

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BULANIK
MANTIK YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mehmet Ali YILDIZ
DANIŞMAN: Doç. Dr. Barış ERDİL

VAN-2022

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BULANIK
MANTIK YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Mehmet Ali YILDIZ

VAN-2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Doç. Dr. Barış ERDİL danışmanlığında, Mehmet Ali YILDIZ tarafından sunulan “Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Belirlenmesi” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 30/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Furkan BİRDAL

İmza:

Üye: Doç. Dr. Barış ERDİL

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hasan DİLBAS

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Ali YILDIZ



ÖZET

BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

YILDIZ, Mehmet Ali
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Barış ERDİL
Ağustos 2022, 77 sayfa

Bu çalışmada 2011’de Van’da meydana gelen depremde etkilenen 146 bina 2002’de Afyon’da meydana gelen depremde etkilenen 18 bina ve 2003’te Bingöl’de meydana gelen depremde etkilenen 28 binaya ait veriler dikkate alınmış ve toplamda 192 bina kullanılmıştır. Kullanılan bu binaların 94 adedi veri olarak girilip 98 adedi test edilmiştir. Çalışma Matlab programını kullanarak bulanık mantık yöntemi ile ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine benzer olarak betonarme binalarının mevcut deprem performansını hızlı bir şekilde tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu tez kapsamında betonarme binaların deprem performansları bilgisayar ortamında bulanık mantık yöntemi ile binalara ait kat sayısı, beton basınç dayanımı, zemin kat alanı, düşey taşıyıcı elemanların zemin kat alanına oranı ve mimari parametreler temel alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen binalar bu parametreler çerçevesinde yıkılmış, ağır hasarlı, orta hasarlı ve hafif hasarlı olarak binanın mevcut hasar durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kullanılan binaların %86.9’unun hasar durumu doğru tahmin edilmiştir. Bulanık mantık yöntemi ile binaların deprem performansının bulunması için yapılan çalışmanın karşılaştırılan Hassan ve Sözen Yöntemi (1997), Tezcan ve ark. Yöntemi (2011), JBDPA Yöntemi (2001), Otani Yöntemi (2000) ve Yakut Yöntemi (2004) gibi ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Betonarme bina, Bulanık mantık, Deprem performansı.

ABSTRACT

DETERMINING THE SEISMIC PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS BY FUZZY LOGIC METHOD

YILDIZ, Mehmet Ali
MSc, Thesis, Civil Engineering Department
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Barış ERDİL
August 2022, 77 pages

In this study, the data of 146 buildings affected by the earthquake in Van in 2011, 18 buildings affected by the earthquake in Afyon in 2002 and 28 buildings affected by the earthquake in Bingöl in 2003 were taken into account. A total of 192 buildings were used in the study. 94 of these buildings were utilized as data and 98 of them were tested. The study aims to quickly detect the seismic performance of reinforced concrete buildings using the fuzzy logic method by using Matlab program, similar to the second-level evaluation methods. Within the scope of this thesis, seismic performances of reinforced concrete buildings have been tried to be determined in computer environment by using fuzzy logic method, based on the number of floors, concrete compressive strength, ground floor area, the ratio of vertical load-bearing elements to the ground floor area and architectural parameters. The buildings examined were demolished within the framework of these parameters, and the usage status of the building was tried to be determined as severely damaged, moderately damaged and slightly damaged. The damage status of 86.9% of the buildings used in this study was predicted correctly. It has been observed that the proposed method gives more accurate results than the second-stage evaluation methods such as the Hassan and Sözen Method (1997), JBDPA Method (2001), the Otani Method (2000), Yakut Method (2004) and Tezcan et al. (2011).

Keywords: Fuzzy logic, Reinforced concrete building, Seismic performance.



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Barış ERDİL'e, desteklerinden dolayı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hasan DİLBAS'a, Van YYÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde bulunan hocalarıma, çalışma boyunca yanımda olan aileme ve Merve Nurşen KAZAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2022

Mehmet Ali YILDIZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
EKLER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı	3
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Bulanık Mantık	5
2.1.1. Zadeh'in bulanık mantık ilkeleri	6
2.2. Bulanık Kümeler	6
2.3. Üyelik Fonksiyonları Özellikleri	8
2.3.1. Destek kümesi	9
2.3.2. Öz kümesi	9
2.3.3. Sınır kümesi	9
2.3.4. Geçiş noktası kesim noktası	9
2.3.5. Yükseklik	10
2.3.6. Normallik	10
2.3.7. Dışbükey ve içbükey	10
2.4. Üyelik Fonksiyonları	11
2.4.1. Üçgen üyelik fonksiyonu	11
2.4.2. Yamuk üyelik fonksiyonu	12
2.4.3. Gauss üyelik fonksiyonu	12
2.4.4. Sigmoidal üyelik fonksiyonu	13
2.4.5. S üyelik fonksiyonu	14
2.5. Bulanık Sayılar	14
2.5.1. Üçgen bulanık sayı	15

	Sayfa
2.5.2. Yamuk bulanık sayı	15
2.5.3. LR tipi bulanık sayılar	15
2.6. Bulanık Çıkarım Sistemleri	16
2.6.1. Bulanıklaştırma.....	17
2.6.2. Kural tabanı	18
2.6.3. Çıkarım birimi	18
2.7. Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım	18
2.8. Takagi – Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım.....	19
2.9. Durulaştırma	21
2.9.1 En büyüklerin ortalaması yöntemi.....	21
2.9.2. Ağırlık merkezi yöntemi.....	22
2.9.3. En büyük üyelik derecesi.....	22
2.10. Bulanık Mantık ile İnşaat Mühendisliği Alanında Yapılan Çalışmalar	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. İncelenen binaların genel özellikleri.....	27
3.1.2. Bina kat sayıları (n) ile hasar ilişkisi.....	28
3.1.3. Beton basınç dayanımı (f_{ck}) ile hasar ilişkisi.....	29
3.1.4. Zemin kat alanı ile hasar ilişkisi	30
3.1.5. Düşey taşıyıcı eleman alanları ile hasar ilişkisi.....	31
3.1.6. Düzensizlik durumları	32
3.1.6.1. Yumuşak/Zayıf kat düzensizliği.....	33
3.1.6.2. Kısa kolon.....	34
3.1.6.3. Ağır çıkma	35
3.1.6.4. Çerçeve düzensizliği.....	36
3.1.6.5. Burulma düzensizliği.....	36
3.2. Yöntem	37
3.2.1. Beton basınç dayanımı (f_{ck}) için puanlama	38
3.2.2. Zemin kat alanı için puanlama.....	38
3.2.3. Düşey taşıyıcı elemanlarının alanlarının zemin kat alanına oranı için puanlama.....	39
3.2.4. Kat sayısının için puanlama.....	40

	Sayfa
3.2.5. Mimari parametreler için puanlama.....	41
3.2.6. Sonuç üyelik fonksiyonu	42
3.3. Kuralların Oluşturulması	42
4. TARTIŞMA VE BULGULAR.....	45
4.1. Hassan ve Sözen Yöntemi Sonuçları.....	46
4.2. Tezcan ve Ark. Yöntemi Sonuçları	47
4.3. JBDPA Yöntemi Sonuçları.....	48
4.4. Otani Yöntemi Sonuçları	49
4.5. Yakut Yöntemi Sonuçları	49
4.6. MVP Yöntemi Sonuçları	50
4.7. Bulanık Mantık Yöntemi Sonuçları.....	50
4.7.1. Üyelik fonksiyonlarının seçimi.....	51
4.7.2. Fonksiyon aralıklarının belirlenmesi	53
4.7.3. Durulaştırma yönteminin belirlenmesi	59
4.8. Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.....	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR.....	65
EKLER	71
ÖZ GEÇMİŞ.....	77

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. 1990-2020 arasında meydana gelen bazı büyük depremler (AFAD, 2022; KRDEA,2022)	1
Çizelge 1.2. 1992-2011 arası meydana gelen depremlere ait ekonomik kayıplar (Şahin ve Kılınç 2016).	2
Çizelge 4.1. Hassan ve Sözen (1997) Yönteminde kullanılan parametreler	46
Çizelge 4.2. Tezcan ve ark. (2011) Yönteminde kullanılan parametreler	47
Çizelge 4.3. Japon Sismik İndeksinde kullanılan parametreler	48
Çizelge 4.4. Otani Yöntemi (2000)'de kullanılan parametreler	49
Çizelge 4.5. Yakut (2004) Yönteminde kullanılan parametreler	49
Çizelge 4.6. (Erdil ve Ceylan 2018) MVP 2 Yönteminde kullanılan parametreler	50
Çizelge 4.7. Bulanık Mantık Yönteminde kullanılan parametreler	51
Çizelge 4.8. Fonksiyonlara ait veri aralıkları	53
Çizelge 4.9. Üyelik fonksiyonlarının değerlerinin arttırılması sonucunda elde edilen değerler	54
Çizelge 4.10. Üyelik fonksiyonlarının değerlerinin düşürülmesi sonucu ile elde edilen değerler	55
Çizelge 4.11. Mevcut çalışmalar ile bulanık mantık yönteminin karşılaştırılması	61



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bulanık küme mantığına göre uzun boy.....	7
Şekil 2.2. Klasik küme mantığına göre uzun boy.....	7
Şekil 2.3. Üyelik fonksiyonlarının kısımları (Şen, 2020).....	8
Şekil 2.4. a)Normal bulanık küme b) Normal olmayan bulanık küme c) Dışbükey küme d)İçbükey küme (Bojadziev, G. ve Bojadziev, M. 1995).....	10
Şekil 2.5. Üçgen üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).....	11
Şekil 2.6. Yamuk üyelik fonksiyonu (Chen ve ark., 2005)	12
Şekil 2.7. Gauss üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002)	13
Şekil 2.8. Sigmoidal üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).....	13
Şekil 2.9. S üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002)	14
Şekil 2.10. LR tip bulanık sayılar (Kaya, 2020).....	16
Şekil 2.11. Bulanık sistemlerin çalışma yapısı (Uygunoğlu ve ark., 2005)	17
Şekil 2.12. Bulanık minimizasyon ve maksimizasyon operatörlerini kullanan Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi (Akyılmaz, 2005).	19
Şekil 2.13. Takagi-Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi (Baykal ve Beyan,2004).....	20
Şekil 2.14. En büyüklerin ortalaması yöntemi (Akkaptan, 2012)	21
Şekil 2.15. Ağırlık merkezi yöntemi (Karadavut ve Akkaptan, 2012).....	22
Şekil 2.16. En büyük üyelik derecesi yöntemi (Akkaptan, 2012)	22
Şekil 3.1. Çalışmada incelenen bina kat sayıları	28
Şekil 3.2. Bina kat sayısı ile hasar yüzdeliği	29
Şekil 3.3. Binalara ait beton basınç dayanım sınıfı (f_{ck})	30
Şekil 3.4. Binalara ait beton basınç dayanımına göre hasarları.....	30
Şekil 3.5. Bina sayısı ile zemin katı alan ilişkisi	31

Şekil 3.6. Zemin kat alanı (<i>Afloor</i>) ile hasar ilişkisi.....	31
Şekil 3.7. Binalardaki ($Ac + Asw$)’nin toplam zemin kat alanına oranı	32
Şekil 3.8. ($Ac + Asw$)’nin toplam zemin kat alanına oranı ile hasar ilişkisi	32
Şekil 3.9. Yumuşak kat düzensizliği (Altıntop, Akış, Güneş 2007).....	34
Şekil 3.10. Kısa kolon oluşumu (TBDY, 2018)	34
Şekil 3.11. Ağır çıkma bulunan bir yapı (Özmen, 2005)	35
Şekil 3.12. Çerçeve süreksizliği (İnel ve ark., 2009).....	36
Şekil 3.13. Burulma düzensizliği (TBDY, 2018)	37
Şekil 3.14. Bulanık mantık sistemi.....	37
Şekil 3.15. Beton basınç dayanımı üyelik fonksiyonu	38
Şekil 3.16. Zemin kat alanı üyelik fonksiyonu.....	39
Şekil 3.17. Zemin katta bulunan toplam kolon ve perde duvar alanının zemin kat alanına oranına ait üyelik fonksiyonu	40
Şekil 3.18. Kat sayısına ait üyelik fonksiyonu	40
Şekil 3.19. Mimari parametrelere ait üyelik fonksiyonu	41
Şekil 3.20. Sonuç üyelik fonksiyonu	42
Şekil 4.1. Ele alınan binalar için Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018)	46
Şekil 4.2. Ele alınan binalar için Tezcan ve ark. (2011) Yöntemi sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018).....	47
Şekil 4.3. JBDPA Yöntemi (2001) sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018).....	48
Şekil 4.4. Gauss üyelik fonksiyonları kullanılarak elde edilen bulanık mantık sonuçları	52
Şekil 4.5. Trapez üyelik fonksiyonu kullanılarak elde edilen bulanık mantık sonuçları	52

Şekil 4.6. Sisteme ait üyelik fonksiyonlarının değerlerin arttırılması sonucu binalardaki hasar durumları	54
Şekil 4.7. Üyelik fonksiyonunun sınır değerlerinin düşürülmesi ile elde edilen sonuçlar	56
Şekil 4.8. Beton basınç dayanımına ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar	56
Şekil 4.9. Zemin kat alanına ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar ..	57
Şekil 4.10. $(A_c + A_{sw})/A_{ft}$ 'ye ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar ..	58
Şekil 4.11. Kat sayısına ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar	58
Şekil 4.12. Yumuşak kat düzensizliğinin sisteme etkisinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar	59
Şekil 4.13. Alan açığortay yönteminin kullanılması ile elde edilen sonuçlar	60



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklama

A_c	Zemin katta bulunan toplam kolon kesit alanı
A_{floor}	Zemin kat alanı
$\sum A_{ft}$	Toplam zemin kat alanı
A_{sw}	Zemin katta bulunan toplam perde duvar kesit alanı
f_{ck}	Betonun karakteristik basınç dayanımı
m^2	Metrekare
n	Bina kat adedi

Kısaltmalar

Açıklama

ABYYHY, 1998	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BM	Bulanık Mantık
DBYBHY, 2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007
FEMA	Federal Acil Durum Yönetim Kurumu
DHR	Düşük Hasar Riski
MPa	Megapascal
TBDY, 2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018
YHR	Yüksek Hasar Riski



EKLER DİZİNİ

	Sayfa
Ek 1. Kullanılan trapez üyelik fonksiyonları.....	71
Ek 2 Üyelik fonksiyonlarının aralık değerlerinin arttırılması ile elde edilen üyelik fonksiyonları.....	71
Ek 3. Üyelik fonksiyonlarının aralık değerlerinin azaltılması ile elde edilen üyelik fonksiyonları.....	71
Ek 4. Yumuşak kat düzensizliğinin diğer düzensizlik durumlarına göre etkisini arttırılması ile elde edilen üyelik fonksiyonu	72



1. GİRİŞ

İnsanlar var olduğundan beri çeşitli doğal afetlerle karşı karşıya kalmışlardır. Bunlardan biri de depremlerdir. Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsması ile depremler oluşur.

Yeryüzünün yaşlı ve stabil olan kısımlarında depremler nadiren görülür ya da hafif ve hissedilmeyecek şekilde görülebilir. Bu tür yerlere Avrupa ve Asya'nın kuzeyi, Kuzey Amerika'nın kuzeydoğusu, Brezilya masifi, Orta Afrika ve Avustralya gibi araziler örnek olarak verilebilir. Buna karşın, yeryüzünün genç ve hareketli yerleri olan Güney Avrupa, Anadolu, İran, Himalayalar ve çevresi, Pasifik Okyanusunun kenarları, Japon adaları gibi arazilerde depremler şiddetli ve ağır hasarlar vererek gerçekleşebilir (Özdoğan, 1993).

Türkiye'de Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Batı Anadolu Fay Hattı olmak üzere 3 büyük fay hattı bulunmaktadır. Ülkemizin bulunduğu konumundan dolayı sıklıkla, yıkıcı depremlerle karşılaşmıştır. Bu depremlerde büyük can kayıpları ortaya çıkmaktadır. Yapıların ağır hasar almaları ise ekonomiye büyük zararlar vermektedir. Çizelge 1.1'de ülkemizde meydana gelen bazı büyük depremler verilmiştir.

Çizelge 1.1. 1990-2020 arasında meydana gelen bazı büyük depremler (AFAD, 2022; KRDEA,2022)

Meydana Geldiği Yer	Tarih	Büyüklik	Can Kaybı	Hasar Gören Bina Sayısı
Erzincan	13.03.1992	6.6	653	8057
Ceyhan (Adana)	28.06.1998	6.2	146	31463
Gölcük(Kocaeli)	17.08.1999	7.6	17480	73342
Düzce-Bolu	12.11.1999	7.2	763	35519
Çay-Sultandağı(Afyon)	03.02.2002	6.5	44	622
Merkez(Bingöl)	01.05.2003	6.4	176	6000
Merkez(Van)	23.10.2011	6.7	644	17005
Sivrice(Elazığ)	24.01.2020	6.8	41	1815
Ege Denizi(İzmir)	20.10.2020	6.6	117	475

Depremlerin sonucunda yıkılan binalar, ülke için ekonomik kayıplar oluşturmaktadır. Verilen bu kayıplar ülke ekonomisine zarar vermektedir. Çizelge 1.2'de bazı depremlere ait ekonomik kayıplar gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. 1992-2011 arası meydana gelen depremlere ait ekonomik kayıplar (Şahin ve Kılınç, 2016).

Tarih	Bölge	Ekonomik Kayıp (ABD Doları)
13.03.1992	Erzincan	750.000
28.06.1998	Adana, Ceyhan, Hatay	550.000
17.08.1999	İzmit, Kocaeli, Yalova, Gölcük, Zonguldak, Sakarya, Tekirdağ, İstanbul, Bursa, Eskişehir, Bolu	20.000.000
12.11.1999	Düzce, Bolu, Kaynasli	1.000.000
03.02.2002	Bolvadin (Afyon)	95.000
01.05.2003	Bingöl, Çeltiksuyu, Sancak, Gokdere, Gozeler	135.000
23.10.2011	Van, Bitlis, Hakkâri	1.500.000

Herhangi bir deprem sonrasında can kayıplarının yaşanmaması ve yapıların yıkılması ya da ağır hasar almamaları için herhangi bir depremde ağır hasar alabilecek veya yıkılabilecek binaların önceden tespit edilmesi gerekmektedir.

Son 20 yılda dünya genelinde betonarme binaların sismik performansı üzerindeki çalışmalar hızlanmıştır. Her bir binaya ait veriler toplanarak binalar tek tek değerlendirilerek gelişmiş yapısal modelleme ve analiz yöntemleri ile binalara ait gerçek performans sonuçları elde edilebilmektedir. Fakat yapısal modelleme yöntemleri ile birçok binanın analizlerini yapmak için çok uzun zaman gerekir. Alanında uzmanlar tarafından binaları yapısal modelleme yöntemleri ile analiz etmek yerine, zaman kazanmak için daha az veri gerektiren ve daha basit değerlendirmeler ile kullanılan hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirmişlerdir. Bu yöntemler yapıların değerlendirilmesinde daha hızlı ve daha az maliyet ile gerçekleşmektedir. Hızlı değerlendirme yöntemleri gelişmiş değerlendirme yöntemlerinin yerine kullanılamazlar. Bu yöntemler riskli yapıları tespitinin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlar ama nihai karar detaylı değerlendirme yöntemi ile bulunur (Özçelik ve ark., 2013).

