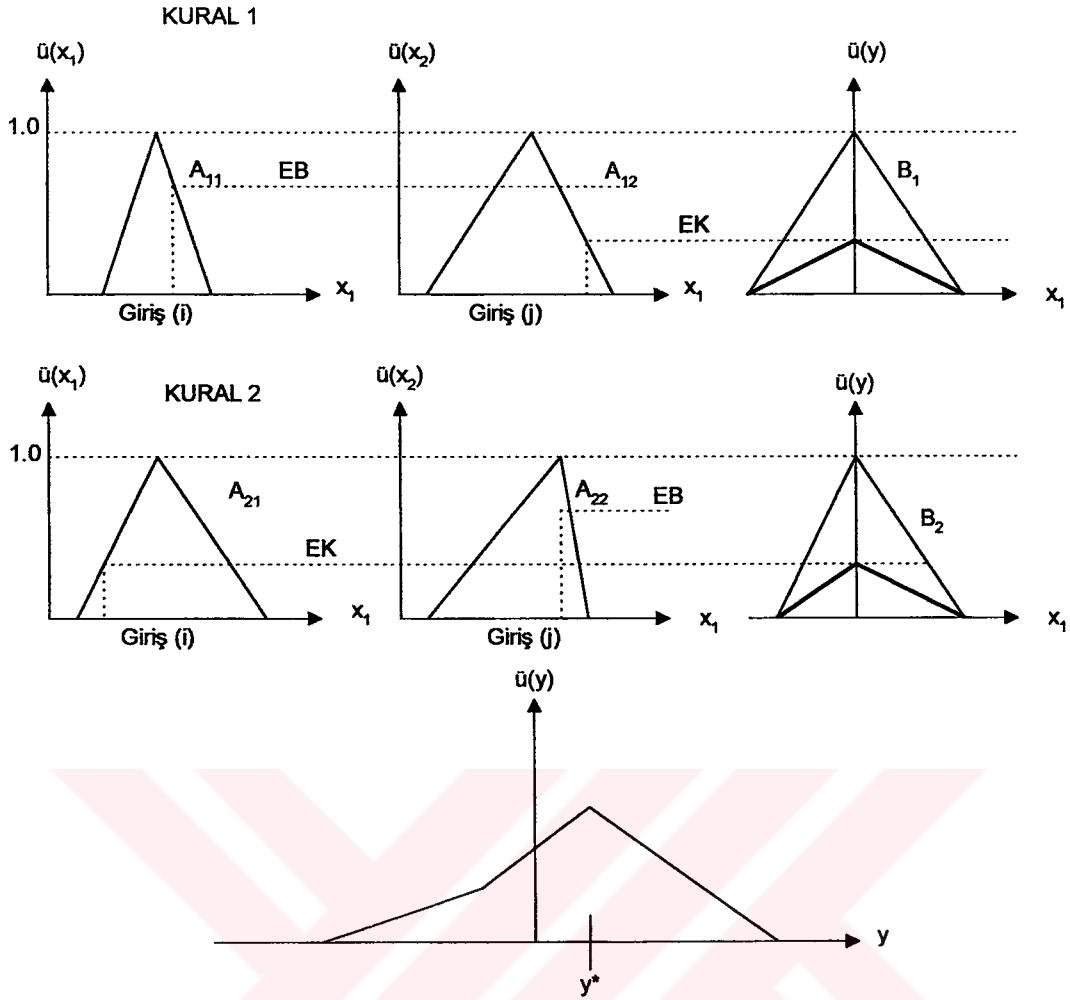
Benzer şekilde A_{21} ve A_{22} ise ikinci kuralın öncül kısmının bulanık alt kümelerini, B_2 'de aynı kural tabanının çıkartım kısmındaki bulanık alt kümeyi gösterir. Kuralların kendi öncül kısımlarında kararın EK şeklinde olmasının sebebi, iki bulanık alt kümenin (örneğin A_{11} ve A_{12}) birbirine 've' bağlacı ile bağlantılı olmasındandır. Böylece girdi değerleri ile öncül kısım bulanık kümelerinden bulunan üyelik derecelerinin en küçüğü olduğu gibi aynı kuralın soncul kısmına taşınarak oradaki çıkartım alt kümesi bu seviyeden kesilerek çıkartım olarak kesilmiş bulanık alı küme kısmı göz önünde tutulur. Herbir kural tabanlı EGER-İSE ifadesinde, bu türlü ayrı ayrı çıkartımlar yapılır. Sistemin tümünü temsil edebilmek için kesik olan bu çıkartım üyelik fonksiyonlarının

'veya' bağlacı ile birleştirildiği düşünülürse harmanlanmış çıkarım için kümelerin birleşim işleminin kullanılması ile iki kesik bulanık kümenin örtüştüğü yani ortak olduğu kısımlardan meydana gelen bir karışık bulanık alt küme ortaya çıkar. İşte göz önünde tutulan kural tabanlı ifadelerle modellenen sistemin girdiler sonucunda vereceği tüm bilgiler, bu harmanlanmış bulanık kümede toplanmıştır. Buradan, harmanlanmış bulanık kümenin ne normal ne de dış bükey olması beklenemez. Daha sonraki misallerde bu noktaya değinilecektir. Kural tabanlarının 'veya' bağlacı kullanılması sonucunda. EB işlemi ile birleştirilmesi, önceki bölümde ayrıntılı olarak verilmiştir. Eğer sistem için bir tek sayısal değerin elde edilmesi gerekir ise, daha önceki bölümde değinilmiş olan durulaştırma işleminden en uygun olanı duruma göre seçilerek sonuca varılır.

Yukarıdaki harmanlama esnasında EB-EK işleminden yararlanılmıştır. Ancak pratik uygulamalarda oldukça sık kullanılan bir başka harmanlama kuralı da EB-Çarpım işleminin yapılmasıdır. Burada da kural tabanlarının 'veya' bağlacı ile birleştirildiği düşünülerek harmanlama formülasyonu

$$\tilde{u}_B^k = EB\left\{\left\{\tilde{u}_{A_1^k} [giris(i)] * \tilde{u}_{A_2^k} [giris(j)]\right\}\right\} \quad k=1,2,3,\dots,r \quad (3.30)$$

şeklini alır. Bunun grafik gösterimi ise Şekil 3.23'de verilmiştir. Burada, sayısal verilerin girilmesi ile elde edilen iki üyelik derecesinin çarpılması sonucunda bulunan değer olduğu gibi İSE kısmının sonrasındaki çıkarım bulanık kümesine taşınarak, aynı kümenin tüm üyelik derecelerinin bu değerle çarpılması sonucunda kesik bulanık çıkarım kümesi yerine küçültülmüş benzer bir bulanık çıkarım kümesi elde edilir.



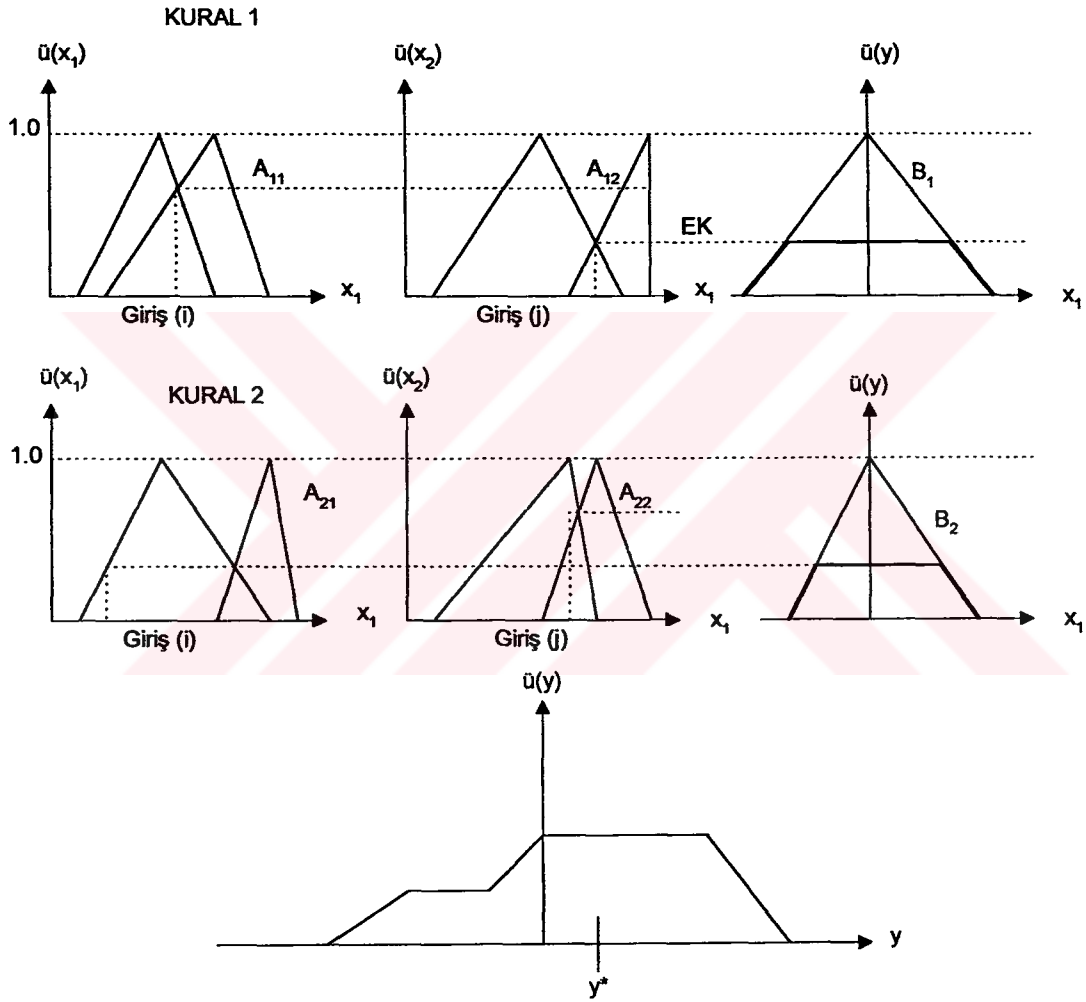
Şekil 3.23 EB-Çarpım çıkarımı

Böylece, önceki çıkarımlardaki kesik bulanık kümeler yerine ölçekli olarak küçültülmüş çıkarım kümeleri elde edilir. Örneğin, Şekil 3.23'de bulanık kümeler üçgen olduğu için ölçekleştirilmiş kümelerde üçgen şeklinde ortaya çıkar. Aynı şekilde 'veya' bağlacının kullanılması ile yapılan harmanlama sonucunda elde edilen birleşim çıkarım kümesi, kural tabanlarındaki üçgen çıkarım kümelerinin örtüşmesi ile elde edilir. Buradan da istenildiği takdirde Önceki bölümde izah edilen uygun durulaştırma ile sayısal değer elde edilebilir.