Literatürde herhangi bir deprem sonrası yapılarda oluşacak hasar tespiti için 3 kademeli olarak yapı tarama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar 1'inci, 2'nci ve 3'üncü kademe yöntemler olarak 3 adettir.

Binaların kademeli olarak risklerinin belirlenmesinde ilk aşamada birinci kademe değerlendirme yöntemleri kullanılır. Bu yöntem sokak taraması yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Birinci kademe değerlendirme yöntemleri için binaya ait projeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu yöntemlerde bina uzmanlar tarafından dışarıdan gözlemlenerek değerlendirilir ve belirli parametreler çerçevesinde bina puanlandırılır. Bu

yöntemde bina için herhangi bir hesaplama yapılmaz. Burada asıl yapılmak istenen binaları risklerine göre hızlı bir şekilde gruplandırmaktır. Literatürde birinci kademe değerlendirme yöntemlerine FEMA 154 (1988), ATC 21, Riskli Binaların Tespiti Yönetmeliği (6306 Sayılı Kanun, 2019) ve Sucuoğlu ve Yazgan (2003) gibi çalışmalar örnek olarak verilebilir.

Birinci kademe değerlendirme yönteminden sonra ikinci kademe değerlendirme yöntemleri kullanılır. Bu yöntemde birinci kademe değerlendirme yöntemlerinden farklı olarak yapıya ait rölöve, mimari parametreler ve taşıyıcı sisteme ait bilgiler elde edilir. Bu yöntemde amaç, basit hesaplamalar yapılarak binanın risk durumunun belirlenmesidir. İkinci kademe değerlendirme yöntemlerinde riskli bulunan binalar üçüncü kademe değerlendirme yöntemi ile analiz edilir ve binaların risk durumu kesin olarak sonuçlandırılır. İkinci kademe değerlendirme yöntemlerine örnek olarak FEMA 310 (1998), Otani (2000), JBDPA (2001), Hassan ve Sözen (1997), Özcebe ve ark. (2003), Yakut (2004), Tezcan ve ark. (2011), Erdil ve Ceylan (MVP Yöntemi) (2018) yöntemleri gösterilebilir.

Üçüncü kademe değerlendirme yöntemlerinde ise ikinci kademe değerlendirme yöntemlerinde riskli bulunan yapılar bu yöntemde ilgili yönetmelik esaslarına göre gelişmiş programlar yardımı ile analiz edilir ve binanın kesin risk durumu elde edilir. Bu kademeye örnek olarak TBDY (2018)'de "Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri" ve "Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri" olmak üzere iki ayrı hesap yaklaşımı verilebilir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı ve Amacı

Bu çalışmada, Erdil ve Ceylan (2018)'ın 2011 yılı 23 Ekim ve 9 Kasım tarihlerinde Van'da meydana gelen depremlerden etkilenmiş 146 bina, 2002 yılında 3 Şubat tarihinde meydana gelen Afyon Depreminden etkilenmiş 18 bina ve 2003 yılında 1 Mayıs tarihinde meydana gelen Bingöl Depreminden etkilenmiş 28 binanın verileri kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, betonarme binaların beton basınç dayanımı, zemin kat alanı, zemin katta bulunan kolon ve perde duvarların alanlarının zemin kat alanına oranı, kat sayısı ve belirli düzensizlikleri kullanarak ikinci kademe değerlendirme yöntemleri gibi Matlab programı yardımı ile binaların risk durumunu daha az parametre

kullanarak, hızlı ve daha doğru sonuçlar elde edilecek şekilde bulanık mantık yöntemi ile belirlemeye çalışmaktadır. Bu sayede binaların deprem performansları belirlenerek herhangi bir deprem öncesinde hızlı bir şekilde olası hasar tespiti yapıp insanların can güvenliğini tehlikeye atacak durumlar ortadan kaldırılmış olacaktır.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Mühendislik alanında birçok karmaşık problem ile karşılaşilmektedir. Bu karşılaşılan problemlerin çözümünde bulanık mantığın kullanılması, karmaşık olan problemlerin çözümlenmesinde yardımcı olabilmektedir. Birçok alanda ve inşaat mühendisliği alanında bulanık mantık yöntemi ile çalışmalar yapılmaktadır. Aşağıda literatürde yer alan bulanık mantık yöntemi ile yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

2.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı, insanların normal hayatta gerçekleştirdikleri düşünme öğrenme akıl yürütme gibi eylemlerin bilgisayar ortamı tarafından kullanılması olarak düşünülebilir. Bulanık mantık sözel verileri kullanan çalışma mantığı üzerine kurulmuştur. Bilgisayar ortamında eğitime verisi olarak girilen sözel ifadeler bulanık mantık tarafından sayısal veriler ile işlenerek sonuçlar verilmektedir (Tabar ve Şişman, 2020).

Bulanık mantık, ilk defa 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır (Zadeh, 1965). İlk uygulamaya geçmesi ise 1973 yılında Mamdani tarafından bir buhar makinesinin buhar basıncını dengelemek için kullanılmıştır (Mamdani, 1974). Ayrıca Mamdani, Zadeh'in dilbilimsel kurallarla oluşturduğu bulanık mantık yaklaşımının bilgisayar ortamında kolaylıkla işlendiğini göstermiştir (Tiryaki ve Kazan, 2007).

Daha sonraki zamanlarda hızlı bir gelişme göstererek bulanık mantık sağlık, ekonomi, eğitim, mühendislik vb. alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle bulanık mantığın denetim sistemlerine ve yapay zekâ çalışmalarına yaptığı önemli katkılar sayesinde bu alandaki çalışmalar büyük önem kazanmıştır (Işıklı, 2008). Klasik mantıkta bir önerme doğru ya da yanlış olmaktadır. Klasik mantıkta bir önerme doğru ise üyelik derecesi 1 yanlış ise üyelik derecesi 0'dır. Ama günlük yaşantımızda olaylar bu kadar kesin bilgilerle gerçekleşmemekte ve belirsizlikler ortaya çıkmaktadır (Özdemir ve ark., 2019). Belirsizliklerin başladığı noktada bulanık mantık devreye girmektedir. Bilginin kesin olmadığı ve belirsizlik durumunda belirsizliği ortadan kaldırmak için bulanık mantık kullanılmaktadır (Zadeh, 1965). Klasik mantıkla çözülmeyecek ve belirsizliklerin yaşandığı problemlerde bulanık mantığa daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

Klasik küme mantığına göre evrensel bir küme içerisinde oluşturulan klasik kümede herhangi bir eleman kümeye ait ise üyelik derecesinin 1, kümeye ait olmaması durumunda elemanın üyelik değerinin 0 değeri aldığı kabul görmüştür. Bulanık kümelerde ise bu olay farklı şekilde işlemektedir. Zadeh'e göre bulanık kümelerde elemanlar 0 ile 1 arasında farklı üyelik derecelerini aldığı ve bir elemanın üyelik derecesinin 1'e ne kadar yaklaşırsa o elemanın kümeye aitlik derecesinin de arttığı kabul edilmiştir.

Bulanık mantığın klasik mantıktan farklı bir diğer özelliği klasik mantığa göre bir önerme ya doğru ya da yanlıştır. Bulanık mantıkta bu durum değişmektedir. Bulanık mantığa göre bir önerme hem yanlış hem de doğru olabilir.

2.1.1. Zadeh'in bulanık mantık ilkeleri

Zadeh bulanık mantığın ilkelerini şu şekilde özetlemiştir (Elmas, 2007);

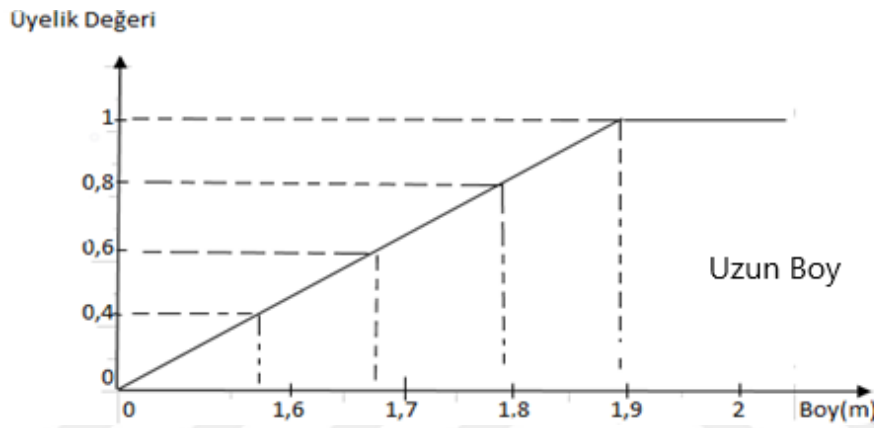
- Bulanık mantıkta kesin olan değerler yerine yaklaşık değerler kullanılır.
- Bulanık mantık için bilgi az, çok, çok az ve çok fazla gibi dilsel ifade içeren veri girişleri ile tanımlanabilir.
- Bulanık mantıkta değerler $[0,1]$ aralığında bir üyelik derecesi ile gösterilir.
- Mantıksal olan her ifade bulanık ifadeye dönüştürülebilir.
- Matematiksel olan ifadeler çok karmaşık ve zor olması durumunda sistemler için bulanık mantık ideal bir yöntemdir.

2.2. Bulanık Kümeler

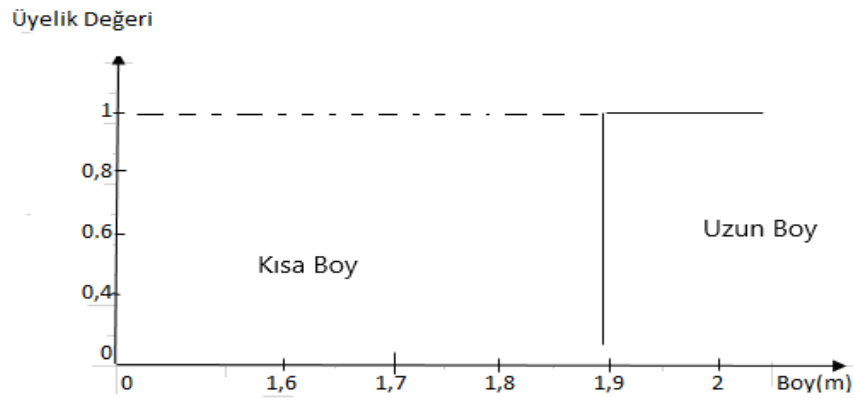
Bulanık küme teorisi; az, sık, orta, düşük, çok, birçok gibi sözel (dilsel) terimleri kullanarak veri girişinin sağlanması yönüyle klasik kümelere göre belirsizliklerin daha iyi yorumlanmasını ve daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlar (Nabiyev, 2005). Bu durumda bulanık kümenin dilsel ifadeleri kullanarak veri girişlerinin yapılabilmesi bulanık mantığı klasik mantıktan ayıran en önemli özelliğidir (Atacak ve Bay, 2004).

Bulanık kümeler bulanık mantığın uygulanmasında temel eleman olarak gösterilebilir. Bulanık kümeler sayesinde bulanık mantık işlevsel hale gelir ve sistem kurulabilir. Klasik küme teorisine göre bir nesne ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Bunu üyelik derecesine göre değerlendirdiğimiz takdirde kümenin elemanı olduğunda 1

değerini alır, kümenin elemanı olmadığında 0 değerini alır. Bulanık mantıkta ise bu kadar sert geçişler yoktur. Klasik küme mantığının aksine, bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz sayıda değer alabilir. Örnek olarak klasik küme teorisine göre insanlar uzun boyludur ya da değildir. Zadeh'e göre insanlarda uzun boylu olup olmamanın değişik dereceleri vardır. Belirli boydaki insanlar uzun boylu olarak nitelendirildiklerinde onlardan biraz kısa veya biraz uzun insanlar da belirli oranda uzun boylu olarak nitelendirmektedir. Zadeh'in tanımladığı Bulanık Küme ve Klasik Küme örneği Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bulanık küme mantığına göre uzun boy.



Şekil 2.2. Klasik küme mantığına göre uzun boy.

Yukarıda gösterilen şekillerden anlaşılacağı üzere klasik küme teorisinde 1,9 m ve üzeri olanlar uzun boylu sayılıp 1,9 m'den kısa olanlar kısa boylu sayılmaktadır. Ama bulanık kümede 1,9 m'den kısa olanlar kısmi olarak uzun boylu sayılmaktadır. Örnek

olarak 1,9 m boyunda biri %100 olarak uzun boylu sayılıyorsa 1,8 m olan biri %80 uzun boyludur.

Klasik küme gösterimini özetleyecek olursak X evrensel kümesinde oluşturacağımız bir A kümesini:

$$\forall x \in X \quad X_A(x) = \begin{cases} 1; & x \in A \text{ ise} \\ 0; & x \notin A \text{ ise} \end{cases}$$

şeklinde karakteristik fonksiyon yardımıyla özetleyebiliriz, Burada herhangi bir eleman A kümesinin içerisinde bulunuyorsa 1 değerini alır, bulunmuyorsa 0 değerini alır. Görüldüğü gibi klasik küme teorisinde geçişler nettir. Eleman ya kümeye aittir ya da değildir. Bulanık kümede ise bir üyelik derecesi vardır. Eleman kümeye ne kadar aitse üyelik derecesi o kadar artar. Bulanık küme aşağıdaki şekildeki gibi gösterilir: X boş olmayan bir küme x 'deki bulanık A kümesi:

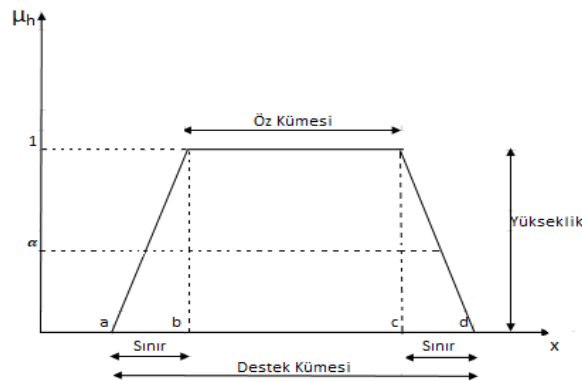
$$\forall x \in X \quad \mu_A(x) = \rightarrow [0,1]$$

şeklinde gösterilir.

Bulanık kümeler klasik kümeler gibi sınırları net ve keskin değildir, geçişler yumuşak gerçekleşir. Elemanın kümeye ait olup olmaması kademeli şekilde gerçekleşir. Eleman kümeye kısmen ait ya da değildir. Bulanık kümelerde “hava sıcak” ya da “hava çok sıcak” gibi dilsel veriler kullanılarak kümeye esneklik kazandırılabilir (Tatlı ve Şen, 2001).

2.3. Üyelik Fonksiyonları Özellikleri

Bir üyelik fonksiyonun kısımları, Şekil 2.3.'te yamuk üyelik fonksiyonu üzerinde gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonuna ait bu kısımlar aşağıda yalın olarak özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Üyelik fonksiyonlarının kısımları (Şen, 2020).

2.3.1. Destek kümesi

Oluşturulan bir bulanık kümede elemanlarının üyelik derecesinin 0'dan büyük olan elemanlardan oluşan kümeye destek kümesi denir. Destek kümesinin matematikte gösterimi Eşitlik 2.1'de gösterilmiştir (Dubois ve Prade, 1978; Zimmermann, 1993).

$$\text{Destek}(H) = \{x \in X, \mu_H(x) > 0\} \quad (2.1)$$

2.3.2. Öz kümesi

Oluşturulan bir bulanık küme içerisinde üyelik derecesi 1'e eşit olan elemanların oluşturduğu alt kümedir. Öz kümesinin matematikte gösterimi Eşitlik 2.2'de gösterilmiştir (Hanss, 2005).

$$\text{Öz}(H) = \{x \in X, \mu_H(x) = 1\} \quad (2.2)$$

2.3.3. Sınır kümesi

Bir bulanık küme içerisinde üyelik derecesi 0 ile 1 arasında olan tüm elemanların oluşturduğu kısma denir. Sınır kümesinin matematikte gösterimi Eşitlik 2.3'te gösterilmiştir (Ross, 2010).

$$\text{Sınır}(H) = \{x \in X, 0 < \mu_H(x) < 1\} \quad (2.3)$$

2.3.4. Geçiş noktası-kesim noktası

Bir bulanık kümede üyelik derecesi 0.5'e eşit olan elemanlara o kümenin geçiş noktası-kesim kümesi denmektedir. α ile gösterilir. α [0,1] değerleri arasında olabilir (Zimmermann, 1993).

2.3.5. Yükseklik

Bir bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan elamana karşılık gelir. Normal bir bulanık kümede üyelik derecesi 1'e denk gelmektedir. Yüksekliğin matematikte gösterimi Eşitlik 2.4'te gösterilmiştir (Dubois ve Prade, 1978).

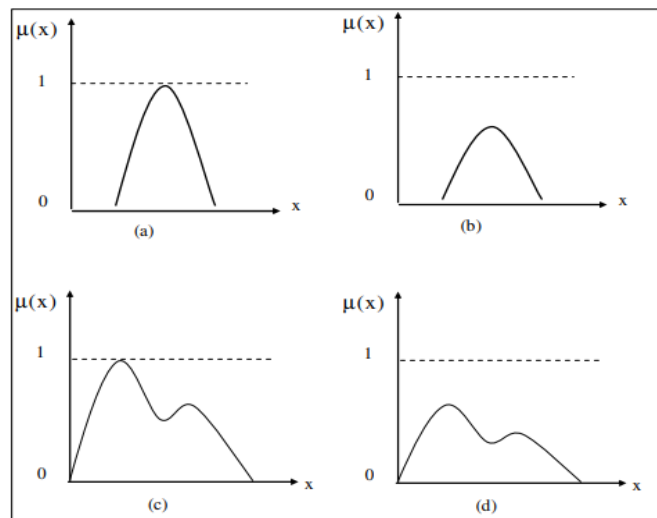
$$h(H) = \sup_{x \in X} \mu_H(x) \quad (2.4)$$

2.3.6. Normallik

Bir bulanık kümenin yüksekliği 1'e eşit ise bu küme normal, eğer 1'den küçükse bu küme normal olmayan küme olarak tanımlanmaktadır (Klir ve Yuan, 1995). Bulanık kümelerde normallik Şekil 2.4.'te gösterilmiştir.

2.3.7. Dışbükey ve içbükey

Bir bulanık küme içinden seçilen iki noktanın birleşmesiyle ortaya çıkan aralıktaki tüm elemanlar bulanık kümeye aitse bulanık küme dışbükey özelliği gösterirken, aksi durumda bulanık küme içbükey özelliği gösterir. Bulanık kümelerde dışbükey Şekil 2.4.'te gösterilmiştir (Ross, 2010).



Şekil 2.4. a)Normal bulanık küme b) Normal olmayan bulanık küme c) Dışbükey küme d)İçbükey küme (Bojadziev, G. ve Bojadziev, M. 1995).

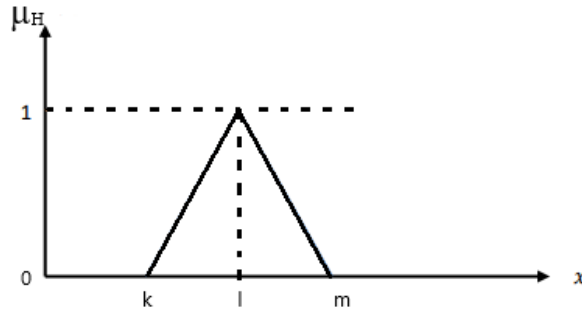
2.4. Üyelik Fonksiyonları

Bir kümedeki elemanların kümeye ne derece ait olduğunu gösteren fonksiyonlara üyelik fonksiyonu denir (Doğan, 2016).

Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde herhangi bir kural yoktur. Genellikle üyelik fonksiyonlarının seçiminde bir uzman görüşünden yararlanılır veya yapılacak olan çalışma için toplanan verilere en uygun fonksiyon seçilerek yapılabilir. Ayrıca üyelik fonksiyonlarının seçiminde yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi yöntemler de kullanılabilir (Şen, 1998). Bazı üyelik fonksiyonlarına Üçgen Üyelik Fonksiyonu, Yamuk Üyelik Fonksiyonu, Gaussian Üyelik Fonksiyonu, S Üyelik Fonksiyonu ve Sigmodial Üyelik Fonksiyonu olarak örnek verilebilmektedir

2.4.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

Bir üçgen üyelik fonksiyonunda, k ve m üçgenin tabanını, l üçgenin tepe noktasını belirtecek şekilde üç parametre ile tanımlanır (Zhao ve Bose, 2002). Şekil 2.5.'te üçgen üyelik fonksiyonu gösterilmiştir.



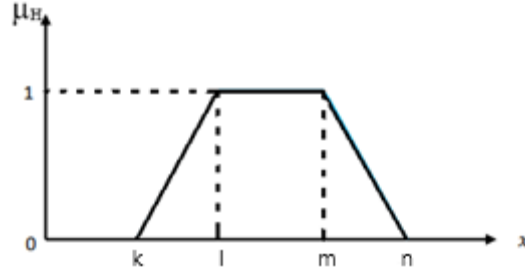
Şekil 2.5. Üçgen üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).

Bir H kümesinde k , l , m parametrelerine göre tanımlı üçgen üyelik fonksiyonunu matematiksel gösterimi eşitlik (2.5)'te verilmiştir.

$$\mu_H(x; k, l, m) = \begin{cases} 0 & x < k \text{ ise,} \\ (x - k)/(l - k) & k \leq x \leq l \text{ ise,} \\ (m - x)/(m - l) & l \leq x \leq m \text{ ise,} \\ 0 & x > m \text{ ise,} \end{cases} \quad (2.5)$$

2.4.2. Yamuk üyelik fonksiyonu

Bir yamuk üyelik fonksiyonu k, l, m, n , olmak üzere dört tane parametre ile tanımlanmaktadır (Ecer, 2007). Yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



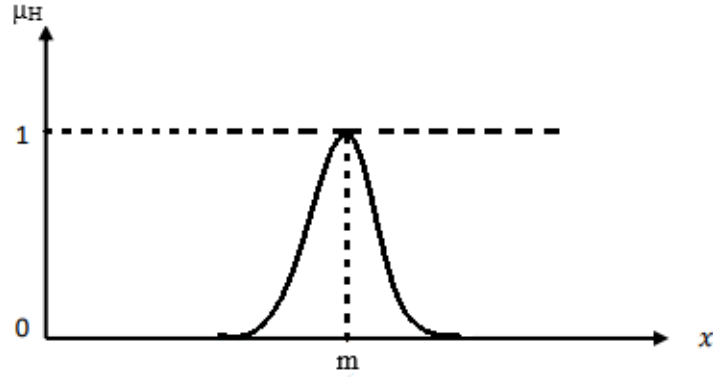
Şekil 2.6. Yamuk üyelik fonksiyonu (Chen ve ark., 2005).

Bir H kümesi üzerinde k, l, m, n , parametreleri ile tanımlanan yamuk üyelik fonksiyonunu matematiksel gösterimi Eşitlik 2.6'da gösterilmiştir.

$$\mu_H(x; k, l, m, n) = \begin{cases} 0 & x < k \quad \text{ise,} \\ (x - k)/(l - k) & l \leq x \leq k \quad \text{ise,} \\ 1 & l \leq x \leq m \quad \text{ise,} \\ (n - x)/(n - m) & n \leq x \leq m \quad \text{ise,} \\ 0 & x > m \quad \text{ise,} \end{cases} \quad (2.6)$$

2.4.3. Gauss üyelik fonksiyonu

Bir gauss üyelik fonksiyonu m ve s parametreleri ile ifade edilmektedir. Burada m fonksiyon merkezini σ değeri ise fonksiyondaki standart sapmayı temsil etmektedir. Standart sapma ne kadar küçülürse grafik daralacaktır. Standart sapmanın artması halinde grafik genişleyecektir (Alonso, 2014). Gauss üyelik fonksiyonu Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



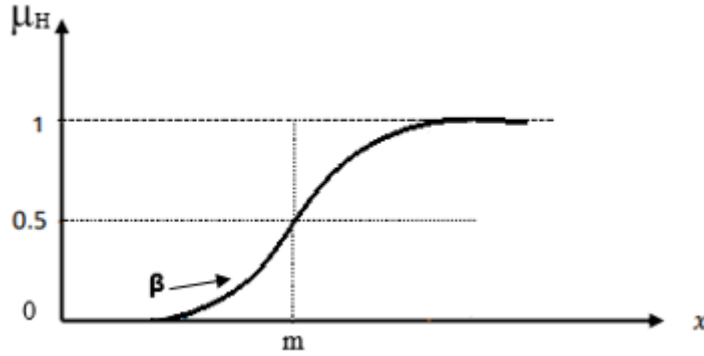
Şekil 2.7. Gauss üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).

Bir gauss üyelik fonksiyonunu matematiksel gösterimi eşitlik (2.7)'de gösterilmiştir.

$$\mu_H(x; m, s) = \left\{ e^{\frac{-(x-m)^2}{2s^2}} \right\} \quad (2.7)$$

2.4.4. Sigmoidal üyelik fonksiyonu

Bir sigmoidal üyelik fonksiyonu m ve β olmak üzere iki parametre ile tanımlanmaktadır. Sigmoidal üyelik fonksiyonu Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.



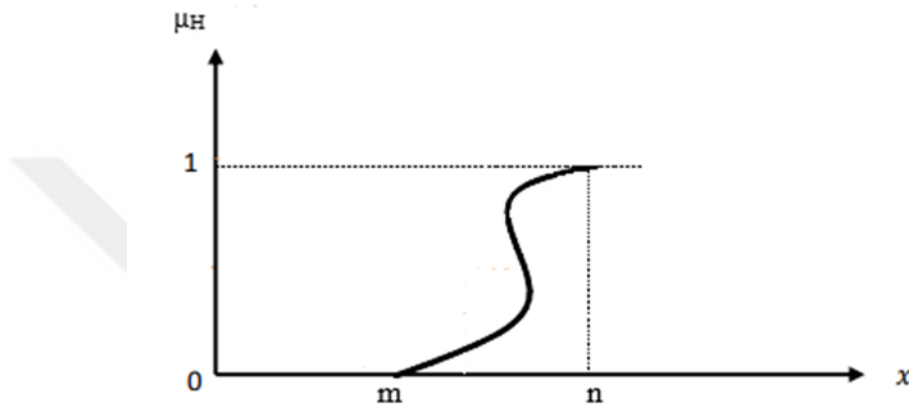
Şekil 2.8. Sigmoidal üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).

Bir sigmoidal üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi Eşitlik 2.8'de verilmiştir. Bu eşitlikte β eğimi temsil etmektedir.

$$\mu_H(x; \beta, m) = \left(\frac{1}{1 + e^{-\beta(x-m)}} \right) \quad (2.8)$$

2.4.5. S üyelik fonksiyonu

Bir s üyelik fonksiyonu m ve n olmak üzere iki parametre ile tanımlanmaktadır. S üyelik fonksiyonu sigmoidal üyelik fonksiyonuna çok benzemektedir. S üyelik fonksiyonu Şekil 2.9.'da gösterilmiştir



Şekil 2.9. S üyelik fonksiyonu (Zhao ve Bose, 2002).

S üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi Eşitlik (2.9)'da verilmiştir.

$$\mu_H(x; m, n) = \begin{cases} x \leq m & \text{ise} & 0 \\ m \leq x \leq [(m+n)/2] & \text{ise} & 2[(x-m)/(n-m)]^2 \\ [(m+n)/2] \leq x \leq n & \text{ise} & 1 - 2[(x-n)/(n-m)]^2 \\ n \leq x & \text{ise} & 1 \end{cases} \quad (2.9)$$

2.5. Bulanık Sayılar

Normal ve dışbükey olan bir bulanık kümenin bir a kesmesi ve kapalı bir kümede bulunması hali bulanık sayı olarak adlandırılır (Koyuncuğil, 2006).

Reel sayılar üzerinde tanımlanmış bir $\tilde{H}$ kümesinde aşağıda belirtilen durumlar sağlanması haline $\tilde{H}$, bir bulanık sayı olarak tanımlanabilir (Tanaka, 1997):

- $\tilde{H}$ 'ın konveks bir bulanık küme olması gerekir,
- x_0 elemanı, bir defa $\mu_{\tilde{H}}(x_0) = 1$ durumunu sağlaması gerekir,
- $\mu_{\tilde{H}}$, bulunduğu aralık sürekli olmalıdır.

2.5.1. Üçgen bulanık sayı

(k, l, m) gibi üç parametre ile tanımlanan bir üçgen bulanık sayının matematiksel tanımlanması Eşitlik 2.10'da verilmiştir (Cheng ve Lin,2002).

$$\mu_{\tilde{H}}(x)=\begin{cases} 0 & x < k \\ (x-k)/(l-k) & k \leq x \leq l \\ (m-x)/(m-l) & l \leq x \leq m \end{cases} \quad (2.10)$$

Üçgen bulanık sayısının üyelik fonksiyonunun gösterimi bulanık üçgen üyelik fonksiyonunun gösterimi ile aynıdır. k burada alt sınırı m üst sınırı ve l tepe noktasını göstermektedir.

2.5.2. Yamuk bulanık sayı

(k, l, m, n) gibi dört parametre ile tanımlanan bir yamuk bulanık sayının matematiksel tanımlanması Eşitlik 2.11'de tanımlanmıştır (Cheng ve Lin,2002).

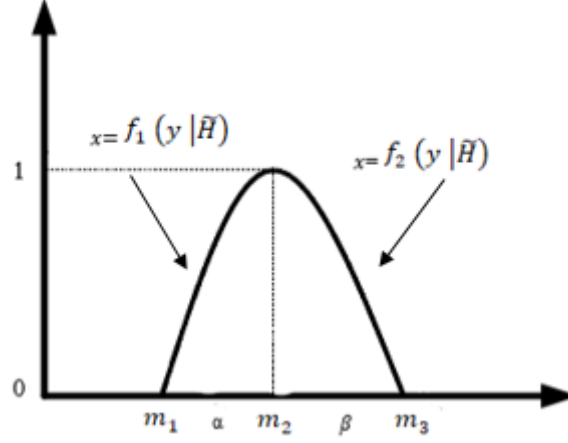
$$\mu_{\tilde{H}}(x)=\begin{cases} 0 & x < k \\ (x-k)/(l-k) & k \leq x \leq l \\ 1 & l \leq x \leq m \\ (x-n)/(m-n) & m \leq x \leq n \\ 0 & x > n \end{cases} \quad (2.11)$$

Yamuk bulanık sayısının üyelik fonksiyonunun gösterimi bulanık yamuk üyelik fonksiyonunun gösterimi ile aynıdır. k burada alt sınırı n üst sınırı l ve m tepe noktasını göstermektedir.

2.5.3. LR tipi bulanık sayılar

İlk olarak bulanık sayıların L-R olarak gösterilmesi Dubois ve Prade (1978) tarafından öne sürülmüştür. L veya R olarak gösterilen bir bulanık fonksiyon, bir bulanık sayının referans fonksiyonu olabilmesi için L $[0,+\infty)$ aralığında azalmayan olup ve $L(x) = L(-x)$ ve $L(0) = 1$ koşulunu sağlaması gerekir (Uçal ve Sarı, 2012). LR tipi bulanık sayılar m, β ve α olmak üzere 3 parametreden oluşmaktadır. LR tipi üyelik fonksiyonunun

grafiği Şekil 2.10.'da matematiksel ifadesi Eşitlik 2.12'de gösterilmiştir (Dubois ve Prade, 1978).



Şekil 2.10. LR tip bulanık sayılar (Kaya, 2020).

$$\mu_{\tilde{H}}(x) = \begin{cases} L((m - x)/\alpha) & x \leq m, \alpha > 0 \\ R((x - m)/\beta) & x \geq m, \beta > 0 \end{cases} \quad (2.12)$$

2.6. Bulanık Çıkarım Sistemleri

Bulanık çıkarım, bulanık mantığı kullanarak sisteme verilen girdiler sonucunda bunlara karşılık gelen çıktılardan sonuç çıkarma sürecidir. Bu karşılık getirme süreci verilen kararın temelini oluşturur. Kullanım alanlarına göre Bulanık Çıkarım Sistemleri, "bulanık kural tabanlı sistemler, bulanık uzman sistemler, bulanık modelleme, bulanık çağrışımlı bellek, bulanık mantık kontrol ediciler, basit-değişebilir bulanık sistemler" şeklinde isimlendirilirler (Kubat, 2019).

Bulanık çıkarım sistemleri mantık ve olasılık teorisine alternatif olarak ortaya çıkarılmıştır. Bulanık çıkarım sistemlerinin klasik kümeden farkı herhangi bir eleman kümeye aittir ya da değildir gibi cevaplar yerine elemanın sıfır ile bir arasında değerler alabilen sürekli bir üyelik fonksiyonu ile ifade edilebilmesidir. Bulanık mantığı diğer yöntemlerden ayıran en büyük özelliği ise sözel terimlerin sayısal terimlerle birlikte kullanılmasıdır (Mustafa ve ark., 2008).

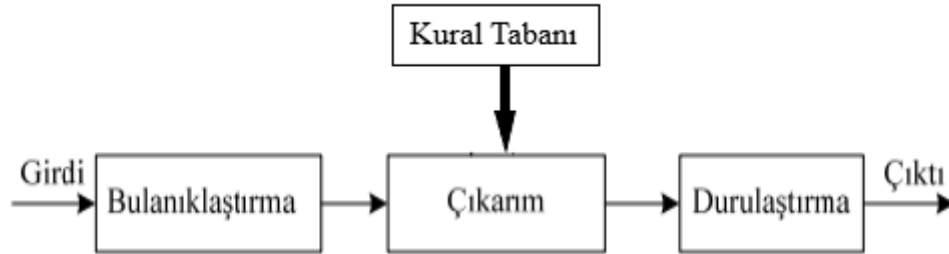
Bulanık çıkarım sistemleri, "eğer-ise" kurallarını, mantıksal bağlayıcı işlemleri (örneğin "ve", "veya", "değil") ve toplama operatörlerini (örn. "min", "maxs") kullanarak

bulanık çıktı almak için bulanık değerlerinin birleştirilmesi olarak adlandırılabilir (Özkan, 2018).

En çok kullanılan bulanık çıkarım sistemi Mamdani bulanık çıkarım sistemidir. Mamdani bulanık çıkarım sistemini Zadeh'in 1973 yılındaki "Karmaşık (kompleks) sistemler ve karar süreçleri için bulanık algoritmalar" başlıklı makalesine dayanarak "buhar makinalarının kontrolünde uzmanların tecrübelerinden elde edilen dilsel kontrol kurallarının kullanımı" konusunda yaptığı çalışma ile ortaya atılmıştır (Kubat, 2019).

Bulanık çıkarım sistemi aşağıdaki alt sistemlerden oluşmaktadır (Sivanandam ve ark., 2007).

- Çok sayıda eğer-ise kuralından oluşan 'kural tabanı'
- Bulanık kurallar için kullanılan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarını tanımlayan bir 'veri tabanı'
- Verilen kurallar sonucunda bir çıkarım yapan 'çıkartım birimi'
- Verilen girdileri alıp sözel değişkenler ve üyelik dereceleriyle birlikte karıştıran 'bulanıklaştırma ara yüzü'
- Bulanık sonuçları alıp onları kesin olan çıktılara dönüştüren 'durulaştırma ara yüzü'nden oluşan Bulanık Çıkartım Sistemi Şekil 2.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Bulanık sistemlerin çalışma yapısı (Uygunoğlu ve ark., 2005).

2.6.1. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma, işleme alınacak olan verilerin dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürülmesine denir (Eğrisöğüt ve ark., 2007). Bulanık modelleme kurulurken ilk adım olarak bulanıklaştırma kullanılır. Burada sisteme ait girdi ve çıktı değerleri belirlenen üyelik fonksiyonu ile $[0,1]$ aralığında üyelik derecesi belirli bir değere çevirerek bulanıklaştırır (Doğan, 2016).

2.6.2. Kural tabanı

Girilen verileri, çıktı olarak alınacak olan verileri birbirine EĞER-İSE (IF – THEN) şeklinde bağlayan kuralların bulunduğu ünedir (Atacak ve Bay, 2004). Böylece, kural girdi uzayı ile çıktı uzayını birbirine mantıksal olarak bağlamış olur. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur (Uygunoğlu ve Osman, 2005).

Kural tabanını basit bir örnekle açıklayacak olursak; “Eğer hava sıcaklığı 0 °C altına düşer ise su donar” önermesi örnek gösterilebilir.

2.6.3. Çıkarım birimi

Bulanık sistemde bulanık kural tabanında giriş ve çıkış verilerini bulanık kümeler arasındaki ilişkileri toplayarak bir sistem çıkışını sağlayan işlemler topluluğudur (Subaşı ve ark., 2009).

Bulanık çıkarım sistemi, uzmanların bilgileri ile bulanık kural tabanı ile birlikte oluşturulan sistemlerin çıkarımı olarak da düşünülebilir (Tay ve Lim, 2006). Literatürde en çok kullanılan çıkarım kuralları Mamdani ve Takagi-Sugeno çıkarımlarıdır.