Yukarıdaki iki grafik çıkarım yaklaşımında da girdilerin sayısal yani bulanık olmayan büyüklükler olduğu var sayılmıştır. Halbuki, birçok sistem modellenmesinde girdilerin de bulanık olması söz konusu olur. Böyle bir durumda, yine EĞER-İSE kurallarının her birinin birbirine 'veya' bağlacı ile bağlanmış olduğu düşünülerek harmanlanmış çıkarımın formülasyonu Mamdani kuralına göre

$$\ddot{u}_B^k = EB\{EK\{EB[\ddot{u}_{A_1^k} \wedge \ddot{u}(x_1)]EB[\ddot{u}_{A_2^k} \wedge \ddot{u}(x_1)]\}\} \quad (3.31)$$

olur. Bu denklemin basit olarak grafik gösterimi Şekil 3.24'de verilmiştir. Bu şekilde, giriş(i) ve giriş (j)'ler birer üçgen bulanık alt küme halinde gösterilmiştir. Bu üçgenlerin öncül kısımdaki bulanık alt kümelerle kesim noktalarındaki üyelik dereceleri okunur ve bunların EK değeri aynen olduğu gibi EĞER-İSE kuralının çıkarım kısmına taşınarak orada, yukarıda açıklanan birinci yola benzer kesik olan yamuk bulanık alt kümeler bulunur.



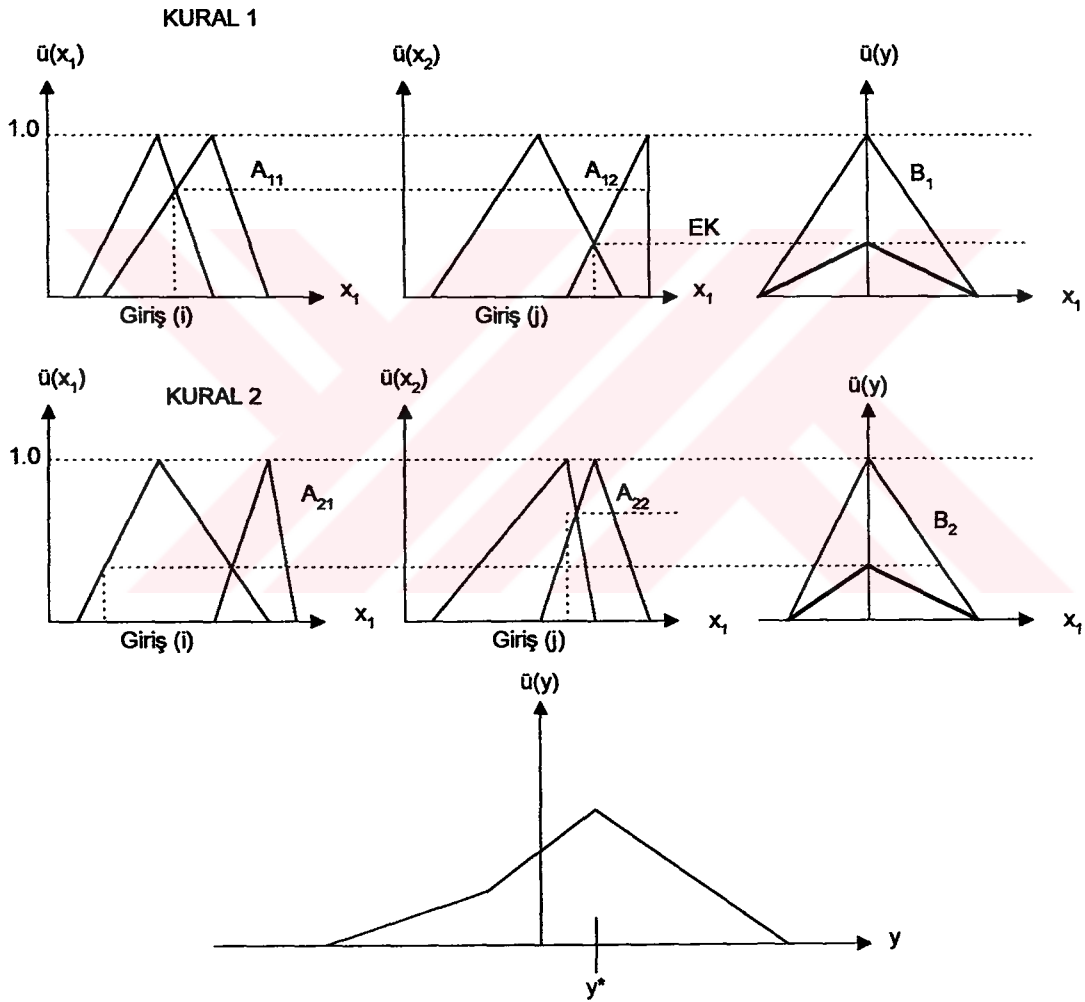
Şekil 3.24 Bulanık girişlerle EB-EK çıkarımı

Bunların birleşiminin alınması ile de harmanlama yapılarak en son sistem çıkarımına varılır. Burada dikkat edilmesi gerekli olan nokta hiçbir grafik çıkarım sonucunda ne kural tabanlarının kendi çıkarımları, nede harmanlanmış bulanık küme çıkarımları normal ve dış bükey bulanık küme olmalarının gerekmediğidir.

Öncekine benzer olarak girdilerin bulanık alt küme şeklinde olması ile kural tabanlarındaki çıkarımların EB-Çarpım işlemi ile bulunması durumunda genel formül

$$\bar{u}_B^k = EB \left\{ EB \left[\bar{u}_{A_1^k} \wedge \bar{u}(x_1) \right] * EB \left[\bar{u}_{A_2^k} \wedge \bar{u}(x_1) \right] \right\} \quad (3.32)$$

şeklini alır. Bunun grafik olarak gösterimi ise Şekil 3.25'de sunulmuştur. Önceden söylendiği gibi, giriş ve kural tabanı Öncül kısımlarında bulunan bulanık alt kümelerin kesim noktalarındaki üyelik derecelerinden EK değer alınarak ve kuralın sonuç kısmına taşınarak oradaki bulanık kümeler bu EK değer ölçeğinde küçültülerek benzer bulanık üçgen kümeler elde edilir.



Şekil 3.25 Bulanık girişli EB-Çarpım çıkarımı

Tabii burada, **EĞER** ve **İSE** kısımları arasındaki öncül bulanık kümeler 've' bağlacı ile birleştirildiğinden EK değeri alınmıştır.

4 MESKUN BÖLGELERDEKİ TAŞKIN ZARARLARININ BULANIK İLKELERLE TAHMİN EDİLMESİ

Taşkın önleme yapıları planlanırken mühendisler taşkın vereceği zararın maliyetini aşağı yukarı bilmek ister. Fayda-maliyet analizlerinin yapılabilmesi için taşkın koruma yapısının sağlayacağı fayda yani ne kadar zararı önlediğinin bilinmesi gerekir. Bu zararın tespiti, ancak hidrolojik ve ekonomik hesaplamalar sonucu yapılabilir. Taşkın koruma yapısının maliyeti ise basit mühendislik hesaplamaları sonucu kolayca bulunabilir. Bu çalışmada, yapı başına taşkın zararı hesaplanarak, bir bölgenin taşkın zararlarını gösteren önemli ölçütlerden biri olan yıllık belenen zararın hesabına geçilmiştir. Yıllık beklenen zarar, geçmişte oluşmuş yıllık zararlar toplanarak toplam yıl sayısına bölünmek şartıyla da bulunabilir. Fakat pratikte bu nadiren mümkündür. Bazı yıllarda hiç zarar oluşmayacağından hesap için çok uzun bir zaman serisi verilerine ihtiyaç vardır. Ayrıca maruz kalan zarar zamanla önemli ölçüde değişmektedir.

Bu yüzden yıllık beklenen zararın hesabı için ilk önce, taşkın büyüklüğü ve aşılma olasılığı arasındaki ilişki belirlenmelidir. Sonra çeşitli aşılma olasılıklarına karşı gelen zarar yüzdelерinin bulunması gerekmektedir. Bu süreçlerin hepsinde belirsizlikler ve bilinmeyenler mevcuttur. Bu çalışmada belirsizlikleri incelemede etkili bir yöntem olan bulanık ilkeler kullanılmıştır ve bulanık ilkelerle yapı başına meydana gelen zararın tespiti için bir modelleme yapılmıştır. Herhangi bir bölgedeki, farklı tipteki ve konumdaki konutlar için zarar tahminleri yapılmıştır. Arazide çeşitli şekilde dağılı bulunan konutların yeri, taşkın oluşum periyodu ile tespit edilmiştir. Taşkın zarar hesaplarında, yapının arazideki yerinin önemli etkisi vardır.