2.7. Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım

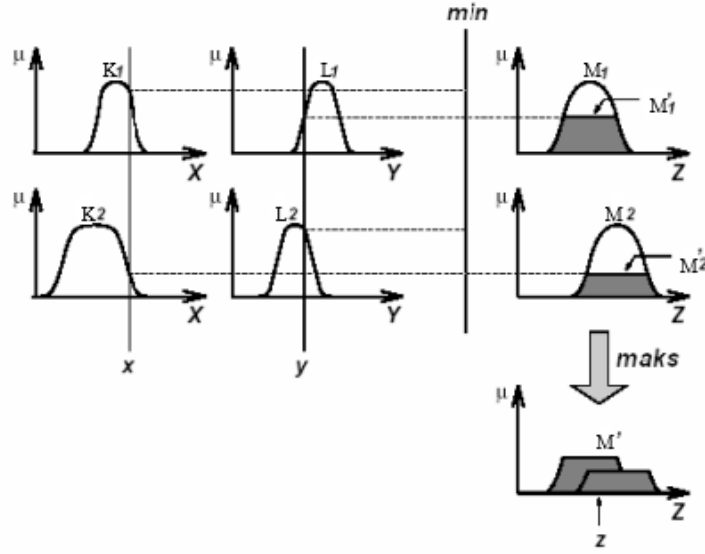
Mamdani tipi bulanık model en çok kullanılan bulanık çıkarım mekanizmasıdır. Bu yöntemin çok kullanılıyor olmasının başlıca nedeni çok kolay oluşturulabilmesi ve insanların davranışlarına çok uygun olmasıdır. Mamdani tipi bulanık çıkarım yönteminin diğer çıkarım mekanizmalarının temelini oluşturduğu söylenebilir (Yılmaz ve Arslan, 2005). Mamdani, Zadeh'in 1973 yılındaki "Karmaşık (kompleks) sistemler ve karar süreçleri için bulanık algoritmalar" başlıklı makalesinden esinlenerek "buhar makinalarının kontrolünde uzmanların tecrübelerinden elde edilen dilsel kontrol kurallarının kullanımı" konusunda yaptığı çalışma ile ortaya atılmıştır (Kubat, 2019).

Aşağıda verilen örnekte x ve y gibi sayısal iki giriş elemanının z çıkış değerinin ve c bulanık kümenin nasıl hesaplandığı gösterilmiştir:

Kural 1: Eğer $x = K_1$ Ve $y = L_1$ İse $z = M_1$

Kural 2: Eğer $x = K_2$ Ve $y = L_2$ İse $z = M_2$

Mamdani tipi çıkarım mekanizmasının grafiksel gösterimi Şekil 2.12.'de verilmiştir.



Şekil 2.12. Bulanık minimizasyon ve maksimizasyon operatörlerini kullanan Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi (Akyılmaz, 2005).

2.8. Takagi – Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım

Takagi – Sugeno bulanık mantık yöntemi ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani tipi bulanık çıkarımının farklı bir metodu olarak düşünülebilir. Mamdani tipi bulanık çıkarımla girdi değişkenleri ve bulanıklaştırma yöntemi benzer olup çıktı üyelik fonksiyonları farklıdır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktılar sonuç fonksiyonlar olarak verilmektedir. Çıktı üyelik fonksiyonu sabit olduğu zaman 0. derece Sugeno tipi bulanık çıkarım, 1. derece doğrusal denklem olduğunda ise 1. derece Sugeno tipi bulanık çıkarım olarak adlandırılır (Yılmaz ve Arslan, 2005).

Sugeno Tipi Bulanık Çıkarımın bulanık kuralı Eşitlik 2.13 ve Eşitlik 2.14'teki gibidir.

$$\text{Eğer } k, A \text{ ve } l, B \text{ ise } m=f(k,l) \text{ 'dir.} \quad (2.13)$$

Bulanık kurallar aşağıdaki Eşitlikler gibi olur:

$$\text{Kural 1: } k, A_1 \text{ ve } g, B_1 \text{ ise } m=f_1(k,g)=p_1k+q_1g+r_1 \quad (2.14)$$

Kural 2: k , A_2 ve g , B_2 ise $m=f_2(k,g)=p_2k+q_2g+r_2$

Şekil 2.13.'de ve kurallarda belirtilen k ve g girdi değerlerini, A ve B ise k ve g girdileri için bulanık kümeleri ifade etmektedir. f kurallar, p , q ve r katsayı ve α ise üyelik derecesini ifade etmektedir. Durulaştırma aşamasında genellikle ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak sonuç elde edilmektedir.

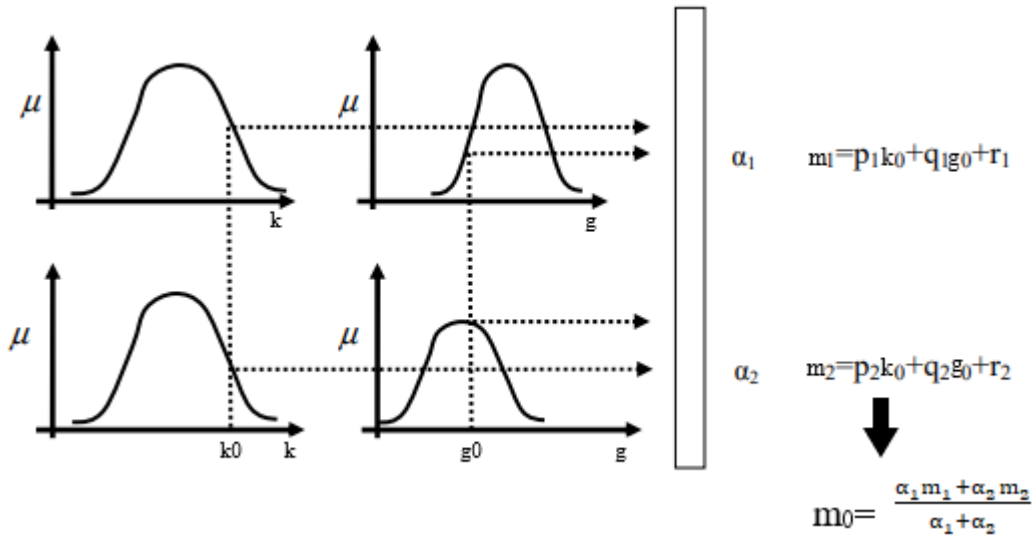
Üyelik derecesi Eşitlik 2.15'te elde edilmiştir.

$$\alpha_i = \mu_{A_i}(k_0) \wedge \mu_{B_i}(g_0) \quad (2.15)$$

Bu sonuçlar kesin değerlerdir. Toplam sonuç, ağırlıklı ortalama ile bulunur.

$$m_0 = \frac{\alpha_1 f_1(k_0, g_0) + \alpha_2 f_2(k_2, g_2)}{\alpha_1 + \alpha_2} + \frac{\alpha_1 m_1 + \alpha_2 m_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (2.16)$$

Şekil 2.13.'de Takagi-Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Takagi-Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi (Baykal ve Beyan,2004).

2.9. Durulaştırma

Durulaştırma, bulanık çıkarımın sisteminin son ünitesi şeklinde tarif edilmektedir. Durulaştırma ünitesinin görevi, çıkarım ünitesinden gelen sözel veri türünü sayısal verilere dönüştürmektedir.

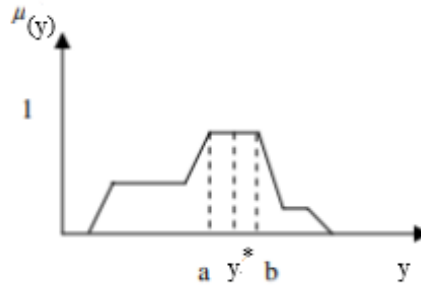
Durulaştırma yapılması için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlere en büyüklerin ortalaması yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi ve maksimum üyelik merkezi yöntemi gibi farklı yöntemleri örnek verilebilmektedir. Bu yöntemler arasında en sık kullanılanı ağırlık merkezi yöntemidir (Atacak ve Bay, 2004).

2.9.1. En büyüklerin ortalaması yöntemi

Durulaştırmanın yapıldığı bu yöntem, kontrol sisteminde tanımlanan üyelik fonksiyonlarının en büyük değerlerinin ortalamasını vermektedir (Baykal ve Beyan, 2004). Bu işlemin matematiksel olarak gösterimi Eşitlik (2.17)'de verilmiştir.

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n} \quad (2.17)$$

y_i , üyelik fonksiyonlarının aldığı en yüksek üyelik derecesi n , en büyük değer sayısını göstermektedir. En büyüklerinin ortalaması yönteminin grafiği Şekil 2.14.'de verilmiştir.



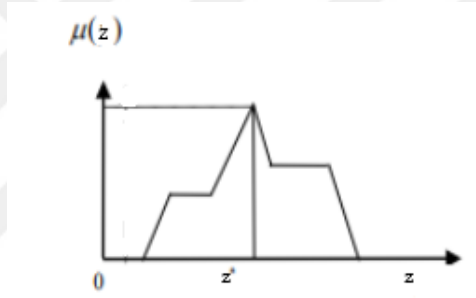
Şekil 2.14. En büyüklerin ortalaması yöntemi (Akkaptan, 2012).

2.9.2. Ağırlık merkezi yöntemi

Durulaştırmada en çok kullanılan yöntemdir. Çıkarım sisteminde oluşan üyelik fonksiyonlarının birleşiminin ağırlık merkezini bularak yapılan durulaştırma işlemidir. Ağırlık merkezi yönteminin matematiksel gösterimi Eşitlik (2.18)'de gösterilmiştir.

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot \mu_k(z_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_k(z_i)} \quad (2.18)$$

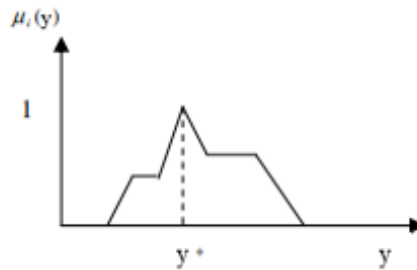
k Mamdani ve Larsen çıkarımlarının uygulanışı sırasında bulanık kümelerin birleşimidir. z_i ; bulanık birleşim kümesinin i ' inci ögesidir. z^* ise durulaştırılmış değeridir (Karadavut ve Akkaptan, 2012). Ağırlık merkezi yönteminin grafiksel gösterimi Şekil 2.15.'te verilmiştir.



Şekil 2.15. Ağırlık merkezi yöntemi (Karadavut ve Akkaptan, 2012).

2.9.3. En büyük üyelik derecesi

Diğer bir adı da yükseklik yöntemi olan bu yöntem. Çıkış birimindeki en büyük üyelik derecesinin tepe noktasını temel alarak durulaştırma işlemi yapar. Şekil 2.16.'da en büyük üyelik derecesi yönteminin grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.16. En büyük üyelik derecesi yöntemi (Akkaptan, 2012).

2.10. Bulanık Mantık ile İnşaat Mühendisliği Alanında Yapılan Çalışmalar

Chao ve Cheng (1998) betonarme elemanlardaki çatlak kontrolünü bulanık örüntü tanıma modeli ile araştırmaya çalışmışlardır. Burada çatlak zamanı, çatlak derinliği, çatlak düzenliliği, çatlak aralığı, çatlak elemanı, çatlak deseni ve çatlak yeri için neden sonuç ilişkisini araştırmışlardır. Çıkan sonuçlarda matematiksel çözümlerle çözülmesi güç olan bir problemin basit bir şekilde ortaya çıktığını görmüşlerdir.

Aldawod ve ark. (2001)'ın yaptıkları çalışmada Avustralya'nın Melbourne şehrinde 76 katlı, 306 metre yüksekliğindeki betonarme olarak inşa edilen yüksek yapının rüzgar altındaki davranışını bulanık mantık yöntemi ile incelemişlerdir. Bu çalışmada bulanık kontrol sistemi ve yapıda bir kütle sönümleyici kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde ettikleri veriler göre bulanık kontrol sisteminin klasik kontrol sistemlerine göre daha olumlu sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

Kömür (2004)'ün yaptığı çalışmada deprem sonrasında bulanık mantık ile binaların hasar tespitini ve binaların depreme karşı güvenliğini incelemiştir. Ayrıca deprem sonrasında yapıda meydana gelen hasar tespitinde kullanılan katlar arası kalıcı yer değiştirme ve karakteristik beton basınç dayanımının hasar tespitine etkisi bulanık mantık yöntemi ile incelenmiştir. Yaptıkları çalışmalar sonrasında sonuçları incelediklerinde klasik mantığa göre bulanık mantığın daha gerçekçi sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

Li ve ark. (2005)'nin bulanık mantık yardımı ile betonun hızlandırılmış dayanımını; çimento, su, kum ve agrega gibi parametreleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmaları regresyon analizi ile kontrol ettiklerinde bulanık mantık ile yaptıkları çalışmaların sonuçlarının regresyon analizi sonuçlarına yakın ve kabul edilebilir olduğunu görmüşlerdir.

Tanyıldızı ve Yazıcıoğlu (2006)'nın yaptıkları çalışmada çelik kirişlerin plastik analizi için gerekli olan göçme yük faktörü değerini bulanık mantık yöntemiyle bulmuşlardır. Çalışmada bulanık tabanlı bir sistem, plastik moment ile oluşacak göçme yük faktörünü hesaplamak için kullanılmıştır. Sistemde iki adet kiriş kullanılmıştır. Bulanık sisteme, giriş bilgileri olarak kirişe uygulanan kuvvetin kirişlerdeki mesafesi, çıkış bilgisi olarak da iki açıklıklı kiriş mekanizmalarında oluşan açıları hesaplayan bir algoritma kurmuşlardır. Kural tabanını uzman tecrübesi ile oluşturmuşlardır. Üyelik

fonksiyonlarını ise kazanılmış tecrübelerle göre seçilmiştir. Üyelik fonksiyonlarının taban değerleri ise daha hassas bölgelerde yoğunlaştırılarak seçilmiştir. Deneme yanılma yolu ile elde ettikleri taban değerlerini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçları kontrol ettiklerinde oldukça iyi sonuçlar elde ettiklerini görmüşlerdir.

Şahin ve Bedirhanoglu (2008), yaptıkları çalışmada lifli polimerler ile güçlendirilmiş betonun basınç dayanımını yapay sinir ağları uyarlamalı bulanık mantık ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada kullandıkları daire, kare ve dikdörtgen kesit şekilli beton elemanları beton basınç dayanımları 6 ile 55 MPa arasında değişmektedir. Beton elemanlar ile 288 adet basınç deneyi yapmışlardır. Veri tabanındaki numunelerin sarılmasında karbon, cam ve aramid lifli polimer türleri kullanmışlardır. Sonuç olarak yapılan basınç deneyi sonuçları ile bulanık mantık ile yapılan tahminlerin sonuçlarının birbirlerine çok yakın çıktığı sonucunu elde etmişlerdir.

Çakıroğlu ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmada betonun basınç dayanımını bulanık mantık ile belirlemek için 9 adet 150 mm x 150 mm 150 mm boyutlarında standart küp ve 9 adet 150 mm x 300 mm boyutlarında standart silindir numune üretmişlerdir. Daha sonra bu ürettikleri numuneleri 7, 14 ve 28 günlük sürelerine göre laboratuvar ortamında test etmişlerdir. Test ettikleri silindir ve küp numunelerin sonuçlarını bulanık mantık ile elde ettikleri sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Sonuçları kontrol ettiklerinde testte elde ettikleri sonuçlar ile bulanık mantık ile elde ettikleri sonuçların birbirine yakın ve kabul edilebilir olduklarının sonucuna varmışlardır.

Doran ve ark. (2015)'nin FRP ile güçlendirilmiş kolonların bulanık mantık temelli yapısal davranışını araştırmışlardır. Burada 5 adet girdi (kolon genişliği, kolon uzunluğu, FRP'nin kalınlığı, betonun basınç dayanımı ve FRP'nin elastisite modülü) 1 adet çıktı kullanılmıştır. Çalışmada girdi verilerini deneysel sonuçlara göre seçmişlerdir. Çıkan sonuçlarda FRP ile sarılı kolonların yapısal davranışını tahmin etmede bulanık mantığın ampirik formüllere göre daha güvenilir sonuçlar verdiğinin sonucuna varmışlardır.

Prieto ve ark. (2017)'nin yaptıkları çalışmada tarihi yapıların hizmet ömrünü bulanık mantık yöntemi ile belirleme amaçlayan bir sistem üzerinde çalışmışlardır. Geliştirilen sistem ile bir binanın performansını etkileyen güvenlik açıklarını ve risk değişkenlerini yönetmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada İspanya'da bulunan beş adet tarihi yapı kullanılmıştır. Bu sistemde girdi parametreleri olarak bina yönetimi ve bakım süreci yer alırken çıktı parametresi olarak hizmet ömrü ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar

sonucunda bulanık mantığın yapıların hizmet ömrünün belirlenmesinde önemli bir rolünün olabileceği belirtilmiştir.

Allali ve ark. (2018), deprem sonrasında binaların hasar seviyelerini bulanık mantık yardımı ile değerlendirmek için çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada binaları yapısal parametreler ve yapısal olmayan parametrelere göre değerlendirmişlerdir. Yapısal parametreler olarak temel türü, düşey yük taşıyan elemanlar, yatay yük taşıyan elemanlar, düz çatılar, eğimli çatılar ve döşemeler; yapısal olmayan parametreler ise merdivenler, iç mekân birleşenleri, dış cephe panelleri ve dış birleşenleri kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmalar sonucunda binaların hasar durumlarını %90 olarak doğru tahmin etmişlerdir.

Mohanaselvi ve Hemapriya (2019), binaların deprem hasar tahminlerini belirlemek amacıyla bulanık mantık ile çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmada veri girişi olarak yer hareketi süresi, zemin türü, bina yüksekliği ve bina bakım durumu gibi parametreler ele almışlardır. Çıktı değişkeni olarak binanın aldığı hasar durumunu seçmişlerdir. Binalar düşük, orta ve yüksek olmak üzere hasar seviyelerine göre üç gruba ayrılmıştır. Bulanık mantık yönteminin binaların hasar derecesinin tahmininde oldukça yüksek oranda başarı sağlamışlardır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. İncelenen binaların genel özellikleri

Bu çalışmada kullanılan bina verileri Erdil ve Ceylan (2018)'ın MVP metodu üzerine yaptıkları çalışmadan alınmıştır. Binalar 2011 yılında Van'da meydana gelen depremler, 2002 yılında Afyon'da meydana gelen deprem ve 2003 yılında Bingöl'de meydana gelen depremler sonucunda yapılan incelemeler sonucunda elde edilen 192 bina verisinden oluşmaktadır.

İncelenen 192 binanın yaşanan depremlerden sonra 81'inde hafif hasar, 17'sinde orta ve 58'inde ağır hasar oluşurken 36 adet bina tamamen yıkılmıştır. Ele alınan binaların %51'inin (hafif veya orta hasarlı toplam 98 adet bina) gerekli onarım ve güçlendirme yapıldıktan sonra kullanılabilir durumda olduğu ancak binaların %49'unun ise (ağır hasarlı veya yıkılmış olan toplam 94 adet bina) herhangi bir güçlendirme ve onarım sonucu dahi kullanılamayacak durumda olduğu belirlenmiştir. İncelenen binalar minimum 2.3 MPa maksimum 32 MPa beton basınç dayanımına sahip, minimum 200 m² maksimum 800 m² zemin kat alanı olan ve minimum 2 maksimum 8 katlı yapılardan oluşmaktadır. Yapılarda planda ve düşey doğrultuda düzensizlik durumları bulunmaktadır. Çizelge 3.1.'de çalışmada kullanılan bazı binalara ait yapısal ve mimari özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan bazı bina örnekleri

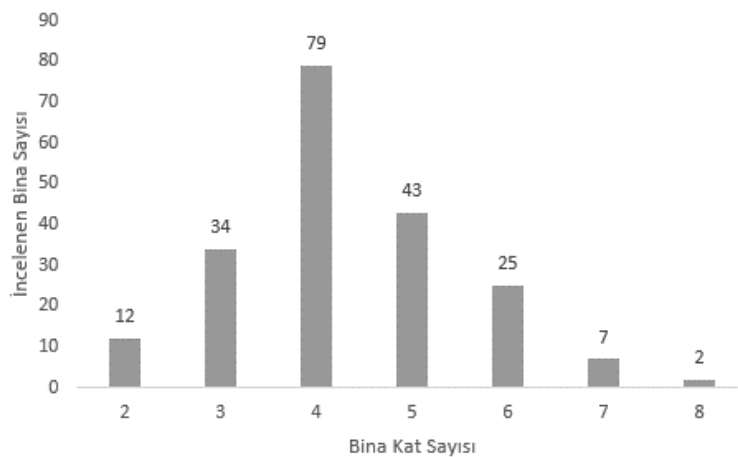
Yapım yılı	Beton basınç dayanım (MPa)	Zemin kat alanı (m ²)	$(A_c+A_{sw})/A_{ft}$	Kat Sayısı	Yumuşak kat	Kısa kolon	Ağır çıkma	Burulma	Çerçeve düzensizliği
1985	15	636	0,81	3	√	√		√	
1984	14	688	0,5	4		√	√	√	√
1990	12	288	0,73	4				√	
1996	5	325	0,7	7				√	√
1970	20	246	0,7	3	√	√	√	√	√
1982	8	263	0,4	5				√	√

Bu çalışmada binaların belirli parametrelerine göre değerlendirmeleri yapıp binaların hasar durumu belirlenmeye çalışılmıştır. Ele alınan parametreler aşağıda başlıklar altında incelenmiştir.

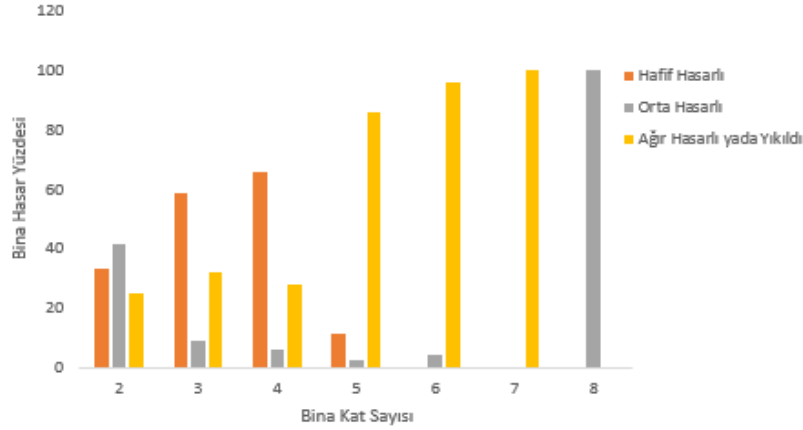
3.1.2. Bina kat sayıları (n) ile hasar ilişkisi

Sucuoglu ve Yazgan (2003) 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra yapılan arazi gözlemleri sonucunda kat sayısı ile binanın aldığı hasar arasında büyük bağlantı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Burada binaların modern deprem tasarım ilkelerine göre inşa edilmediği takdirde kat sayısının artması ile birlikte yapının kütlelerinin artacağını ve buna gelen deprem kuvvetinin artması ile birlikte yapının yeterli bir dayanıma sahip olmaması sebebi ile yapıda hasar miktarının artacağı sonucuna varmışlardır.

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi bu çalışmada kullanılan binalar (2 adet) 8 katlı, (7 adet) 7 katlı, (15 adet) 6 katlı, (43 adet) 5 katlı, (79 adet) 4 katlı, (34 adet) 3 katlı ve (12 adet) 2 katlı olmak üzere toplamda 192 adet binadan oluşmaktadır. Şekil 3.2.'ye bakıldığında ise 3 katlı binalarda ağır hasarlı veya yıkılmış bina sayısının 4 katlı binalara göre fazla olduğu ve 8 katlı binaların orta hasar aldığını 7 katlı binaların ise ağır hasarlı veya yıkılmış olduğunu görülmüştür. Genel tabloya baktığımızda ise binaların kat sayısının artması halinde binaların aldıkları hasar arasında doğru orantı olduğu görülmüştür.



Şekil 3.1. Çalışmada incelenen bina kat sayıları.

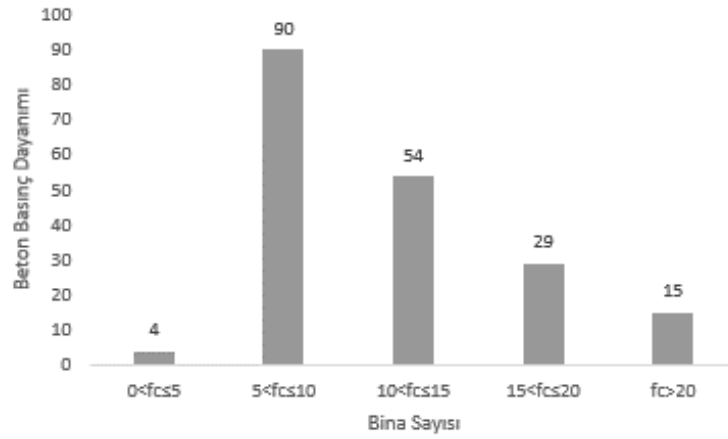


Şekil 3.2. Bina kat sayısı ile hasar yüzdeliği.

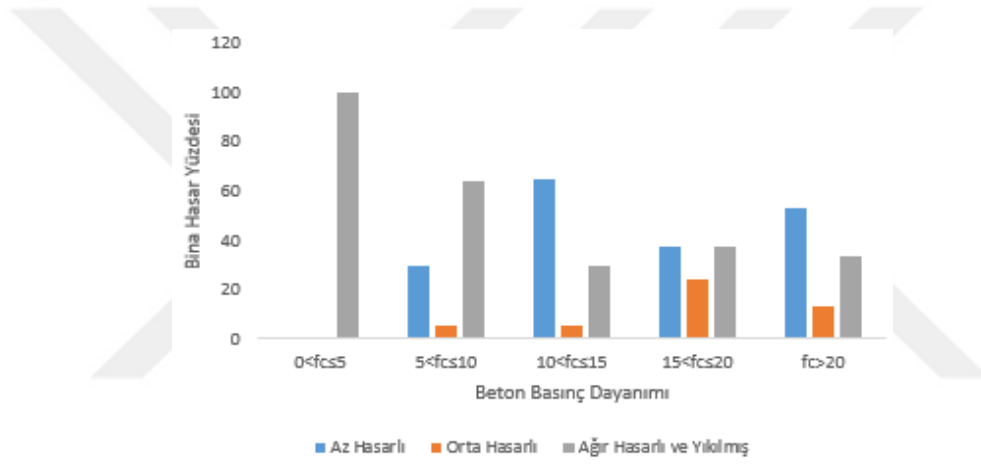
3.1.3. Beton basınç dayanımı (f_{ck}) ile hasar ilişkisi

Deprem performansında önemli parametrelerden biri de betonun basınç dayanımıdır. Fakat incelenen binalar 2002 ve önceki tarihlerde yapılan yapılar olduğundan dolayı basınç dayanımları yeni yönetmelikte istenilen değerlerin çok altında çıkmaktadır. ABYYHY (1998)'e göre deprem bölgelerinde inşa edilecek betonarme yapılarda C16'dan düşük dayanım sınıfına sahip betona kullanılmasına izin verilmemiştir. Birinci ve ikinci derecede deprem bölgelerinde ise C20 veya daha yüksek beton dayanımına sahip beton kullanılmasını zorunlu kılınmıştır. DBYBHY (2007)'ne göre ise en düşük beton basınç dayanımı C20/25 olarak tarif edilmektedir. TBDY2018'e göre ise hazır beton için C25/30, ön üretimli beton elemanlar için C30/37 olarak belirlenmiştir.

İncelenen binalarda ise C25/30 değerini sağlayan 8 adet bina bulunmaktadır. Bunu tüm binalara göre oranladığımızda ise %4 gibi düşük bir değer ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.'te incelenen binalara ait beton basınç dayanımı ve hasar ilişkisi gösterilmiştir.



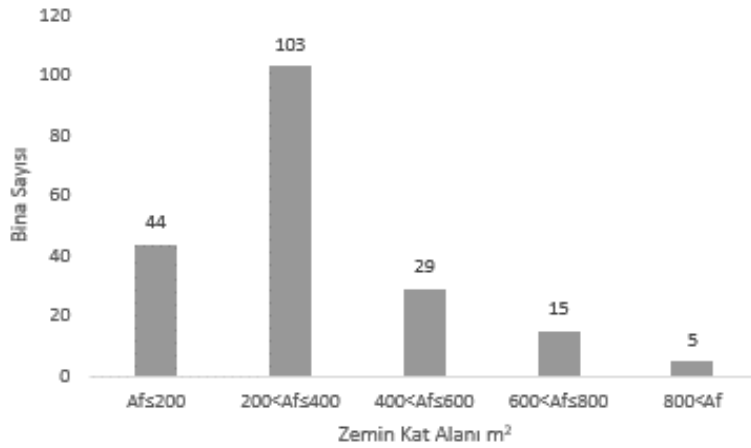
Şekil 3.3. Binalara ait beton basınç dayanım sınıfı (f_{ck}).



Şekil 3.4. Binalara ait beton basınç dayanımına göre hasarları.

3.1.4. Zemin kat alanı ile hasar ilişkisi

İncelenen binaların zemin kat alanı (A_{floor}) ile hasar durumu arasındaki ilişkiye bakıldığında zemin kat alanının azalması ile binanın alacağı hasarın arttığı görülmektedir. Şekil 3.5.'te zemin kat alanı ile bina sayısı arasındaki ilişki gösterilmiştir. Şekil 3.6.'da binaların zemin kat alanı ile depremde aldıkları hasar ilişkileri gösterilmektedir. İncelenen binalarda zemin kat alanının azalması ile binaların hasar düzeyinin arttığı görülmektedir. Zemin kat alanının artması halinde binanın hasar düzeyi azalmaktadır.



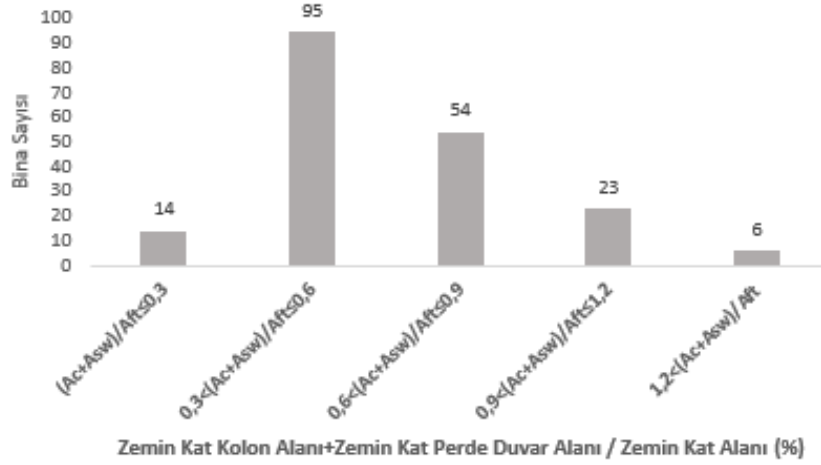
Şekil 3.5. Bina sayısı ile zemin katı alan ilişkisi.



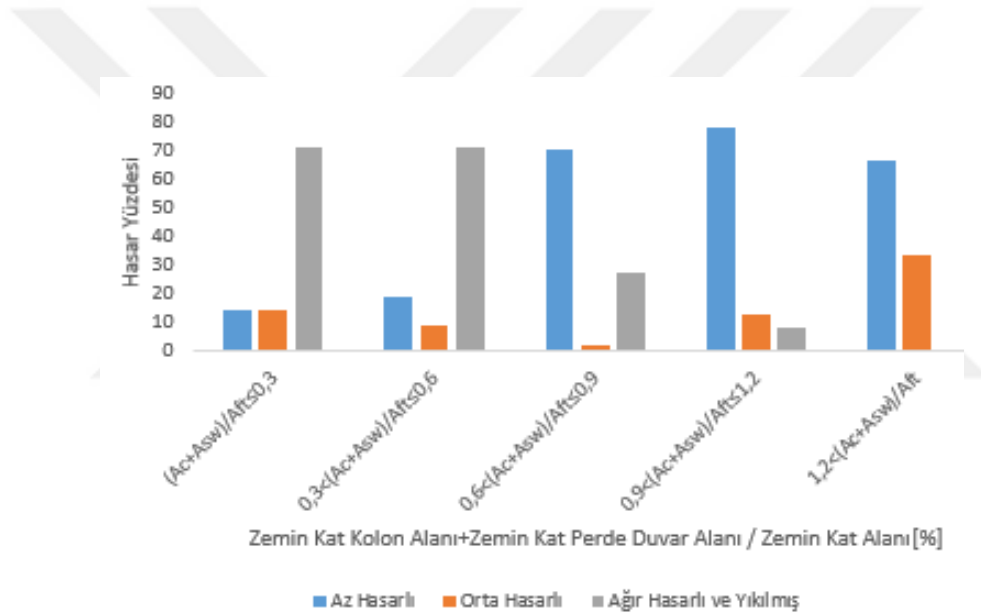
Şekil 3.6. Zemin kat alanı (A_{floor}) ile hasar ilişkisi.

3.1.5. Düşey taşıyıcı eleman alanları ile hasar ilişkisi

Bu çalışmada kullanılan binaların toplam kolon alanı ve perde duvar alanının toplamının zemin kat alanına oranı Şekil 3.7.'de verilmiştir. Zemin katta bulunan toplam kolon alanı (A_c) ve perde duvar alanı (A_{sw})'nin toplam zemin kat alanına oranının yüzdelik olarak oranının bina hasarı ile arasındaki ilişki Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında toplam kolon alanı ve perde duvar alanının toplamının zemin kat alanına oranı azaldığında binanın aldığı hasarın arttığı görülmektedir. Buradaki aralıklar Erdil ve Ceylan (2018)'nin yaptığı çalışmadan alınmıştır.



Şekil 3.7. Binalardaki $(A_c + A_{sw})$ 'nin toplam zemin kat alanına oranı.



Şekil 3.8. $(A_c + A_{sw})$ 'nin toplam zemin kat alanına oranı ile hasar ilişkisi.

3.1.6. Düzensizlik durumları

TBDY2018'ne göre depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binaların tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik olmak üzere iki tür düzensizlik tanımlanmıştır. Planda düzensizlikler:

A1 – Burulma Düzensizliği, A2 – Döşeme Süreksizlikleri, A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması olmak üzere üç tane planda düzensizlik bulunmaktadır. Düşey doğrultuda düzensizlikler ise: B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat), B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat), B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği olmak üzere üç tanedir.

Yapılan bu çalışmada değerlendirilen binalarda bulunan Planda Düzensizliklerden iki adet olmak üzere (Burulma Düzensizliği ve Planda Çıkıntılarının Bulunması) gibi düzensizlikler dikkate alınmıştır. Düşey Doğrultudaki Düzensizliklerden iki adet olmak üzere (Zayıf Kat Düzensizliği ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri) dikkate alınmıştır.

İncelenen 192 adet binada en az bir adet, en fazla beş adet düzensizlik durumu bulunmaktadır.

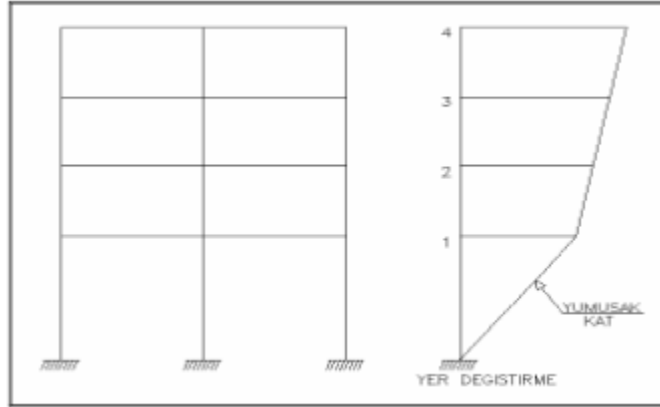
3.1.6.1. Yumuşak/Zayıf kat düzensizliği

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki toplam etkili kesme alanının, bir üst kattaki toplam etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı'nın 0.80'den küçük olması durumuna zayıf kat düzensizliği olarak adlandırılmaktadır (TBDY, 2018).

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı'nın 2.0'den fazla olması durumu ise yumuşak kat düzensizliği olarak adlandırılmaktadır (TBDY, 2018).

Zemin katı, dükkân ve asma katlı dükkân olan binalarda, zemin kat bölme duvarları genellikle bulunmamaktadır. Üst katlar ise bölme duvarlar yapıldığından dolayı daha rijit davranmaktadır. Burada bütün enerji zemin kat tarafından tüketildiğinden dolayı yumuşak kat düzensizlikleri hasarı oluşmaktadır. Ülkemizde birçok konut ve işyeri binası altta iş yeri olacak şekilde inşa edilmiştir. Genellikle depremler ile birlikte ülkemizde bu hasar türüne sık rastlanmaktadır (Ertürkmen ve Çağatay, 2016).

Şekil 3.9.'da yumuşak kat düzensizliği gösterilmiştir. İncelenen 192 binadan 86'sında yumuşak kat düzensizliği vardır ve bu binaların %57'sinin ağır hasar aldığı veya yıkıldığı görülmektedir.



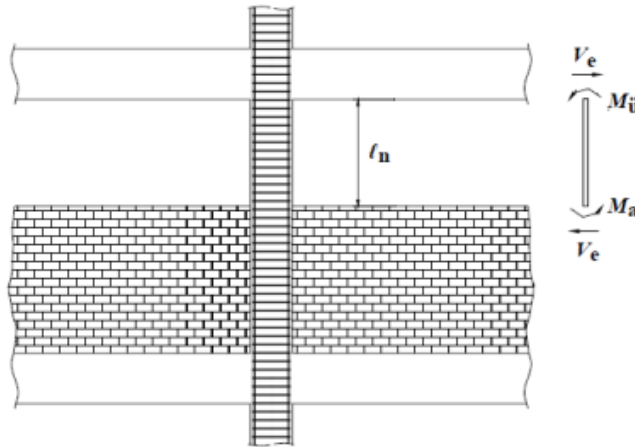
Şekil 3.9. Yumuşak kat düzensizliği (Altuntop, Akış, Güneş 2007).