4.1 Modelin Kurulması

Mühendislik çalışmalarında sosyal ve doğal olayları deterministik ve analitik modeller ile birlikte işlemek çoğu zaman mümkün değildir. Bunların modellenmesi için belirsizlik teknikleri gereklidir. Bugüne kadar ki analitik, olasılık, istatistik, stokastik,

dinamik modelleme teknikleri gibi bütün bilimsel metodolojiler genelde iki şey gerektirmiştir. Bunlardan birisi yapılan kabuller diğeri de sayısal verilerdir. Kabuller incelenen olayı mevcut bilgi ve metodolojilerle insanın kavrayabileceği en basit seviye indirmek içindir. Böylece kabuller temel bilgilerin, bazı önemli belirsiz bölümlerinin kaybolabilmesine neden olacak bir nevi filtrasyon etkisi gösterirler. Bu yüzden bu gibi sistemlerin modellenmesinde bulanık mantık ve sistem yaklaşımı daha önemli hale gelmektedir. Taşkın zararlarının hesaplanması konusunda şimdiye kadar yapılan bütün çalışmalarda bir çok kabuller yapılmıştır.

- Taşkın sularının hızı 0.3 m/sn 'yi aşmamaktadır.
- Buz çarpması bir etken değildir
- Sediment birikimi 1 cm veya daha azdır.
- Taşkın süresi 24 saat veya daha azdır
- Taşkın için önceden uyarı söz konusu değildir.

Bu çalışmada ise Bulanık İlkelerin sağladığı avantajlardan yararlanılarak hiçbir kabul yapılmamıştır. Bütün bu kabuller modelin içinde çözülmektedir. Mesela, iki yıllık taşkın bölgesindeki bir konuta dönüş aralığı 2yıl olan bir taşkın gelmesinden oluşacak zarar ile 25 yıllık taşkından etkilenen bölgedeki bir yere dönüş aralığı 25 yıl olan bir taşkın gelmesi ile oluşacak zarar, geçmişte yapılan çalışmalarda eşit alınmıştır. Bu çalışmada ise aynı durumda oluşacak zararlar farklı bulunmuştur. Çünkü dönüş aralığı 25 yıl olan bir taşkın hızı veya getireceği sediment miktarı 2 yıl olandan daha büyük olacak dolayısıyla meydana getireceği zararda daha fazla olacaktır.

Bulanık kümeler teorisi, kullanancuya verilerdeki kaçınılmaz belirsizlikleri de içermesini sağlar. Bu konudaki belirsizlik kaynakları, aşılma olasılığı-debi, aşılma olasılığı-seviye ve derinlik-zarar arasındaki ilişkilerdir. Bunlar tam anlamıyla doğru değildir ve belirsizlikler içermektedir. Bu ilişkilerdeki belirsizlikler, geçmişte yapılan çalışmaların çoğunda işlenmemiştir. Bulanık çıkarım, verilen girdi kümesinden çıktı kümesine bulanık kurallar yardımıyla bir ilişki kurar. Burada modellemenin esası bulanık kuralları oluşturmaktır. Bulanık sistemi kullanarak başarılı bir model oluşturmak için aşağıdaki adımlar gereklidir

- Yüksek, orta, düşük, eğri, hafif, sıcak, büyük, küçük v.b. gibi sözel alt kümelerle girdi ve çıktı değişkenlerini bulanıklaştırmak
- Uzman bilgisinden veya mevcut literatürden yararlanılarak kural tabanını oluşturmak. Kurallar girdi değişkenlerinin sözel alt kümelerini uygun çıktı alt kümelerinin sözel alt kümelerine bağlar. Herhangi bir bulanık kural “EĞER.....İSE” gibi iki bölümden oluşur. EĞER ile başlayan İSE’den önceki bölüm öncül kısım olarak adlandırılır. Bu bölüm girdi değişkenlerin alt kümelerini uyumlu bir şekilde eşleştirir ve sonra İSE bölümü çıkarım kısmı olarak karşımıza çıkar. Bu bölüm, öncül kısma bağlı olarak uygun çıktı alt kümelerinden oluşur. Öncül kısımdaki girdi kümeleri genelde mantıksal “ve” bağlacı ile bunun yanında kurallar ise mantıksal “veya” ifadesi ile birbirine bağlanır.
- Öncül kısmı baz alarak çıkarım kısmının şekillendirilmesi

Sonuçlar bulanık kümeler halinde çıkar ve mühendis veya yöneticiye gerekli olan değerın çıkarılması için çıktı kümesini durulaştırmak gereklidir. Çok sık olarak durulaştırma prosedürü, bu çalışmada da olduğu gibi sentroid metodu uygulanarak aşılır.

4.2 Üyelik Fonksiyonları ve Kurallar

Aynı özelliğe sahip nesnelerin bir arada toplanması ile kümeler oluşur. Keskin kümelerde bir nesne ya o kümeye aittir ya da ait değildir. Pratikte, bir nesnenin bir kümeye ait olma derecesi 1 olarak ve kümenin dışında ise 0 olarak kodlanır. Keskin kümelerde nesnenin kümeye ait olması veya olmaması açısından bir belirsizlik yoktur. Diğer yandan, günlük hayatta insanlar farklı özellikleri ile birbirine benzeyen nesneler ile karşılaşılır ve bu yüzden bunların 0 ve 1 üyelik dereceleri ile belli bir kümeye ait olmalarında belirsizlik ortaya çıkar. Benzer bazı nesneler kısmi olarak aynı kümeye ait olabilirler ama karar aşamasına gelindiğinde ait olma veya olmama konusunda belirsizlik ortaya çıkar. Böyle durumları ortadan kaldırmak için Zadeh (1968) keskin küme üyelik derecelerini 0 ile 1 arasında değişen değerlere göre genelleştirmiştir. Bulanık kümeler geleneksel küme teorisinin genelleştirilmiş halidir. Üyelik derecesi 1 olan bir nesne kümeye hiçbir şüphe olamayacak şekilde dahildir, 0 üyelik derecesine

sahip nesneler ise kümenin dışında kalırken 0 ile 1 arasında üyelik dercesine sahip olan nesneler kısmi olarak kümeye ait olacaklardır. Nesnelerin üyelik dereceleri arttıkça kümeye aitlikleri artacaktır. Bu tarzda herhangi bir bulanık sözel ifade bir bulanık küme olarak ifade edilebilir. Günlük yaşantımızda bir çok bulanık kelime kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır: iyi, standart, temiz, kirli, yüksek, alçak, kuru, ıslak, küçük v.b.

Tüm değişkenlerin bulanık alt kümeleri belirlendikten sonra, uygulamada 3 tane birbirinden bağımsız adım ortaya çıkar.

4.2.1 Bulanıklaştırma

Bütün taşkın olayları belirsiz karakterdedir. Bu yüzden taşkın periyodu birbirini tamamlayan sürekli alt kümelere bölünmüştür bu adım tüm taşkın zararına yol açan değişkenlere uygulanır.

4.2.2 Çıkarım

Bu adım, problemin amacına bağlı olarak çözümde yer alan değişkenleri sistematik olarak birbirine bağlar. Ashnda bu bölüm, problematik durumu modellemek için bir çok bulanık ifadeler içerir. Örneğin 3 tane girdi değişkeni X, Y,Z ve tek çıktı olan U birbiri ile alakalı ise, girdi değişkenlerinin alt kümesi çıktı değişkenleri alt kümesine bağlanabilir. Şartlı ifadeler, aşağıdaki şekilde klasik yaklaşımların tersine hiçbir eşitlik kullanmadan mantıksal olarak bağımlılığı ifade eder.

$K_1 : \text{EĞER } X \text{ } A(1) \text{ ve } Y \text{ } B(1) \text{ ve } Z \text{ } C(1) \text{ İSE } U \text{ is } D(1)$

AYNI ZAMANDA

$K_2 : \text{EĞER } X \text{ } A(2) \text{ ve } Y \text{ } B(2) \text{ ve } Z \text{ } C(2) \text{ İSE } U \text{ } D(2)$

AYNI ZAMANDA

$K_3 : \text{EĞER } X \text{ } A(3) \text{ ve } Y \text{ } B(3) \text{ ve } Z \text{ } C(3) \text{ İSE } U \text{ } D(3)$

AYNI ZAMANDA

.
.
.

AYNI ZAMANDA

$$K_n : \text{EĞER } X \text{ } A(n) \text{ ve } Y \text{ } B(n) \text{ ve } Z \text{ } C(n) \text{ İSE } U \text{ } D(n) \quad (4.1)$$

A(1), A(2),.....,A(n); B(1), B(2),.....B(n); C(1), C(2),.....C(n) bulanık girdi kümeleri, D(1), D(2),.....D(n), bulanık çıktı kümeleridir. $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ sözel girdiler ve çıktı değişkenleri arasında düşünülen bulanık şartlı ifadelerdir. Denklem (1) deki bulanık şartlı ifadeler. $K(X,Y,Z,U) = \text{AYNI ZAMANDA}(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n)$ şeklinde genelleştirilebilir. Burada AYNIZAMANDA ifadesi K_i yi $K(X,Y,Z,U)$ bulanık ilişkisine bağlayan bir bağlacı temsil eder ve K_i de i inci bulanık şartlı ifade tarafından belirlenen X, Y, Z ve U arasındaki bulanık ilişkiyi gösterir.