3.1.6.2. Kısa kolon

Kısa kolon davranışı, yapı elemanlarında donatı çeliğinin akmaması durumunda depremin enerjisi yeterince sönmülenmeden elemanların kesme kapasitelerinin aşılmasıyla gevrek bir şekilde göçme hasarının oluşmasıdır (Meral, 2019).

Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem nedeni ile veya dolgu duvarlarında kolonlar arasında bırakılan boşluklar nedeni ile oluşabilirler (TBDY, 2018). Şekil 3.10.'da kısa kolon gösterilmiştir.

Kısa kolonlara genellikle bant pencereler, bodrum kattaki havalandırma pencereleri, kolon yükseklikleri boyunca devam etmeyen dolgu duvarlar vb. etkenler neden olmaktadır.



Şekil 3.10. Kısa kolon oluşumu (TBDY, 2018).

İncelenen 192 binadan 47 tanesinde kısa kolon kat düzensizliği bulunmaktadır. Kısa kolon bulunan 47 binanın %76.6'sı hafif hasar orta hasar olarak belirlenmiş 23.4'ü ise ağır hasar almış veya yıkılmıştır.

3.1.6.3. Ağır çıkma

Ağır çıkma çok katlı betonarme yapıların çerçeve sisteminin dışına yapılan balkonlar veya çıkıntılardan oluşan düzensizlikler olarak tanımlanabilir (Ercan, 2013). Yapılar bu şekilde yapılırken genellikle üst katlarda yapının çerçeve akslarının dışına ankastre çıkıntılar yapılarak elde edilir.

Binaların çerçeve sistemleri dışında yapılmış ağır parapetli balkonlar ve zemin katında çekme bırakılan yapılarda bina kütlelerinde düzensizlik meydana gelmektedir. Ağır çıkmalar bina kütle merkezinde değişimler yarattığından bina üzerine gelen deprem etkisi artmakta ve binaların depremde aldığı hasarlar artmaktadır (Tokgöz ve Bayraktar, 2015). Şekil 3.11.'de ağır çıkma bulunan bir yapı örneği gösterilmiştir.

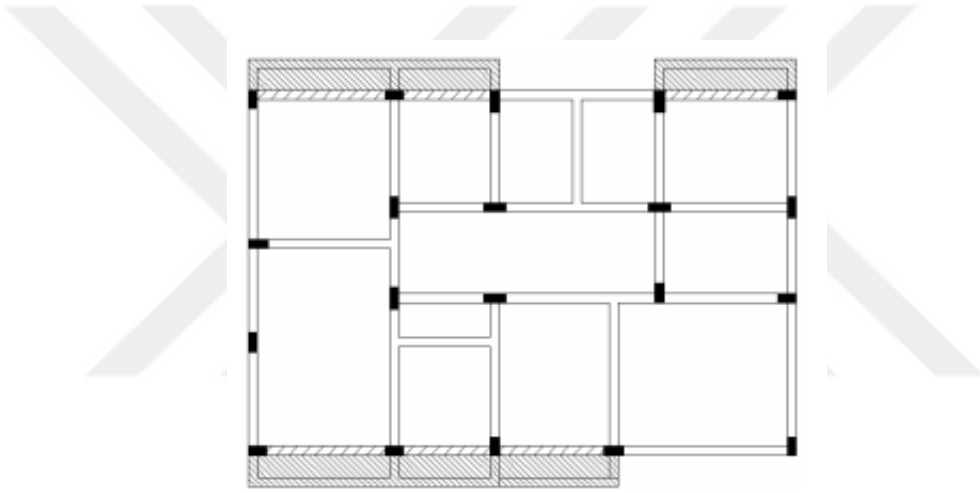


Şekil 3.11. Ağır çıkma bulunan bir yapı (Özmen, 2005).

İncelenen binaların 192 tanesinde 69 tanesinde ağır çıkma düzensizliğinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ağır çıkma bulunan 69 binanın %62.3'ünün ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir.

3.1.6.4. Çerçeve düzensizliği

Çerçeve süreksizliği ülkemizde yaygın olarak görülen bir durumdur. Bu durumun ortaya çıkmasının başlıca nedeni bina içerisinde mimari kullanım alanını arttırma ya da oda sayısını arttırmak olarak düşünülebilir. Zemin katlardan sonra üst katlarda kapalı çıkmalar ve giriş süreksizlikleri çerçeve süreksizliğine en yaygın örnekler olarak verilebilir. Kapalı çıkma yapılan bölgede odanın ortasından giriş geçmesi istenmediğinden çoğunlukla kolonlar girişler tarafından birleştirilmez ve çerçevede süreksizlik oluşur (İnel ve ark., 2009). Şekil 3.12.'de çerçeve süreksizliğine örnek verilmiştir.



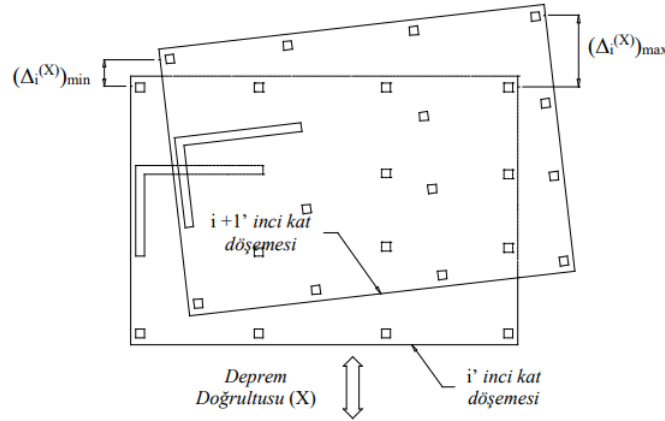
Şekil 3.12. Çerçeve süreksizliği (İnel ve ark., 2009).

İncelenen 192 binadan 120'sinde çerçeve düzensizliğinin belirlenmiş ve çerçeve düzensizliği bulunan 120 binanın %52.5'inin ağır hasar aldığı veya yıkıldığı tespit edilmiştir.

3.1.6.5. Burulma düzensizliği

Bir yapının depreme dayanıklılığı konusunda önemli parametrelerden biri de burulma düzensizliğidir. Yapılan yapılarda burulma düzensizliğinin oluşması istenmez. Burulma düzensizliğinin oluşması halinde yapıya ait taşıyıcı sistemde iç kuvvetler artar ve bunu karşılamak için daha fazla donatı kullanılması gerekmektedir. Bu da ekonomik yapılar inşa etmenin önüne geçmektedir. (Erdem, 2016). TBDY2018'e göre burulma

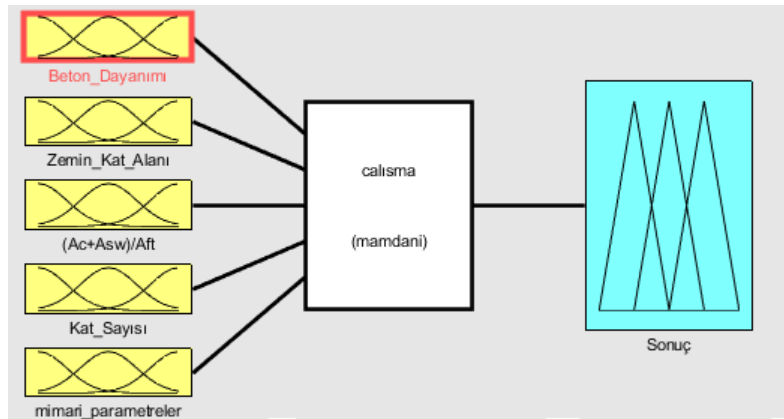
düzensizliği “birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreceli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreceli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} ’nin 1.2’den büyük olması durumu” olarak tarif edilmiştir. Şekil 3.13.’te TBDY2018’de ifade edilen burulma düzensizliğine örnek verilmiştir.



Şekil 3.13. Burulma düzensizliği (TBDY, 2018).

3.2. Yöntem

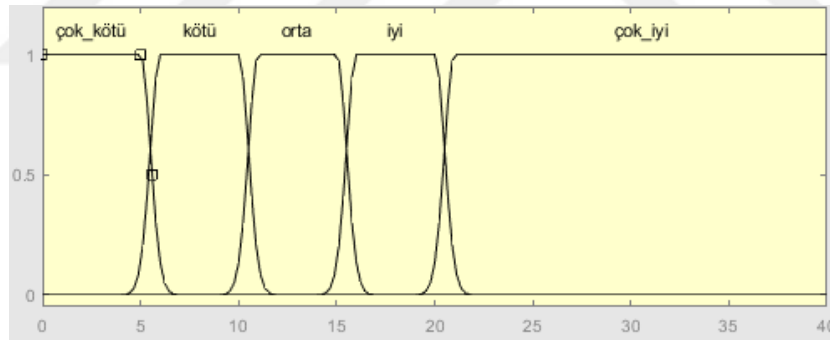
Bu kısımda binalara ait deprem performanslarının Matlab Fuzzy Logic Toolbox yardımı ile belirli parametreler ile bulunmaya çalışılmıştır. Kullanılan bu parametreler: beton dayanımı, zemin kat alanı, $A_c + A_{sw}/A_{ft}$, kat sayısı ve mimari parametrelerdir. Bu yöntem kullanılırken hangi yolların incelendiği anlatılmıştır. Şekil 3.14.’te bulanık mantık yöntemi için oluşturulmuş sistem gösterilmektedir.



Şekil 3.14. Bulanık mantık sistemi.

3.2.1. Beton basınç dayanımı (f_{ck}) için puanlama

Matlab programına incelenen beton basınç dayanımları için kullanılan üyelik fonksiyonunun değerleri Şekil 3.15.'te gösterildiği gibi girilmiştir. Girilen binalara ait beton basınç değerlerine ait puanlama dereceleri çok kötü, kötü, orta, iyi ve çok iyi gibi gruplara ayrılmıştır. Girilen binaya ait beton basınç dayanımı 0MPa-5MPa arasında ise çok kötü, 5MPa -10MPa arasında ise kötü, 10MPa -15MPa arasında ise orta, 15MPa - 20MPa arasında ise iyi ve 20MPa-40MPa arasında ise çok iyi olarak puanlanır. Buradaki aralıklar Deprem Yönetmeliği ve TS500'de belirtilen tasarım beton basınç dayanımları dikkate alınarak seçilmiştir. Üyelik fonksiyonu seçilirken verilere en uygun olan gauss üyelik fonksiyonu ile trapez üyelik fonksiyonuna göre binaların sonuçları değerlendirilmiştir. İki üyelik fonksiyonunun sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Fakat gauss üyelik fonksiyonlarından daha hassas değerler girilebildiği için gauss üyelik fonksiyonu seçilmiştir.

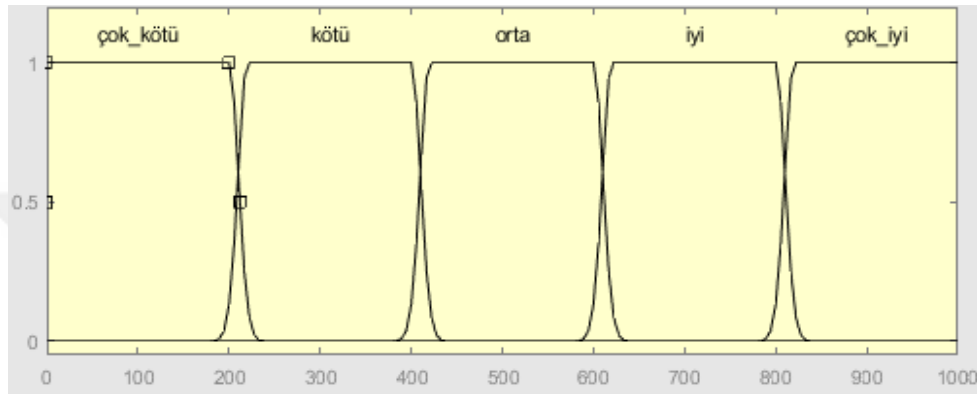


Şekil 3.15. Beton basınç dayanımı üyelik fonksiyonu.

3.2.2. Zemin kat alanı için puanlama

Binanın deprem performansını belirlemede kullanılan zemin kat alanı parametresine ait üyelik fonksiyonu değerleri Şekil 3.16.'da gösterildiği gibi girilmiştir. Burada zemin kat alanı küçükten büyüğe doğru puanlandırılmıştır. Puanlama çok kötü, kötü, orta, iyi ve çok iyi olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada girilen binaların zemin kat alanları 200m² 'den küçük ise çok kötü, 200 m²-400m² arasında ise kötü, 400 m²-600m² arasında ise orta 600 m²-800m² arasında ise iyi ve 800 m² den büyük ise çok iyi olarak

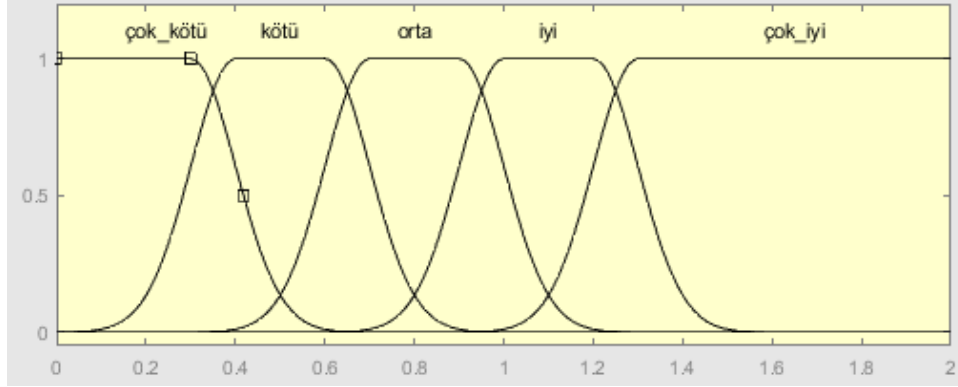
puanlanmıştır. Tez çalışmasında incelenen binalar en az iki katlı olduklarından zemin kat alanının önemli bir parametre olduğu değerlendirilerek aralıklar belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonu seçilirken verilere en uygun olan gauss üyelik fonksiyonu ile trapez üyelik fonksiyonuna göre binaların sonuçları değerlendirilmiştir. İki üyelik fonksiyonunun sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Fakat gauss üyelik fonksiyonlarından daha hassas değerler girilebildiği için gauss üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 3.16. Zemin kat alanı üyelik fonksiyonu.

3.2.3. Düşey taşıyıcı elemanların alanlarının zemin kat alanına oranı için puanlama

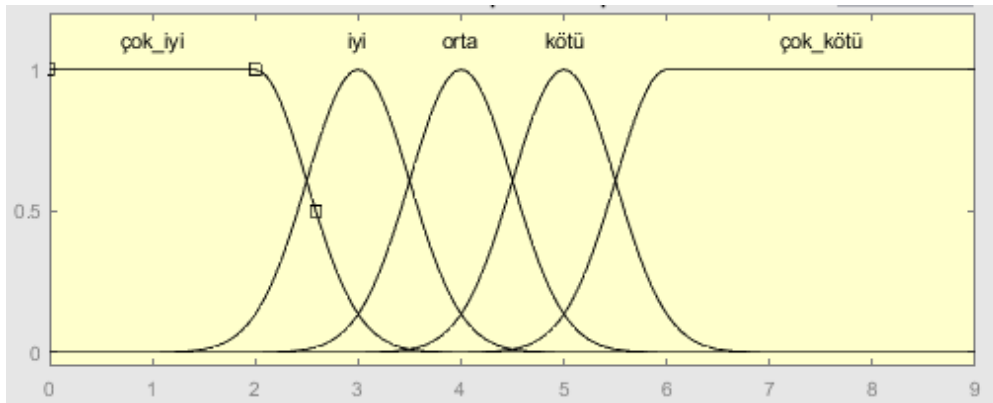
Bu çalışmada kullanılan zemin katta bulunan kolon ve perde duvarların toplam alanının zemin kat alanına oranı Şekil 3.17.'de verilmiştir. Kullanılan puanlamalar çok kötü, kötü, orta, iyi ve çok iyi olarak puanlandırılmıştır. Binalardan alınan veriler yüzdelik olarak girilmiştir. Seçilen değerler yüzde olarak seçilmiştir. Puanlamanın %0.3'ten küçük olması halinde çok kötü, %0.3-%0.6 arasında bir değer alıyor ise kötü, %0.6-%0.9 arasında bir değer alıyor ise orta, %0.9-%1.2 arasında bir değer alırsa iyi ve %1.2 den büyük bir değer alırsa çok iyi puan alacağı belirtilmiştir. Üyelik fonksiyonu seçilirken verilere en uygun olan gauss üyelik fonksiyonu ile trapez üyelik fonksiyonuna göre binaların sonuçları değerlendirilmiştir. İki üyelik fonksiyonunun sonuçları birbirine yakın bulunmuştur. Fakat gauss üyelik fonksiyonlarından daha hassas değerler girilebildiği için gauss üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 3.17. Zemin katta bulunan toplam kolon ve perde duvar alanının zemin kat alanına oranına ait üyelik fonksiyonu.

3.2.4. Kat sayısı için puanlama

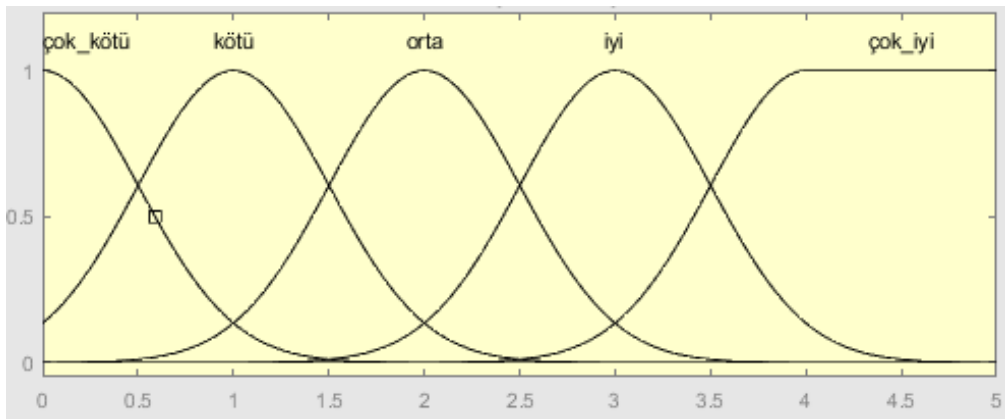
Binalara ait kat sayılarının girildiği üyelik fonksiyonu Şekil 3.18.'de verilmiştir. Burada binalara ait kat sayıları çok iyi, iyi, orta, kötü ve çok kötü olarak puanlandırılmıştır. Kat sayısı 2 katın altında ise çok iyi, 3 katlı bir yapı ise iyi, 4 katlı bir yapı ise orta, 5 katlı bir yapı ise kötü ve yapı 6 kattan fazla kata sahip ise çok kötü olarak puanlandırılmıştır. Üyelik fonksiyonu seçilirken verilere en uygun olan gauss üyelik fonksiyonu ile üçgen üyelik fonksiyonuna göre binaların sonuçları değerlendirilmiştir. İki üyelik fonksiyonunun sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. Fakat gauss üyelik fonksiyonlarından daha hassas değerler girilebildiği için gauss üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 3.18. Kat sayısına ait üyelik fonksiyonu.