Eşitlik (4.1) deki bütün kurallar eldeki problem için geçerli olmayabilir. Girdilere bağlı olarak her bir kural farklı oranlarda tetiklenecektir. Bazı kurallar da hiçbir zaman tetiklenmeyecektir. Bu da bu kuralların incelenen olayla ilgisiz olduğu anlamındadır. Son çözüm olan bulanık küme, girdi alt kümesinin tetiklenen kurallarının birleşimi olacaktır. Bu çalışmada her bir tetiklenen kural için Mamdani (1977) çıkarım kuralları uygulanmıştır. Alt kümelerin birleşimi sonuç alt küme olacaktır. Notasyonel olarak yazılırsa;

$$DF = D^I(1) \vee D^I(2) \vee D^I(3) \dots \vee D^I(n) \quad (4.2)$$

$D^I(1), D^I(2), \dots, D^I(n)$ her bir kural için Mamdani çıkarımı bulanık alt kümelerdir. $\vee$ işareti mantıksal olarak “veya” yı; sözel terim olarak ise birleşimi veya bulanık alt kümelerin üyelik değerlerinin en büyüklemeğini gösterir.

4.2.3 Durulaştırma

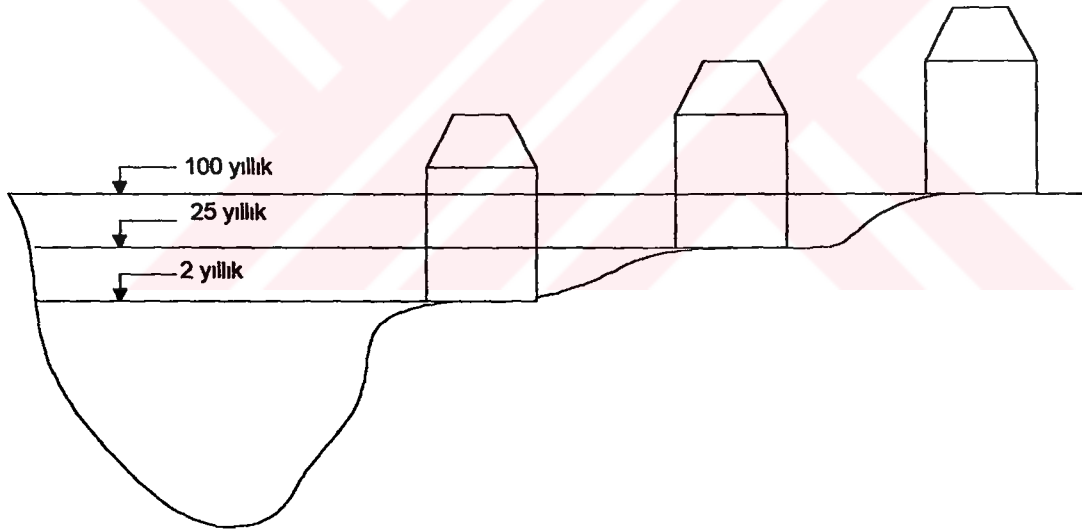
Bir önceki adımdan çıkan sonuç bulanık ifade şeklindedir. Çıktının kesin değerini hesaplayabilmek için durulaştırma metotlarından biri uygulanmalıdır

$$u = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \quad (4.3)$$

u sözel ifade şeklinde olan U bulanık kümesinin belirli bir değeridir. U_i üyelik fonksiyonunun maksimum üyelik derecesine ulaştığı destek değeri ve son olarak m ise bu destek elemanlarının sayısıdır. Bu çalışmada sentroid durulaştırma metodu kullanılmıştır.

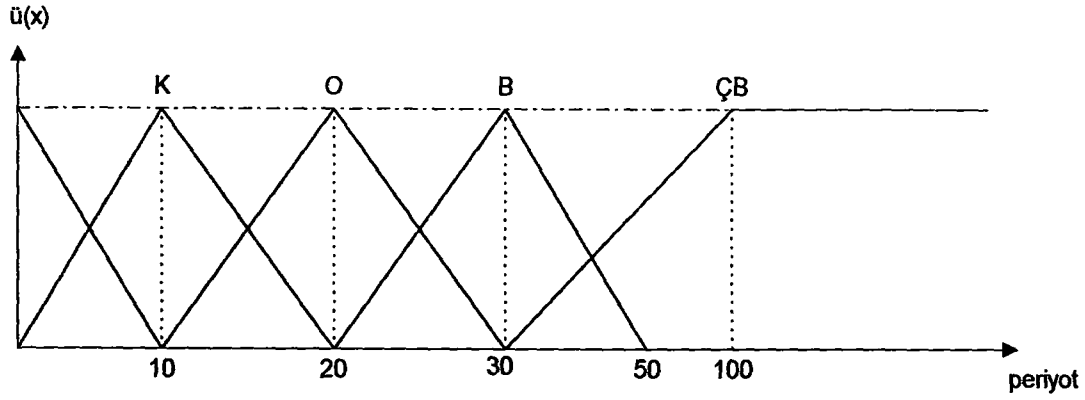
4.3 Veriler

Taşkınları verdiği zararı belirleyen en büyük parametre yapının arazideki yeridir. Zararın boyutları yapının nehirden olan yüksekliğine göre değişmektedir. Bu çalışmada yapının arazideki yerini belirlemek için taşkın dönüş periyotlarından yararlanılmıştır. Mesela zemin katında 25 yıllık dönüş aralığına sahip taşkın oluşuyor demek o yapının zemin kotu yüksekliği, 25 yıllık taşkın seviyesine denk geliyor demektir (Şekil 4.1).



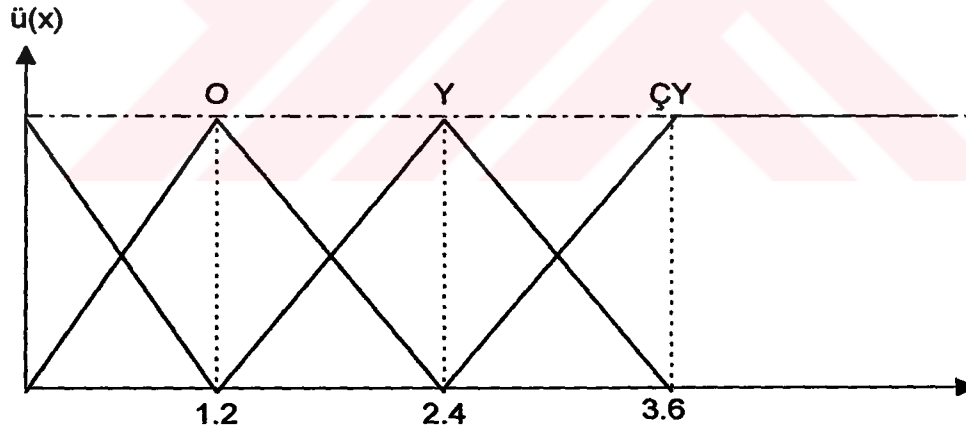
Şekil 4.1. Konutların arazideki yerlerinin taşkın dönüş periyotları ile eşlenmesi

Zemin katta taşkın oluşma periyodu 'çok küçük', 'küçük', 'orta', 'büyük', 'çok büyük' olmak üzere 5 bulanık alt kümeye ayrılmıştır. Bu değişkenin üyelik fonksiyonları Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Bu değişken 2 yıllık taşkın bölgesi ile 100 yıllık taşkın bölgesi arasında değişmektedir.



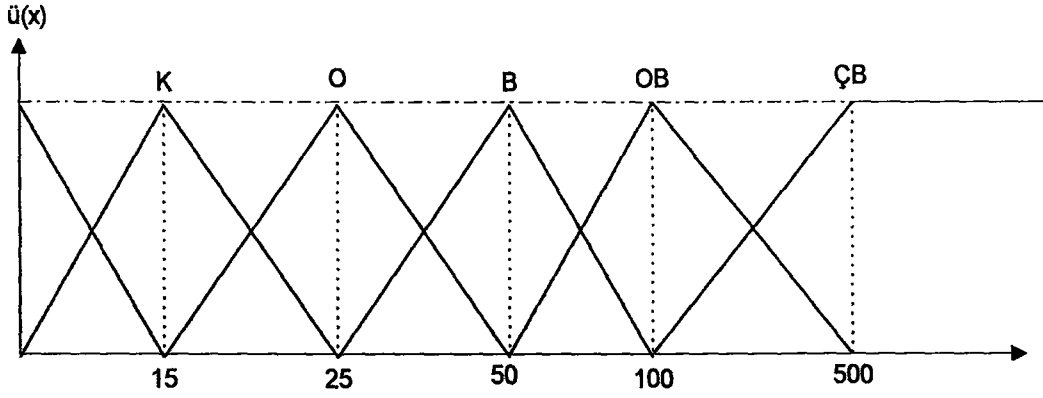
Şekil 4.2 Zemin katta taşkın oluşum periyodu üyelik fonksiyonları

Zarar oluşumuna etkiyen ikinci faktör ise çeşitli aşılma olasılıklarına karşı gelen taşkın seviyeleridir. Böyle bir değişkeni genelleştirmek için 100 yıl periyoda sahip taşkın seviyesinden 2 yıl periyoda sahip taşkın seviyesi çıkartılarak bulunan ve Taşkın Tehlike Faktörü (TTF) diye isimlendirilen bir değişken tanımlanmıştır. TTF değişkeni Şekil 4.3.'te gösterilen üyelik fonksiyonlarına sahiptir. 0.3 m ile 3.6m arasında tanımlanan bu büyüklük 4 bulanık alt kümeye bölünmüştür. Bunlar, 'düşük', 'orta', 'yüksek', 'çok yüksek' alt kümeleridir.