3.2.5. Mimari parametreler için puanlama

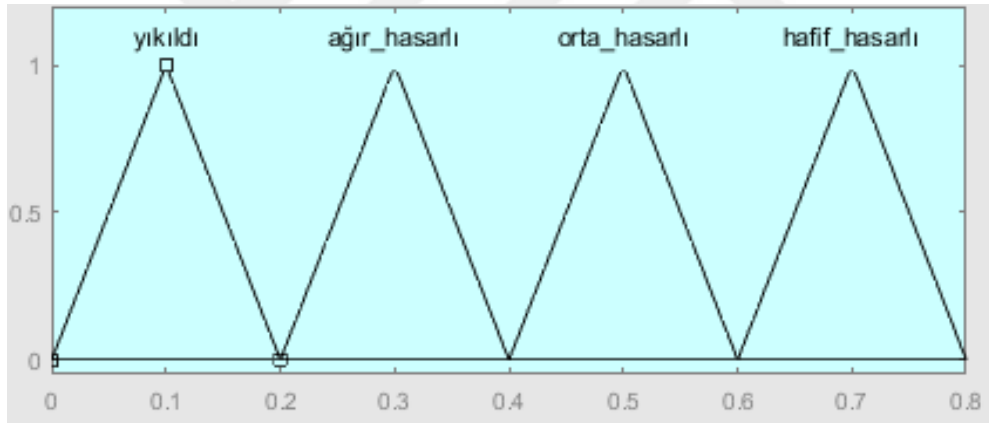
Bu kısımda binalara ait bazı düzensizlikler değerlendirilmiştir. Binalara ait kısa kolon, çerçeve düzensizlikleri, burulma düzensizliği, ağır çıkma, yumuşak kat gibi düzensizliklerin bulunup bulunmamasına göre bina için bir puanlama yapılır. Binanın en başta mimari parametreleri için toplamda 5 puanı vardır. Her bir düzensizliğin bulunması halinde binadan bir puan azaltılır ve kalan puan binanın mimari parametrelerden alacağı puanlama olarak seçilir. Şekil 3.19.'da gösterildiği gibi binanın alacağı puanlama durumları çok kötü, kötü, orta, iyi, çok iyi olarak gösterilmiştir. Burada yapıda düzensizlik bulunmuyorsa ya da 1 tane düzensizlik bulunursa çok iyi olarak puanlanır. Yapıda 2 tane düzensizlik bulunursa iyi olarak puanlanır. Yapıda 3 tane düzensizlik bulunursa orta olarak puanlanır. Yapıda 4 tane düzensizlik bulunursa kötü olarak puanlanır. Yapıda 5 tane düzensizlik bulunursa yapı çok kötü olarak puanlanır. Düzensizlik durumlarının bina puanlaması üzerine yaptığı etki eşit olarak kabul edilmiştir. Düzensizlik durumlarının puanlamaya etkisi üzerine çalışmalar yapıldığında sonuçlarda bir değişiklik görülmemiştir. Üyelik fonksiyonu seçilirken verilere en uygun olan gauss üyelik fonksiyonu ile üçgen üyelik fonksiyonuna göre binaların sonuçları değerlendirilmiştir. İki üyelik fonksiyonunun sonuçları birbirine yakın bulunmuştur. Fakat gauss üyelik fonksiyonlarından daha hassas değerler girilebildiği için gauss üyelik fonksiyonu seçilmiştir.



Şekil 3.19. Mimari parametrelere ait üyelik fonksiyonu.

3.2.6. Sonuç üyelik fonksiyonu

Şekil 3.20.'de sonuçları gösteren üyelik fonksiyonu gösterilmiştir. Burada üyelik fonksiyonu olarak üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Binaların hasar durumlarını gösteren 4 adet (yıkılan, ağır hasarlı, orta hasarlı, hafif hasarlı) hasar durumu dikkate alınmıştır. Binalar test edilirken hasar durumu için çıkan puan 0 ile 0.2 aralığında ise bina yıkıldı olarak kabul edilir. 0.2 ile 0.4 aralığında ise bina ağır hasarlı olarak kabul edilir. Puan 0.4 ile 0.6 aralığında ise orta hasarlı kabul edilir. Son olarak puan 0.6 ile 0.8 aralığında ise hafif hasarlı olarak kabul edilir. Sonuç üyelik fonksiyonunun binanın hasar durumu kesin bir şekilde belirtmesi için aralıklar bırakılarak çizilmiştir. Binanın hasar puanı ortak sınırlar içerisinde kalması durumunda daha olumsuz olan sınır kabul edilebilir. Sonuçların durulama işleminde en uygun olan yöntem olarak ağırlık merkezi ortalaması kullanılmıştır.



Şekil 3.20. Sonuç üyelik fonksiyonu.

3.3. Kuralların Oluşturulması

Matlab programında Fuzzy Logic Toolbox ile oluşturulan üyelik fonksiyonları binaların hasar durumlarına göre EĞER — O HALDE (IF — THEN) kurallarına göre yazılmıştır. Bu kurallar yazılırken Mamdani Çıkarım sistemi kullanılmıştır (Mamdani, 1974). Kurallar yazıldıktan sonra durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemi referans alınmıştır. Toplamda 98 adet bina eğitme verisi olarak ele alınmıştır. Geriye

kalan 94 adet bina test için kullanılmıştır. Kurallar örnek olarak aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

- If(Beton Dayanımı çok iyi) and (Zemin Kat Alanı çok iyi) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ çok iyi) and (Kat Sayısı çok iyi) and (Mimari Parametreler çok iyi) then (Sonuç Hafif Hasarlı)
- If(Beton Dayanımı orta) and (Zemin Kat Alanı orta) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ çok iyi) and (Kat Sayısı çok iyi) and (Mimari Parametreler çok iyi) then (Sonuç Hafif Hasarlı)
- If(Beton Dayanımı iyi) and (Zemin Kat Alanı çok kötü) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ kötü) and (Kat Sayısı iyi) and (Mimari Parametreler çok iyi) then (Orta Hasarlı)
- If(Beton Dayanımı iyi) and (Zemin Kat Alanı kötü) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ kötü) and (Kat Sayısı iyi) and (Mimari Parametreler orta) then (Orta Hasarlı)
- If(Beton Dayanımı kötü) and (Zemin Kat Alanı kötü) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ orta) and (Kat Sayısı orta) and (Mimari Parametreler orta) then (Yıkıldı)
- If(Beton Dayanımı kötü) and (Zemin Kat Alanı kötü) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ kötü) and (Kat Sayısı çok kötü) and (Mimari Parametreler çok iyi) then (Yıkıldı)
- If(Beton Dayanımı iyi) and (Zemin Kat Alanı kötü) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ orta) and (Kat Sayısı çok kötü) and (Mimari Parametreler iyi) then (Ağır Hasarlı)
- If(Beton Dayanımı orta) and (Zemin Kat Alanı iyi) and $((A_c+A_w)/A_{ft}$ kötü) and (Kat Sayısı kötü) and (Mimari Parametreler kötü) then (Ağır Hasarlı)

Girilen kurallar sonucunda hasar durumları test edilmek istenen binalara ait beton basınç dayanımı, zemin kat alanı, zemin katta bulunan kolon ve perde duvarların alanlarının zemin kat alanına oranları, bina kat sayısı ve belirli düzensizlik durumlarına ait değerler girildikten sonra binanın hasar durumu sonuç kısmında anlatıldığı gibi verilen değerlerin aralıklarında çıkmaktadır.



4. TARTIŞMA VE BULGULAR

Deprem performansı, bir deprem anında binada oluşabilecek hasar düzeyi veya binanın deprem karşısındaki davranışı olarak tanımlanabilir. Literatürde yapıların aşamalı olarak değerlendirilebileceği birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ikinci kademe değerlendirme yöntemleri yapıları az-orta-ağır-yıkılmış olarak değerlendirmek yerine binaların performans puanlarını dikkate almıştır. Erdil ve Ceylan (2018)'ın oluşturduğu MVP metodu bir binanın moment, kesme kuvveti ve eksenel yük etkileşim tabanlı yöntem ile binaların hasar görebilirliğini belirlemesi üzerine oluşturulmuştur. Özcebe ve ark. (2003) geliştirilen yöntemde hemen kullanım ve can güvenliği performans seviyelerini esas almalarına rağmen, Otani (2000) ve JBDPA (2001) hasar görebilme riski şeklinde binaları sınıflandırmıştır. Yakut (2004), Hassan ve Sözen (1997) ve Tezcan ve ark. (2011) bina performans puanını sınır değerler ile karşılaştırarak öncelikli müdahale edilecek binaları belirlemeyi amaçlamıştır.

Bu tez kapsamında Erdil ve Ceylan (2018)'nın yaptıkları çalışmalar ile MVP yöntem 2, Hassan ve Sözen (1997), Otani (2000), JBDPA (2001), Yakut (2004) ve Tezcan ve ark. (2011) yöntemlerine göre değerlendirdikleri Van, Afyon ve Bingöl depremlerinden etkilenen toplam 192 adet binaya ait deprem performansları sonuçları bulanık mantık ile elde sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Mantıklı bir karşılaştırma yapabilmek için sonuçların ortak bir paydada buluşturulması gerekir. Buradan hareketle binalar bu çalışmada ikiye ayrılmıştır. Hasarsız-hafif hasarlı-orta hasarlı binalar düşük hasar riskli (DHR) binalar, ağır hasarlı-yıkık binalar ise yüksek hasar riskli (YHR) binalar olarak değerlendirilmiştir. Bu ayrımın binanın deprem sonrası kullanılıp kullanılamayacağı temel alınmıştır. Olası bir deprem sonrası hasarsız binaların hemen kullanılabileceği, hafif hasarlı binaları onardıktan sonra kullanılabileceği, orta hasarlı binaların güçlendirildikten sonra kullanılabileceği ve ağır hasarlı binaların kullanılamayacağından yıkılması gerektiği bilinmektedir. Bu amaçla deprem sonrası kullanılabilecek binalar DHR, kullanılamayacak binalar YHR olarak tanımlanacaktır (Erdil ve Ceylan, 2018). Binaların deprem performanslarının ve olası hasar durumlarının değerlendirilmesinde kullanılabileceği için bu çalışma binaların sismik performansının belirlenmesinde literatüre katkıda bulunacaktır. Yöntemlerden elde edilen sonuçlar aşağıda sırası ile verilmiştir.

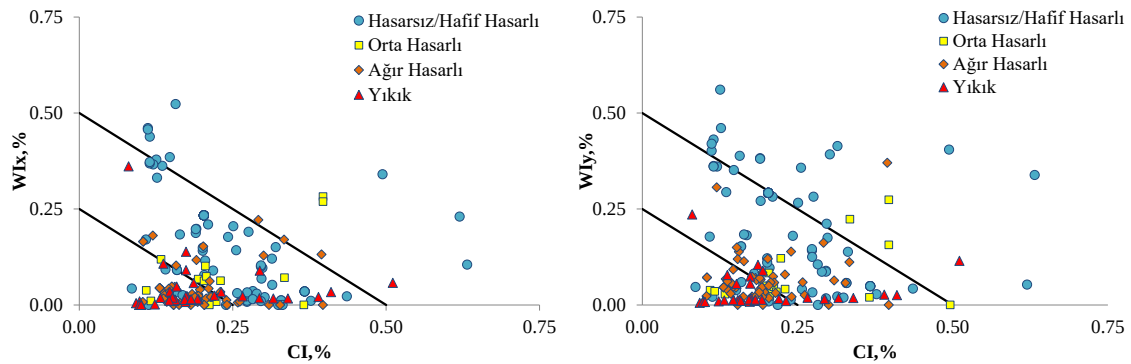
4.1. Hassan ve Sözen Yöntemi Sonuçları

Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) ikinci kademe değerlendirme yöntemlerin temelini oluşturmasında önemli yere sahiptir. Yöntem uygulanması bakımından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Toplamda beş parametre kullanılarak binaların deprem performansını hızlı ve basit bir şekilde belirlemeyi amaçlayan Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)'de kullanılan parametreler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hassan ve Sözen (1997) Yönteminde kullanılan parametreler

Kolon Alanı
Dolgu Duvar Alanı
Perde Duvar Alanı
Toplam Kat Alanı
Kat Sayısı

Erdil ve Ceylan (2018)'nin Hassan ve Sözen Yöntemi (1997)'ni kullanarak test ettikleri 192 adet binada düşük hasar riski (DHR) kategorisindeki (hasarsız/az hasarlı/orta hasarlı) binaların deprem performansında %80.6'lık, yüksek hasar riski (YHR) kategorisindeki binalarda ise %53.2'lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Bu yöntemde kullanılan $CI = \%0.25$ ve $WI = \%0.25$ çizgisinin DHR binaları YHR binalardan ayırdığı varsayılmıştır. Bu yöntem için toplamda binaların deprem performansının belirlenmesinde %67.2'lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Şekil 4.1.'de Hassan ve Sözen (1997) Yöntemini kullanarak test edilen binaların sonuçları gösterilmiştir.



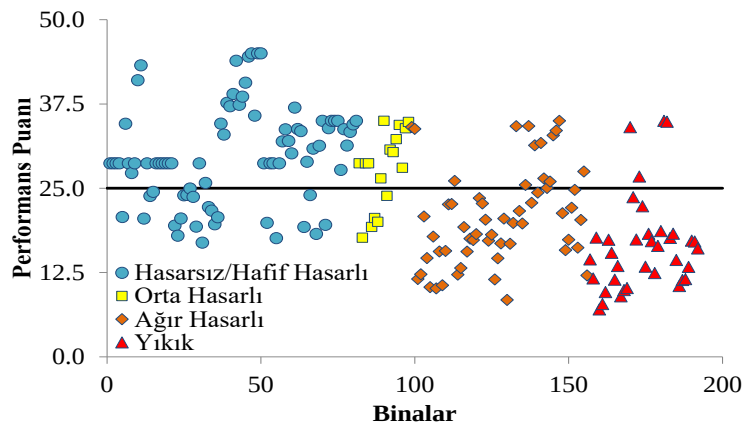
Şekil 4.1. Ele alınan binalar için Hassan ve Sözen Yöntemi (1997) sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018).

4.2. Tezcan ve Ark. Yöntemi Sonuçları

Bu yöntem 25 parametre ile basit gözlem ve ölçümler kullanılarak geliştirilen olası bir deprem sonrasında binanın güvenli olup olmadığı hakkında bilgi veren metottur. P25 Yönteminde deprem performansının belirlenmesinde çok aşamalı bir metot önerilmektedir. Bu yöntemde kullanılan parametreler Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Erdil ve Ceylan (2018)'ın yaptığı çalışmalar sonucunda incelenen 192 binanın YHR kategorisinde %79.8'ini, DHR kategorisinde ise %71.4'ünü doğru tahmin etmiştir. Bu yöntem için toplamda binaların deprem performansının belirlenmesinde %75.5'lik bir başarı oranı elde edilmiştir. Şekil 4.2'de yapılan çalışmalar sonucunda bina deprem performansının belirlenmesinde P25 Yönteminde elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Tezcan ve ark. (2011) Yönteminde kullanılan parametreler

Parametreler				
Bina Ağırlığı	Zemin Faktörü	Yük Dağılımı Etkisi	Perde Duvar Alanı	Güçlü Kolon Kriteri
Kolon Alanı	Temel	Asma Kat	Kısa Kolon	Burulma
Beton Dayanımı	Ağır Çıkma	Kat Sayısı	Zemin Faktörü	Etriye Aralığı
Korozyon	Bina Yüksekliği	Bina Plan Boyutları	Rijitlik Faktörü	Yeraltı Su Seviyesi
Süreksizlik	Dolgu Duvar Alanı	Çekiçleme	Kat Yüksekliği	Zayıf/Yumuşak Kat



Şekil 4.2. Ele alınan binalar için Tezcan ve ark. (2011) Yöntemi sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018).

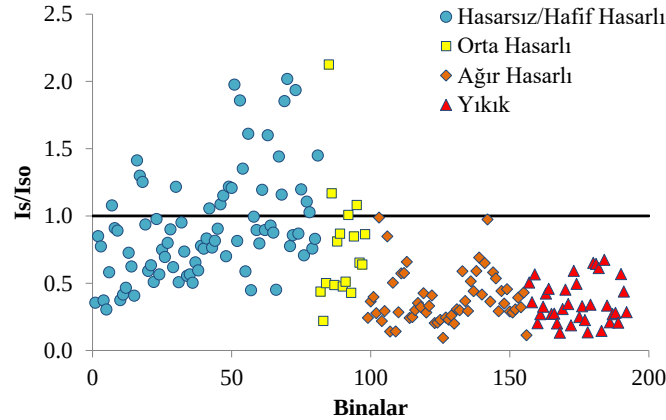
4.3. JBDPA Yöntemi Sonuçları

Japon Sismik İndeks Yöntemi binaların deprem güvenliğini belirlemek için kullanılan üç aşamalı bir yöntem olup; yöntem esası eşit enerji kavramına dayanmaktadır. Japon Sismik İndeksinde toplamda 16 adet parametre kullanılmıştır. Kullanılan parametreler Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Japon Sismik İndeksinde kullanılan parametreler

Parametreler			
Bodrum Kat	Süreksizlik	Perde Duvar Alanı	Zamana Bağlı Def.
Kolon Alanı	Zemin Faktörü	Kısa Kolon	Topoğrafik Etki
Beton Dayanımı	Kat Sayısı	Zemin Faktörü	Bina Kul. Amacı
Bina Yapım Yılı	İşçilik Kalitesi	Rijitlik Faktörü	Zayıf/Yumuşak Kat

Erdil ve Ceylan (2018)'nin yaptığı çalışmalar sonucunda incelenen 192 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %100'ü doğru tahmin edilmesine rağmen DHR kategorisindeki binaların sadece %29.6'sı doğru tahmin etmişlerdir. Genel olarak binaları test ettiklerinde ise başarı oranının %64.1 olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmada sınır değer "1.0" a göre alınmıştır. Fakat bu yöntem Japonya'daki bina kalitesini dikkate alarak geliştirildiğinden yapı ve sistemlerdeki farklılıklar sebebiyle ülkemizdeki binalar için bu sınır değer geçerli olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.3. JBDPA Yöntemi (2001) sonuçları (Erdil ve Ceylan, 2018).