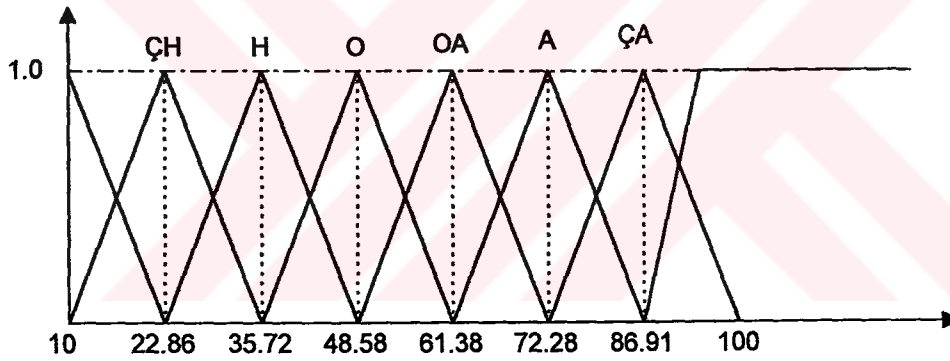
Şekil 4.3 T.T.F.(m) üyelik fonksiyonları

Gelen taşkınının büyüklüğü ise periyotları vasıtasıyla irdelenmiştir. Taşkın periyodu ne kadar fazla ise meydana getireceği zararda o kadar fazla olacaktır. 2 yıl ile 500 yıl arasında değişen periyoda sahip taşkınlar girdi olarak alınmıştır. 'çok küçük', 'küçük', 'orta', 'büyük', 'orta büyük', 'çok büyük' olmak üzere 6 tane bulanık alt kümeye ayrılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Periyot üyelik fonksiyonları

Bu modelin çıktısı olan zarar ise konut değerinin(yapı ve içindeki eşyalar) yüzdeliği olarak düşünülmüştür. Zarar konut tipine göre de değişmektedir. Tek katlı bodrumsuz bir yapı için bu modelde zarar yüzdesi %10 ile %100 arasında değişmektedir. 'eser miktar', 'çok hafif', 'hafif', 'orta', 'orta ağır', 'ağır', 'çok ağır', 'pek çok ağır' olmak üzere 8 adet bulanık alt kümeye bölünmüştür (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 % Zarar üyelik fonksiyonları

4.4 Model Sonuçları

Bütün girdileri düşündüğümüzde toplam $4 \times 5 \times 6 = 120$ adet kural karşımıza çıkmaktadır. Ama bu kuralların hepsi olayı temsil etmemektedir. Bazı girdilerde kuralların hiçbiri tetiklenmemektedir. Mesela 25 yıllık taşkından etkilenen bölgede bulunan bir yapı 2 yıl, 5 yıl, 10 yıl, 15 yıl, 20 yıl dönüş periyoduna sahip taşkınlardan bir zarar görmeyecektir. Bu kurallar çıkarıldığında geriye 104 tane kural kalmaktadır (Tablo 4.1.). Böyle bir bulanık sistem çok esnektir ve tam kesin olmayan veri türünü de işlememektedir. Kural tablosunda ikinci, üçüncü ve dördüncü kolonlar girdi

değişkenleri arasındaki kombinasyonları içermektedir. 5. kolon ise ona tekabül eden bulanık çıkarımlara denk gelmektedir. İkinci, üçüncü ve dördüncü kolonların arasında “ve” bağlacı vardır ve bu kolonlar EĞER deyiminden sonra İSE deyiminden önce gelmektedir. 5. kolon ise İSE deyiminden sonra gelmektedir.

Tablo 4.1 Kural tabanı

ZEMİN KATTA TAŞKIN PERYODU	TTF	PERYOT	ZARAR
Çokküçük	Düşük	Çokküçük	Eser Miktar
Çokküçük	Düşük	Küçük	Çokhafif
Çokküçük	Düşük	Orta	Hafif
Çokküçük	Düşük	Büyük	Orta
Çokküçük	Düşük	Çokbüyük	Ağır
Çokküçük	Orta	Çokküçük	Çokhafif
Çokküçük	Orta	Küçük	Hafif
Çokküçük	Orta	Orta	Orta
Çokküçük	Orta	Büyük	Ortaağır
Çokküçük	Orta	Çokbüyük	Çokağır
Çokküçük	Yüksek	Çokküçük	Hafif
Çokküçük	Yüksek	Küçük	Orta
Çokküçük	Yüksek	Orta	Ortaağır
Çokküçük	Yüksek	Büyük	Ağır
Çokküçük	Yüksek	Çokbüyük	Pekçokağır
Çokküçük	Çokyüksek	Çokküçük	Orta
Çokküçük	Çokyüksek	Küçük	Ortaağır
Çokküçük	Çokyüksek	Orta	Ağır
Çokküçük	Çokyüksek	Büyük	Çokağır
Çokküçük	Çokyüksek	Çokbüyük	Pekçokağır
Küçük	Düşük	Çokküçük	Eser Miktar
Küçük	Düşük	Küçük	Eser Miktar
Küçük	Düşük	Orta	Çokhafif
Küçük	Düşük	Büyük	Hafif
Küçük	Düşük	Çokbüyük	Ortaağır
Küçük	Orta	Çokküçük	Eser Miktar
Küçük	Orta	Küçük	Çokhafif
Küçük	Orta	Orta	Hafif
Küçük	Orta	Büyük	Orta
Küçük	Orta	Çokbüyük	Ağır
Küçük	Yüksek	Çokküçük	Çokhafif
Küçük	Yüksek	Küçük	Hafif
Küçük	Yüksek	Orta	Orta
Küçük	Yüksek	Büyük	Ortaağır
Küçük	Yüksek	Çokbüyük	Çokağır
Küçük	Çokyüksek	Çokküçük	Çokhafif
Küçük	Çokyüksek	Küçük	Hafif
Küçük	Çokyüksek	Orta	Orta

Küçük	Çokyüksek	Büyük	Ağır
Küçük	Çokyüksek	Çokbüyük	Pekçokağır
Orta	Düşük	Çokküçük	Eser Miktar
Orta	Düşük	Küçük	Eser Miktar
Orta	Düşük	Orta	Çokhafif
Orta	Düşük	Büyük	Hafif
Orta	Düşük	Çokbüyük	Ortaağır
Orta	Orta	Çokküçük	Eser Miktar
Orta	Orta	Küçük	Eser Miktar
Orta	Orta	Orta	Hafif
Orta	Orta	Büyük	Orta
Orta	Orta	Çokbüyük	Ağır
Orta	Yüksek	Çokküçük	Eser Miktar
Orta	Yüksek	Küçük	Çokhafif
Orta	Yüksek	Orta	Orta
Orta	Yüksek	Büyük	Ortaağır
Orta	Yüksek	Çokbüyük	Çokağır
Orta	Çokyüksek	Çokküçük	Eser Miktar
Orta	Çokyüksek	Küçük	Çokhafif
Orta	Çokyüksek	Orta	Orta
Orta	Çokyüksek	Büyük	Ortaağır
Orta	Çokyüksek	Çokbüyük	Çokağır
Büyük	Düşük	Orta	Çokhafif
Büyük	Düşük	Büyük	Orta
Büyük	Düşük	Çokbüyük	Ortaağır
Büyük	Orta	Orta	Çokhafif
Büyük	Orta	Büyük	Hafif
Büyük	Orta	Çokbüyük	Ortaağır
Büyük	Yüksek	Orta	Çokhafif
Büyük	Yüksek	Büyük	Orta
Büyük	Yüksek	Çokbüyük	Ağır
Büyük	Çokyüksek	Orta	Hafif
Büyük	Çokyüksek	Büyük	Ortaağır
Büyük	Çokyüksek	Çokbüyük	Çokağır
Çokbüyük	Düşük	Orta	Çokhafif
Çokbüyük	Düşük	Büyük	Çokhafif
Çokbüyük	Düşük	Çokbüyük	Hafif
Çokbüyük	Orta	Orta	Eser Miktar
Çokbüyük	Orta	Büyük	Hafif
Çokbüyük	Orta	Çokbüyük	Orta
Çokbüyük	Yüksek	Orta	Çokhafif
Çokbüyük	Yüksek	Büyük	Hafif
Çokbüyük	Yüksek	Çokbüyük	Ortaağır
Çokbüyük	Çokyüksek	Orta	Çokhafif
Çokbüyük	Çokyüksek	Büyük	Çokhafif
Çokbüyük	Çokyüksek	Çokbüyük	Ağır
Çokküçük	Düşük	Ortabüyük	Ortaağır
Çokküçük	Orta	Ortabüyük	Ağır

Çokküçük	Yüksek	Ortabüyük	Ağır
Çokküçük	Çokyüksek	Ortabüyük	Çokağır
Küçük	Düşük	Ortabüyük	Orta
Küçük	Orta	Ortabüyük	Ortaağır
Küçük	Yüksek	Ortabüyük	Ağır
Küçük	Çokyüksek	Ortabüyük	Çokağır
Orta	Düşük	Ortabüyük	Orta
Orta	Orta	Ortabüyük	Ortaağır
Orta	Yüksek	Ortabüyük	Ağır
Orta	Çokyüksek	Ortabüyük	Ağır
Büyük	Düşük	Ortabüyük	Hafif
Büyük	Orta	Ortabüyük	Orta
Büyük	Yüksek	Ortabüyük	Ortaağır
Büyük	Çokyüksek	Ortabüyük	Ağır
Çokbüyük	Düşük	Ortabüyük	Çokhafif
Çokbüyük	Orta	Ortabüyük	Hafif
Çokbüyük	Yüksek	Ortabüyük	Orta
Çokbüyük	Çokyüksek	Ortabüyük	Ortaağır

İki farklı tipteki konut için modelden çıkan sonuçlar Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’ te görülmektedir. Tablo 4.2 tek katlı ve bodrumsuz bir konut için, Tablo 4.3 ise tek katlı ve bodrumlu bir konut içindir. Tablolardan da görüldüğü gibi bodrumlu konutta, bodrumsuza nazaran daha büyük zarar yüzdeleri oluşmaktadır. Bodrum katı olan bir konutun zemin katına gelen taşkın suları, hem zemin kata hem de bodrum kata zarar verdiğinden dolayı bu fark doğmaktadır.

Tablo 4.2 Tek katlı bodrumsuz konut için zarar(yapısal ve iç) yüzdeleri

Zemin katta 2 yıllık taşkın							
PERİYOT	TTF (m)						
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2	14	19.7	22	22.9	29.3	35.7	48.4
5	18.5	24.4	25.7	26.3	33	39.2	51.9
10	21.8	26.6	29.5	30.5	36.6	43.3	61.3
15	22.9	27.5	31	35.7	42.1	48.5	61.3
25	35.7	40.4	43.9	48.5	54.9	61.4	74.1
50	48.5	53.2	56.7	61.4	67.8	74.3	86.9
100	62.1	66.9	70.3	74.9	75.2	75	86.9
500	74.3	78.9	82.4	87.1	88.8	95.9	95.9
Yıllık.Beklenen Zarar	10.65693	13.6917	15.0738	16.0745	19.828	23.54243	31.36387
Zemin katta 5 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5	19	24.6	25.5	25.5	31.9	34.2	41.6
10	21.8	26.6	29.3	29.3	35.4	37.6	44.5
15	21.8	26.6	29.6	30.6	36.7	43.4	50.8
25	30.6	35.3	38.1	43.4	49.6	56.3	63.6
50	43.4	48.2	51	56.3	62.4	69.1	81.8
100	57	61.7	64.5	69.8	69.5	75.1	86.9
500	69.1	73.9	76.7	82	83.3	89.9	95.2
Yıllık.Beklenen Zarar	5.211733	6.1989	6.657633	6.9597	8.108033	8.904333	10.4445
Zemin katta 10 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10	21.8	21.8	21.8	21.8	28.1	30.5	30.5
15	22.9	22.9	22.9	22.9	29.3	35.7	35.7
25	22.9	27.5	31	35.7	42.1	48.5	48.5
50	35.7	40.4	43.9	48.5	54.9	61.4	74.1
100	49.2	54	57.4	62.1	68.5	74.9	86.9
500	61.4	66.1	69.6	74.3	80.6	87.7	95.7
Yıllık.Beklenen Zarar	2.808567	3.0484	3.227167	3.466933	4.092067	4.6569	4.9874
Zemin katta 15 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							

10							
15	21.1	21.1	21.1	21.1	27.5	29.3	29.3
25	22.9	28.9	30.5	35.7	42.1	48.5	55
50	35.7	41	43.3	48.5	54.9	61.4	67.8
100	49.4	54.7	56.9	62.3	68.5	75.1	80.7
500	61.4	66.7	69	74.3	80.6	87.1	88.9
Yıllık.Beklenen Zarar	2.041367	2.329767	2.4306	2.699733	3.1114	3.467633	3.7729
Zemin katta 20 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25	22.9	27.5	31	35.7	42.1	48.5	48.5
50	35.7	40.4	43.9	48.5	54.9	61.4	61.4
100	49.2	54	57.4	62.1	68.5	74.9	74.9
500	61.4	61.1	69.6	74.3	80.6	87.1	87.1
Yıllık.Beklenen Zarar	1.4529	1.6114	1.7635	1.9406	2.1834	2.4285	2.4285
Zemin katta 25 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25	21.1	26.2	28.4	29.3	35.6	36.7	42
50	35.7	41	42.1	42.1	48.5	48.6	60.9
100	49.4	54.7	55.7	55.7	62	68.5	74.9
500	61.4	66.7	66.7	67.8	74.2	80.7	86.9
Yıllık.Beklenen Zarar	1.4367	1.6361	1.6836	1.697	1.9383	2.0353	2.3552
Zemin katta 30 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50	22.9	27.5	31	35.7	42.1	48.5	61.3
100	36.4	41.2	44.6	49.2	55.7	62.1	74.8
500	48.5	53.2	56.7	61.4	67.8	74.3	86.9

Yıllık.Beklenen Zarar	0.6361	0.7211	0.7832	0.8669	0.983	1.0986	1.3273
Zemin katta 50 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50	22.9	29.3	29.3	35.7	35.7	35.7	40.2
100	24.2	30.4	30.4	37	43.3	49.9	62.4
500	35.7	42.1	42.1	48.5	55	61.4	73.9
Yıllık.Beklenen Zarar	0.4751	0.5885	0.5885	0.7055	0.7882	0.8732	1.0582
Zemin katta 100 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50							
100	23.5	28.3	31.7	36.4	42.8	49.2	61.9
500	35.7	40.4	43.9	48.5	54.9	61.4	71.4
Yıllık.Beklenen Zarar	0.2368	0.2748	0.3024	0.3396	0.3908	0.4424	0.5332

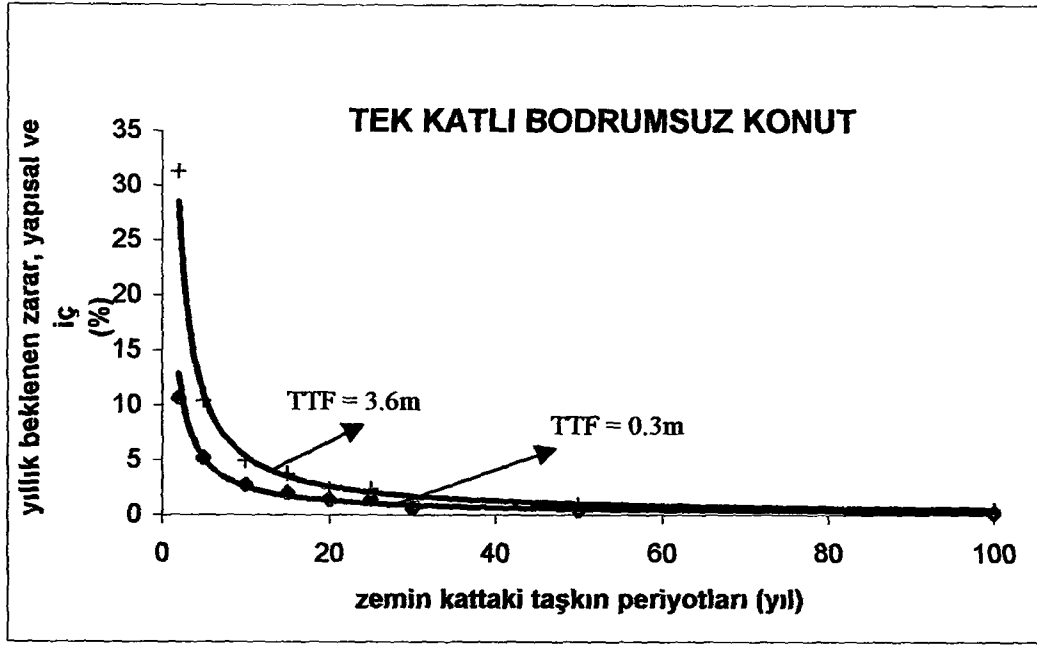
Tablo 4.3 Tek katlı ve bodrumlu bir konut için zarar (yapısal ve iç) yüzdeleri

Zemin katta 2 yıllık taşkın							
PERİYOT	T.T.F (m)						
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2	24.4	30.8	33.4	34.3	44.4	48.6	62.6
5	29.5	36	37.4	38.2	45.6	52.4	66.5
10	33.1	38.4	41.7	42.8	49.9	57	71.1
15	34.3	39.5	43.4	48.6	55.6	62.8	77
25	48.6	53.7	57.6	62.8	69.9	77.1	91.2
50	62.8	68	71.9	77.1	84.2	71.4	105
100	77.9	83.2	87	92.1	92.5	91.4	106
500	91.4	96.6	100	106	108	92.2	115
Yıllık.Beklenen Zarar	16.23837	19.5732	21.0775	22.17107	26.73317	29.9154	38.457
Zemin katta 5 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5	30	36.2	37.3	37.3	44.3	46.9	55.1
10	33.1	38.4	41.4	41.4	48.2	50.7	58.4
15	33.2	38.4	44.8	42.9	49.7	57.1	65.3
25	42.9	48.1	51.3	57.1	64	71.4	79.6
50	57.1	62.4	65.6	71.4	78.2	85.7	99.8
100	72.2	77.5	80.6	86.5	86.1	92.3	106
500	85.7	91	94.1	100	101	109	115
Yıllık.Beklenen Zarar	7.552767	8.641833	9.2518	9.493833	10.76457	11.6562	13.3756
Zemin katta 10 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10	25	31	33.1	33.1	40.1	42.8	42.8
15	28	32.5	33.4	34.3	41.4	48.6	48.6
25	34.3	39.5	43.4	48.6	55.6	62.8	62.8
50	48.6	53.7	57.6	62.8	69.9	77.1	91.2
100	63.6	68.9	72.7	77.9	85	92.1	106
500	77.1	82.3	86.2	91.4	98.5	106	115
Yıllık.Beklenen Zarar	3.6668	4.168133	4.429433	4.723367	5.415167	6.046067	6.41866
Zemin katta 15 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							

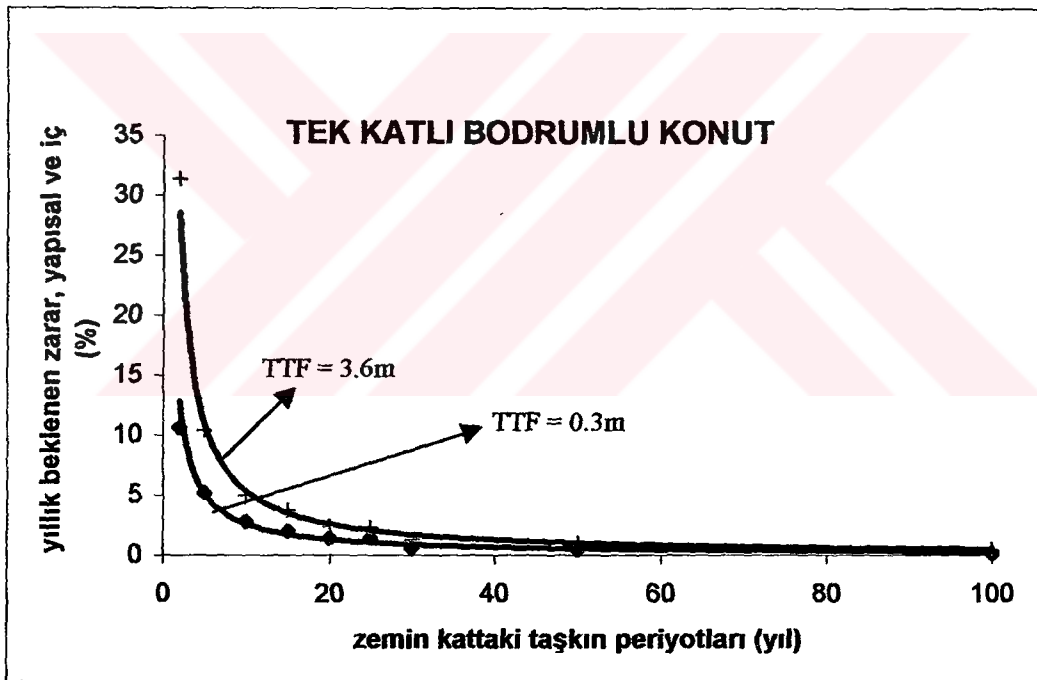
5							
10							
15	25.3	31.6	32.3	32.3	39.4	41.4	41.4
25	34.3	40.2	42.7	48.36	55.6	62.8	62.8
50	48.6	54.4	57	62.8	69.9	77.1	84.3
100	63.8	69.7	72.1	78.1	85	92.4	98.6
500	77.1	83	85.5	91.4	98.5	106	108
Yıllık.Beklenen Zarar	2.749267	3.134633	3.2729	115.2812	4.030167	4.429433	4.60123
Zemin katta 20 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25	34.3	39.5	43.4	48.6	55.6	62.8	62.8
50	48.6	53.7	57.6	62.8	69.9	77.1	77.1
100	63.6	68.9	72.7	77.9	85	92.1	92.1
500	77.1	82.3	86.2	91.4	98.5	106	106
Yıllık.Beklenen Zarar	1.9528	2.1498	2.2971	2.4947	2.7635	3.0374	3.0374
Zemin katta 25 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25	32.3	38	40.4	41.4	48.5	48.6	55.5
50	44.4	46.9	50.3	55.7	62.8	70	76.9
100	56.5	62.1	65.6.2	70.8	77.8	85	92.1
500	70	75.5	78.7	84.3	91.3	98.5	105
Yıllık.Beklenen Zarar	1.7775	1.9444	7.3791	2.2239	2.4924	2.695	2.9574
Zemin katta 30 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50	34.3	39.5	43.4	48.6	55.6	62.8	77
100	49.3	54.6	58.4	63.6	70.7	77.9	92

500	62.8	68	71.9	77.1	84.2	91.4	105
Yıllık.Beklenen Zarar	0.8664	0.9609	1.0302	1.1238	1.2511	1.3807	1.633
Zemin katta 50 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50	34.3	41.4	41.4	48.6	48.6	48.6	62.5
100	35.7	42.7	42.7	50	57	64.3	78.2
500	48.6	55.7	55.7	62.8	70	77.1	91
Yıllık.Beklenen Zarar	0.6872	0.8141	0.8141	0.9442	1.036	1.1301	1.3803
Zemin katta 100 yıllık taşkın							
	0.3	0.6	0.9	1.2	1.8	2.4	3.6
2							
5							
10							
15							
25							
50							
100	35	40.4	44.1	49.3	56.5	63.6	77.7
500	48.6	53.7	57.6	62.8	69.9	77.1	91.2
Yıllık.Beklenen Zarar	0.3344	0.3764	0.4068	0.4484	0.5056	0.5628	0.6756

Şekil 4.6 ve 4.7' de, yıllık beklenen zarar hesaplanırken taşkın bölgesinde yerleşimin ne kadar önemli olduğu grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafiklerden direkt olarak, konut tipi ve arazideki yeri verildiğinde, yıllık beklenen zarar hesaplanabilir. Mesela zemin katında 2yıl periyotlu bir taşkın olan ve TTF =0,3 m olan tek katlı bodrumsuz bir yapının tahmin edilen yıllık beklenen zararı değerinin 10.66%' sıdır. Aynı konut, zemin katında 30 yıl periyotlu bir taşkın olan bölgeye taşındığında yıllık beklenen zarar yüzdesi 0.63% olacaktır. Zemin katında 100 yıllık taşkın olan yer taşındığında ise yıllık beklenen zararı 0.24% olacaktır. Bütün bunlar, yapıyı 2 yıllık taşkından etkilenen bölgeden 30 yıllık taşkından etkilenen bölgeye taşıma ile yıllık beklenen zararda önemli bir azalma olacağını, fakat aynı durumun 30 yıllık bölgeden 100 yıllık bölgeye geçişte geçerli olmadığını gösterir.



Şekil 4.6 Taşkın bölgesindeki farklı mevkiiler için yıllık beklenen zararlar



Şekil 4.7 Taşkın bölgesindeki farklı mevkiiler için yıllık beklenen zararlar

Model sonuçları Johnson (1985) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile karşılaştırıldığında uyum sağlandığı gözlenmiştir (Tablo 4.5)

Tablo 4.4 Model sonuçlarının karşılaştırılması

TTF(m)	Model (Özger)	Model 2 (Johnson)
2 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	10.6	9.4
0.6	13.7	10.4
1.2	16.1	13.2
2.4	23.5	17.6
3.6	31.3	19.4
5 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	5.2	4.3
0.6	6.2	4.2
1.2	6.9	5.2
2.4	8.9	6.9
3.6	10.4	8
10 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	2.8	2.4
0.6	3	2.1
1.2	3.5	2.5
2.4	4.6	3.4
3.6	5	4.1
15 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	2	1.8
0.6	2.3	1.5
1.2	2.7	1.6
2.4	3.5	2.2
3.6	3.7	2.8
20 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	1.4	1.4
0.6	1.6	1.1
1.2	1.9	1.2
2.4	2.4	1.7
3.6	2.4	2.1
25 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	1.5	1.1
0.6	1.7	0.9
1.2	1.7	0.9
2.4	2	1.3
3.6	2.3	1.6
30 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	0.6	1
0.6	0.7	0.7
1.2	0.9	0.8
2.4	1	1.1
3.6	1.3	1.3
50 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	0.5	0.6
0.6	0.6	0.64
1.2	0.7	0.5

2.4	0.9	0.6
3.6	1	0.8
100 yıllık taşkın zemin katta		
0.3	0.2	0.3
0.6	0.3	0.2
1.2	0.3	0.2
2.4	0.4	0.3
3.6	0.5	0.3



5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

30 yıllık taşkından etkilenen bölgedeki yapılarda meydana gelen yıllık beklenen zarar ile bu bölge dışındaki zararlar büyük farklılıklar göstermektedir. 30 yıllık taşkından etkilenen bölgede meydana gelen zararlar büyük olduğundan bu bölge, buranın dışında kalan bölgeye göre, taşkın havzası yönetimi açısından, alınacak önlemler için ekonomik fizibiliteye daha çok katkıda bulunur.

Bulanık mantıkla sistemi oluşturulan modelden bulduğumuz sonuçlar ile yapacağımız çıkarımları aşağıdaki ana başlıklar altında toplayabiliriz.

Bir taşkın kontrol projesinin ekonomik fizibilite tahminlerine basit olarak, konutların taşkın bölgesindeki yeri açısından bir yaklaşımda bulunula bilinir. Taşkın kontrol projelerinin ekonomik fizibilitesinden bahsetmek için 30 yıllık taşkından etkilenen bölgede önemli sayıda konut bulunması gerekir. Yıllık beklenen zarar 30 yıllık taşkından etkilenen bölgede büyük çıkarken, bu bölgenin dışında çok daha küçük çıkmaktadır. Sonuç olarak, çoğu konutu 30 yıllık taşkından etkilenen bölgenin dışında kalan bir taşkın bölgesi için, taşkın kontrol projesi büyük ihtimalle ekonomik fizibilite açısından uygun olmayacaktır. Fakat 30 yıllık taşkından etkilenen bölgesinde özellikle 15 yıllık taşkından etkilenen bölgesinde çok sayıda konut bulunan havzalarda ekonomik fizibilite açısından uygunluk sağlanacaktır. Ekonomik fizibiliteyi sağlayacak konut sayısı, zarara uğrayacak mülkiyet değerine göre de değişecektir.

Sık sık hasar gören taşkın bölgelerindeki konutlar, bu bölgelerden taşınarak yıllık beklenen zarar düşürülebilir ve böylece potansiyel taşkın kontrol projelerinin ekonomik fizibilitesi azaltılabilir. En büyük zararlar 30 yıllık taşkından etkilenen bölgesinde olduğu için, konutlar bu bölge dışına çıkartılarak potansiyel zarar minimuma indirilir.

30 yıllık taşkından etkilenen bölgenin dışında kalan tek katlı konutlar için yıllık beklenen zararlar, taşkın periyodunun, taşkın tehlike faktörünün ve konumun değişimine neredeyse bir tepki göstermemektedir. Bu ise taşkının etkilerinin bu

bölgede gitgide azaldığını göstermektedir. Taşkın havzası yönetim planları değerlendirilirken bu durum da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bulanık ilkelerle hesaplanan sonuçlar istatistiksel yöntemlerle hesaplanan sonuçlara nazaran daha gerçekçidir. Çünkü istatistiksel yöntemde modelin kurulması için gerekli verilerin elde edilmesinde yapılan yanlış ölçümler ve yöntem yanlışlıkları hata limitlerini artırmaktadır. İstatistiksel olarak elde edilen verilerde her zaman için belirsizlikler mevcuttur. Ayrıca bu yöntemlerle yapılan çalışmada yapılan kabuller bazı temel bilgilerin kaybolmasına yol açmaktadır. Bulanık bir sistem ile yapılan modelleme ile o bölgedeki kişilerden alınan sözel ifadeler işlenerek daha gerçekçi sonuçlar bulunabilir. Verinin olmadığı yerde istatistiksel yöntemler kullanılamaz iken bulanık sistemler ile rahatlıkla model kurulabilir. Ayrıca bulanık sistemde hiçbir kabule gerek yoktur. Bu yöntem her ne kadar geliştirilmiş ise de bulanık sistemlerin esnekliğinden yararlanarak, bölgesel tahminler yapılabilir. Bölgede bulunan uzman kişilerden ve halktan alınan veriler ve sözel bilgiler ile model çok rahatlıkla yeni duruma adapte edilebilir. Oluşacak zararın önceden tahmin edilmesi açısından da oldukça kullanışlıdır. Her türlü durumda yapılan ön çalışmalar için gayet güvenilir bir yaklaşım sağlamaktadır.

Bu çalışma ile potansiyel taşkın zararları hızlı bir şekilde belirlenebilir. Bu modelin diğer kullanım alanları hakkında aşağıdaki öneriler yapılabilir.

- Farklı arazi kullanımları için potansiyel taşkın zararları belirlenebilir
- Taşkından en büyük zarar görecekt alan belirlenerek yardım planları ona göre yapılabilir.
- Arazi kullanım şekillerinin zarar üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Taşkından çok fazla etkilenmeyecek bölgelere taşkın koruma yapıları yapılmasının ekonomik olmayacağı gösterilebilir.

Bu model sadece meskun bölgelerdeki zararı tahmin için tasarlanmıştır. Ticari, endüstriyel ve tarım zararları bu modelin dışında kalmaktadır.

KAYNAKLAR

A) Kitap ve Kitap Bölümleri

- ASCE**, 1995. Hydrology Handbook (Second Edition), ASCE Press, New York
- Mays, L.W. and Tung, Y-K.**, 1992. Hydrosystems Engineering and Management, McGraw Hill, N.Y.
- Beyazit, M.**, 1994. Su Kaynaklari Sistemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası İstanbul
- Devlet Su İşleri**, 1998. Türkiye Akarsu Havzaları Taşkın Yıllığı, VIII Cilt, DSİ Matbaası, Ankara.
- Devlet Su İşleri**, 1994. Türkiye Akarsu Havzaları Maksimum Akımlar Frekans Analizi (MAFA), VIII Cilt, DSİ Matbaası, Ankara
- Federal Emergency Management Agency**, 1983. Flood Insurance Study, Town of Normal, Illinois, McLean 64, Washington, D.C.
- Fread, D.L.**, 1988. The NWS DAMBRK model: theoretical background\ user documentation, National Weather Service, NOAA, Silver Spring, MD.
- Maidment, D and Djokic, D.**, 2000. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with GIS, ESRI, California.
- International Commission on Large Dams (ICOLD)**,1973. Lesons from Dam Incident, Abridged Edition, U.S. Committee on Large Dams, Boston, M.A.
- James, L.D. and Lee, R.R.**, 1971.Economics of Water Resources Planning, McGraw Hill Book Co, New York
- Savcı, E.**, Taşkın Kontrolü Ders Notları, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Şen, Z.**,1999.Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- U.S. Department of Agriculture (USDA)**, 1976. WSP2 computer program, a water surface profile program for determining flood elevation and flood areas for certain flood, Soil Conservation Service, Washington, D.C.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 1991. HEC-2 Water Surface Profile users manual, Hydrologic Engineering Center, Davis.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE), 1988.Expected Annual Flood Damage Computaion, Hydrologic Engineering Center, Davis.

B) Tezler

Doğanoğlu, V.İ., 2000, Coupling of GIS with a Hydraulic Model for Flood Inundation Mapping, *Ms of Science Thesis*, METU, Ankara

C) Süreli Dergilerdeki Makaleler

Appelbaum,S.J., 1985. Determination of Urban Flood Damages, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol.111, No.3, July, pp:269-283

Breaden, J.P., 1973. The generation of flood damage time sequences, University of Kentucky, *Water Resource Instute*, Paper No.32

Boyle, S.J., Tsanis, I.K., Kanaroglou, P.S., 1998. Developing Geographic Information System For Land Use Impact Assessment an Flooding Conditions, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol.124, No.2, March\April, pp:89-98

Debo, T.N., 1982. Urban Flood Damage Estimation Curves, *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, Vol.108, No.HY10, October, pp:1059-1069

Johnson, W.K., 1985. Significance of Location in Computing Flood Damage, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol.111, No.1, January, pp:65-81

Kadioğlu, M., Tulunay, Y., Borhan, Y.,1999. Variability of Turkish Precipitation Compared to El-Nino Events, *Geophysical Research Letters*

Kates, R.W., 1965.Industrial Flood Losses damage Estimation in LehighValley, University of Chicago, Research Paper No.98, Chicago, IL.

- Mamdani, E.H. and Assilian, S., 1975.** An Experiment in Linguistic synthesis with a Fuzzy Logic Controller, *Int. J. Man Mach. Studies*, 7, 1, pp 1-3.
- Mcbean, E.A., et al, 1988.** Flood Depth-Damage Curves By Interview Survey, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol.114, No.6, November, pp:613-634
- Plazak, D.J., 1986.** Flood control benefits revisited, *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol.112, No.2, pp:265-276
- Şen, Z. and Altunkaynak, A.,2001.** Fuzzy System Modeling of Water Consumption Prediction, submitted to *Journal of Water Research*
- Şen, Z., 1998.**Fuzzy algorithm for estimation of solar irradiation from sunshine duration, *Solar Energy*, Vol. 63, No. 1,pp. 39-49.
- Şen, Z., 1980.** Statistical Analysis of Hydrologic Critical Droughts, *ASCE, J. Hydr. Engrg. Div.*, Vol. 106, No. HY1, 99, 115, 1503-1514
- Şen, Z., 1977.**Run Sums of Hydrological Time Series, ASCE, *J. Hydr*, Vol. 33, No. 1
- Takagi , T. and Sugeno, M.,1985.** Fuzzy Identification of Systems and its Application to Modeling and Control, *IEE Trans on Systems, Man and Cybern, Information and Control*, 8, pp. 338-353.
- Zadeh, L.A., 1965.** Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8, no. 2, pp 338-353
- Zadeh, L.A., 1968.** Fuzzy Algorithms, *Information and Control*, 12, no. 2, pp 94-102.

D) Akademik Konferanslarda Yayınlanmış Bildiriler

- Altunkaynak, A. ve Şen, Z., 2001.** İçme Suyu Sarfiyatının Bulanık İlkelerle Modellenmesi, *1. Türkiye Su Kongresi*, 8-10 Ocak 2001, İstanbul.
- Altunkaynak, A. ve Özger, M., 2001.** Meskun bölgelerdeki taşkın zararlarının hesaplanması için yöntemler, *1. Türkiye Su Kongresi*, 8-10 Ocak 2001, İstanbul.
- Kadioğlu, M. and Şen, Z., 1997.** Simple Flood Calculations in Urbanised regions and Gebze Application, *Meteorological Natural Disaster Symposium*, 7-9 October 1997 DSİ, Ankara, pp. 156-173 (in Turkish)

E)Raporlar

Parker, D.J. and Penning-Roswell, E.C., 1972. Problems and Methods of flood damage Assessment, Flood Hazard Project Progress Report No.3, Enfield College.

Şen, Z., 2000. General Flood Causes and Evaluation in Turkey, Unpublished Report, Technical University of İstanbul, İstanbul.



ÖZGEÇMİŞ

GENEL

Kayseri (Merkez)

01/04/1978

EĞİTİM

1988-1995	T.E.D. Kayseri Koleji	Kayseri
▪ Ortaokul		
▪ Lise		
1995-1999	İstanbul Teknik Üniversitesi	İstanbul
▪ Lisans, İnşaat Mühendisliği		
1999-	İstanbul Teknik Üniversitesi	İstanbul
▪ Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Mühendisliği		

YABANCI DİLLER

İngilizce (KPDS : 71)

Almanca (Orta)

BİLGİSAYAR

C Bilgisayar Programlama Dili

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ile Modelleme

Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks) ile Modelleme

Microsoft Office Uygulamaları

YAYIN

“ Meskun Bölgelerde Taşkın Zararlarının Hesaplanması için Yöntemler”,
2001, 1. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak, İstanbul

SOSYAL ETKİNLİKLER

8-10 Ocak 1. Türkiye Su Kongresi Sosyal Etkinlikler Kurulu Üyesi

22 Mart Dünya Su Günü Paneli Sosyal Etkinlikler Kurulu Üyesi

Bulanık Mantık ve Teknolojisi Kulübü (İTÜ) üyesi