4.4. Otani Yöntemi Sonuçları

JBDPA Yöntemi (2001)'ne benzer bir yöntem olan Otani Yöntemi (2000)'de sınırlar daha düşük olarak alınmaktadır. Bu yöntemde kullanılan parametreler Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Otani Yöntemi (2000)'de kullanılan parametreler

Parametreler			
Kolon Alanı	Zemin Faktörü	Zemin Faktörü	Zayıf/Yumuşak Kat
Beton Dayanımı	Kat Sayısı	Rijitlik Faktörü	Bina Ağırlığı
Süreksizlik	Bina Periyodu	Burulma	
Süneklik	Perde Duvar Alanı	Toplam Kat Alanı	

Erdil ve Ceylan (2018) 192 adet binayı test ettiklerinde Otani Yöntemi'nin YHR kategorisindeki binaların %97.9'unu, DHR kategorisinde ise %29.6'sını doğru tahmin ettiği belirtilmiştir. Binaların genelini doğru tahmin edilme başarısı %63 olarak bulmuşlardır. JBDPA Yöntemi (2001)'ne benzer olarak bu yöntem de sınır değerini düşürdüklerinde binaları genelini doğru tahmin etme oranını %79.2 olarak bulmuşlardır.

4.5. Yakut Yöntemi Sonuçları

Yakut (2004) yöntemi yapı deprem performansını hızlı bir şekilde değerlendirebilmek için Ahmet Yakut tarafından yapılan çalışmadır. Çalışmada kullanılan parametreler Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Yakut (2004) Yönteminde kullanılan parametreler

Parametreler		
Kolon Alanı	Dolgu Duvar Alanı	Burulma
Beton Dayanımı	Kat Sayısı	Toplam Kat Alanı
Süreksizlik	İşçilik Kalitesi	Bina Kul. Amacı
Zemin Faktörü	Perde Duvar Alanı	Zayıf/Yumuşak Kat
Ağır Çıkma	Kısa Kolon	Bina Ağırlığı

Erdil ve Ceylan (2018)'nin yaptığı çalışmalar sonucunda 192 adet binayı test ettiklerinde YHR kategorisinde %91.5'ini, DHR kategorisinde ise %36.7'sini doğru

tahmin etmişlerdir. Genel olarak binaların toplam başarı oranını %63.5 olarak bulmuşlardır.

4.6. MVP Yöntemi Sonuçları

Erdil ve Ceylan (2018)'nin yaptıkları çalışmada önerilen MVP yönteminde moment, kesme kuvveti ve eksenel yük kapasiteleri ile bunların basit formüllerle hesaplanmış talepleri karşılaştırılmıştır. MVP yönteminde yapılar toplamda 5 adet yöneme göre değerlendirilmiştir. Bu yöntemler MVP Yöntem 1 (Bina doğrultularına göre değerlendirme), MVP Yöntem 2 (Bütünsel değerlendirme), MVP Yöntem 3 (*M* Metot), MVP Yöntem 4 (*V* Metot) ve MVP Yöntem 5 (*P* Metot). Yaptıkları çalışmada ana amaç olarak kullandıkları MVP Yöntem 2'de toplamda 15 adet parametre kullanılmıştır. Bu parametreler Çizelge 4.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Erdil ve Ceylan (2018) MVP 2 Yönteminde kullanılan parametreler

Parametreler		
1 Kolon Alanı	6 Bina Plan Boyutları	11 Toplam Kat Alanı
2 Beton Dayanımı	7 Donatı Oranı	12 Etriye Aralığı
3 Ağır Çıkma	8 Donatı dayanımı	13 Zayıf/Yumuşak Kat
4 Bina Yüksekliği	9 Kısa Kolon	14 Bina Ağırlığı
5 Kat Sayısı	10 Burulma	15 Perde Duvar Alanı

Yapılan çalışmalar sonucunda MVP Yöntem 2'nin 192 adet binanın toplam hasar durumunu doğru tahmin etme oranı %89.1 olarak bulmuşlardır. MVP Yöntem 2'nin YHR kategorisindeki binaları doğru tahmin etme oranı %89.4 ve DHR kategorisindeki binaları doğru tahmin etme oranı ise %88.8 olarak bulmuşlardır.

4.7. Bulanık Mantık Yöntemi Sonuçları

Yöntemde 98 adet bina verisi kullanılmış bunların 94 adedi test için kullanılmıştır. Toplamda 5 adet girişi kullanılıp 1 adet sonuç alınmıştır. Bulanık çıkarım sistemi olarak Mamdani kural tabanı kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının tipinin ve fonksiyonlarının sınır aralıklarının belirlenmesi için farklı değerlendirmeler yapılmıştır. Aşağıda yöntem için seçilen farklı üyelik fonksiyonlarının tipinden ve farklı aralıktaki üyelik

fonksiyonlarından elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Bulanık mantık yönteminde kullanılan parametreler Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bulanık Mantık Yönteminde Kullanılan Parametreler

Parametreler	
Beton Dayanımı	Kat Sayısı
Düşey Taşıyıcı Elemanlarının Alanlarının Zemin Kat Alanına Oranı	Kısa Kolon
Zemin Kat Alanı	Burulma
Ağır Çıkma	Çerçeve Düzensizliği
Yumuşak Kat	

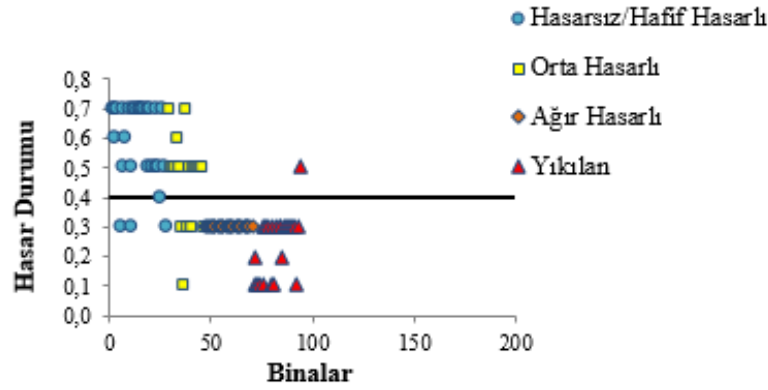
4.7.1. Üyelik fonksiyonlarının seçimi

Bulanık mantık yöntemi ile yapılan çalışmada öncelikli olarak üyelik fonksiyonlarının tipi seçilirken gauss üyelik fonksiyonu, üçgen üyelik fonksiyonu ve trapez üyelik fonksiyonu tipi seçimi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ilk olarak trapez üyelik fonksiyonu kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda incelenen toplam 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %97.8'i doğru tahmin edilmiş ve DHR kategorisindeki binaların %76.08'inin hasar durumu doğru tahmin edilmiştir. Genel olarak toplam binaların hasar durumunun doğru tahmin edilme oranı ise %86.94 olarak bulunmuştur.

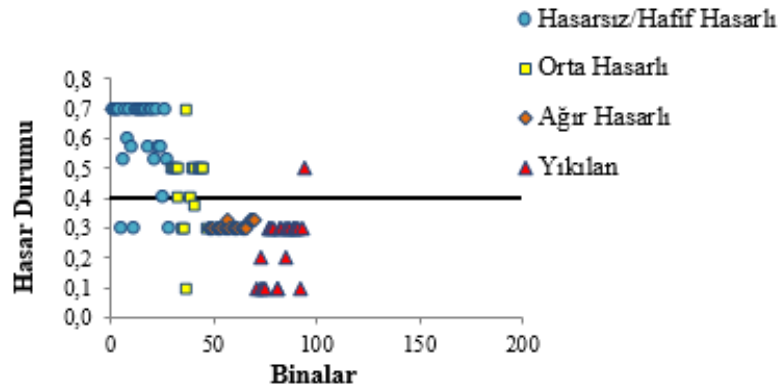
Gauss üyelik fonksiyonu kullanılarak incelenen 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %97.8'i doğru tahmin edilmiş ve DHR kategorisindeki binaların hasar durumu %76.08 oranında doğru tahmin edilmiştir. Genel olarak toplam binaların hasar durumunun doğru tahmin edilme oranı ise %86.94 olarak bulunmuştur.

İki farklı üyelik fonksiyonunu kullanılmasında elde edilen sonuçlar aynı çıkmıştır. Binaların hasarında aldıkları puanlar farklı olabilmektedir. Fakat elde edilen puanlar birbirlerine çok yakın olduklarından aynı sonuç kümesinde bulunurlar. Bu da elde edilen sonucu değiştirmemektedir.

Şekil 4.4 ve Şekil 4.3'te iki farklı üyelik fonksiyonunu kullanılması ile elde edilen bina hasar sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Gauss üyelik fonksiyonları kullanılarak elde edilen bulanık mantık sonuçları.



Şekil 4.5. Trapez üyelik fonksiyonu kullanılarak elde edilen bulanık mantık sonuçları.

Şekil 4.4. ve Şekil 4.5. incelendiğinde 0,4 çizgisi sınır çizgisi olacak şekilde ayarlanmış olup üzerinde kalan bölge DHR bölgesi altta kalan bölge ise YHR olarak adlandırılmıştır. Sınır çizgisi orta hasarlı ve hafif hasarlı binaları ağır hasarlı ve yıkılan binalardan ayırmaktadır. İki şekil incelendiğinde bazı binalara ait puanlamaların birbirine yakın olduğu görülmektedir. İki farklı üyelik fonksiyonlarının kullanılması ile elde edilen sonuçlar birbirinin aynısı olmaktadır. Bunun sebebi ise bina puanlarının birbirine yakın olmasından dolayı aynı küme içerisinde bulunması olarak gösterilebilir. Örnek olarak daha önceden anlatıldığı gibi bir bina 0.6 ya da 0.8 arasında bir puan alırsa sonuç olarak hafif hasarlı kabul edilir.

Kullanılan yöntemin bazı bina verilerinde hata yapmasının en büyük sebebi ise benzer özellikteki binaların yıkılmasından dolayı sistemin bu türdeki binaları yıkılıyor olarak algılamasıdır. Bu olay genellikle orta hasarlı binalarda meydana gelmektedir.

Kullanılan verilerde orta hasarlı bina sayısının az olması ve kullanılan orta hasarlı binaların bina kat sayılarının yüksek olması programın yanlış tahmin etmesine neden olmaktadır. Programın bu türde algıladığı binaların beton kalitesi düşük ve kat sayılarının fazla zemin kat alanlarının düşük olduğu ve düşey taşıyıcı elemanlarının alanlarının zemin kat alanına oranı düşük olan binalardır. Bu sorunun ortadan kalkması için sisteme daha fazla bina verisi tanımlanmalıdır.

4.7.2. Fonksiyon aralıklarının belirlenmesi

Yapılan çalışmalar sonucunda yöntemin en iyi sonuçları verebilmesi için eğitime verilerinde en uygun aralıklar seçilmiştir. Seçilen veri aralıkları Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. En uygun sonuçları veren eğitime verisi aralıkları

Beton Basınç Dayanımı		Zemin Kat Alanı		Kat Sayısı	
$0 < f_c \leq 5$	Çok kötü	$A_f \leq 200$	Çok kötü	6 kat ve üstü	Çok kötü
$5 < f_c \leq 10$	Kötü	$200 < A_f \leq 400$	Kötü	5 kat	Kötü
$10 < f_c \leq 15$	Orta	$400 < A_f \leq 600$	Orta	4 kat	Orta
$15 < f_c \leq 20$	İyi	$600 < A_f \leq 800$	İyi	3 kat	İyi
$20 < f_c$	Çok iyi	$800 < A_f$	Çok iyi	2 kat ve altı	Çok iyi
$(A_c + A_{sw})/A_{ft}$		Mimari Parametre Puanlaması			
$(A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,3$	Çok kötü	0-1 Puan		Çok kötü	
$0,3 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,6$	Kötü	2 Puan		Kötü	
$0,6 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,9$	Orta	3 Puan		Orta	
$0,9 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 1,2$	İyi	4 Puan		İyi	
$1,2 < (A_c + A_{sw})/A_{ft}$	Çok iyi	5 Puan		Çok iyi	

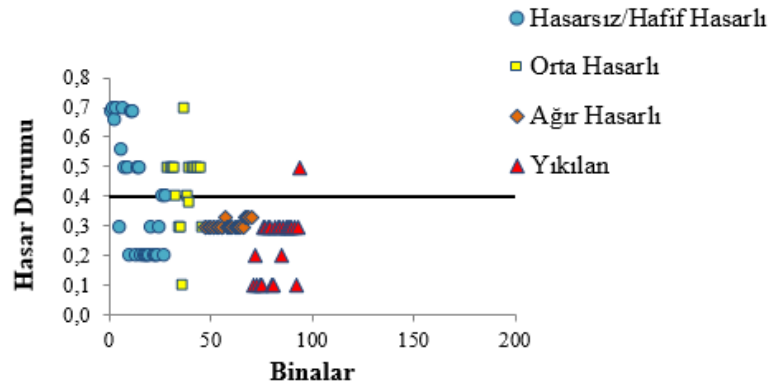
Çizelge 4.8.’de verilen fonksiyon aralıkları en iyi sonuçları vermektedir. Çalışma da bu veri aralıklarına göre düzenlenmiştir. Çalışma kapsamında daha iyi sonuçlar elde edilebilir mi sorusuna cevap aranmış ve üyelik fonksiyonlarının değerleri arttırılıp azaltılmıştır. Fakat sadece mimari parametrelerin değerleri sabit kalmıştır. Bunun sebebi ise toplamda 5 adet mimari parametre kullanıldığı içindir. Çizelgedeki verilen değerler arttırıldığında çalışmada kullanılan binaların parametrelerinin bu kalitede olmaması sebebi ile binalar düşük hasar riski bölgesinden uzaklaşmakta ve binalar yüksek hasar riskinin bulunduğu bölgeye doğru kaymaktadır. Kullanılan hafif hasarlı ve orta hasarlı binalar ağır hasarlı veya yıkıldı olarak karşımıza çıkmaktadır. Çizelge 4.9.’da üyelik

fonksiyonlarının değerlerinin artırılması sonucunda elde edilen yeni değerler gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Üyelik fonksiyonlarının değerlerinin artırılması sonucunda elde edilen değerler

Beton Basınç Dayanımı		Zemin Kat Alanı		Kat Sayısı	
$0 < f_c \leq 10$	Çok kötü	$A_f \leq 300$	Çok kötü	7 kat ve üstü	Çok kötü
$10 < f_c \leq 15$	Kötü	$300 < A_f \leq 500$	Kötü	6 kat	Kötü
$15 < f_c \leq 20$	Orta	$500 < A_f \leq 700$	Orta	5 kat	Orta
$20 < f_c \leq 25$	İyi	$700 < A_f \leq 900$	İyi	4 kat	İyi
$25 < f_c$	Çok iyi	$900 < A_f$	Çok iyi	3 kat ve altı	Çok iyi
$(A_c + A_{sw})/A_{ft}$		Mimari Parametre Puanlaması			
$(A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,4$	Çok kötü	0-1 Puan	Çok kötü		
$0,4 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,7$	Kötü	2 Puan	Kötü		
$0,7 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 1,1$	Orta	3 Puan	Orta		
$1,1 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 1,3$	İyi	4 Puan	İyi		
$1,3 < (A_c + A_{sw})/A_{ft}$	Çok iyi	5 Puan	Çok iyi		

Sistemdeki üyelik fonksiyonlarının değerleri artırıldığında incelenen 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %97.8'i doğru tahmin edilmiştir. Fakat DHR kategorisindeki binaların hasar durumunun %52.17'si doğru tahmin edilmiştir. Toplamda binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %74.98 olarak bulunmuştur. Şekil 4.6.'da sisteme ait fonksiyon değerlerin artırılması sonucunda elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Sisteme ait üyelik fonksiyonlarının değerlerin artırılması sonucu binalardaki hasar durumları.

Fonksiyon değerlerini düşürdüğümüzde ise yukarıda gösterilen soncunun tam tersi bir durum oluşmaktadır. Sisteme ait fonksiyonların değerlerini düşürdüğümüz

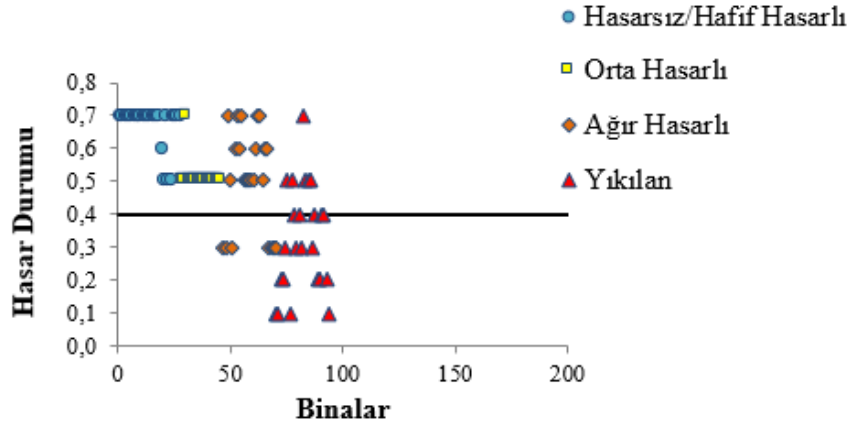
durumda düşük kalitedeki binaları belirlemek zor olmaktadır. Sınır değerlerin çok küçük olmasından dolayı yıkılan ve ağır hasar alan binalar orta hasarlı ve hafif hasarlı olarak görünmektedir. Sistemdeki veriler tek bir tarafta yığılmaktadır. Buradan da anlaşılabacağı üzere üyelik fonksiyonlarının aralıkları seçiminde çok titiz davranılması gerekmektedir. Eldeki verilere göre ortalama değerler seçilmelidir. Çizelge 4.10.'da üyelik fonksiyonlarının değerlerinin düşürülmesi sonucunda elde edilen yeni değerler gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. Üyelik fonksiyonlarının değerlerinin düşürülmesi sonucu ile elde edilen değerler

Beton Basınç Dayanımı		Zemin Kat Alanı		Kat Sayısı	
$0 < f_c \leq 3$	Çok kötü	$A_f \leq 100$	Çok kötü	5 kat ve üstü	Çok kötü
$3 < f_c \leq 8$	Kötü	$100 < A_f \leq 300$	Kötü	4 kat	Kötü
$8 < f_c \leq 13$	Orta	$300 < A_f \leq 500$	Orta	3 kat	Orta
$13 < f_c \leq 18$	İyi	$500 < A_f \leq 700$	İyi	2 kat	İyi
$18 < f_c$	Çok iyi	$700 < A_f$	Çok iyi	1 kat	Çok iyi
$(A_c + A_{sw})/A_{ft}$		Mimari Parametre Puanlaması			
$(A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,2$	Çok kötü	0-1 Puan		Çok kötü	
$0,2 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,5$	Kötü	2 Puan		Kötü	
$0,5 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 0,8$	Orta	3 Puan		Orta	
$0,8 < (A_c + A_{sw})/A_{ft} \leq 1,1$	İyi	4 Puan		İyi	
$1,1 < (A_c + A_{sw})/A_{ft}$	Çok iyi	5 Puan		Çok iyi	

Şekil 4.7.'de ise sistemdeki fonksiyona ait değerlerin düşürülmesi ile elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Şekilden görüleceği üzere incelenen binalarda YHR bölgesinde kalması gereken binalar sınır çizgisini geçip DHR bölgesinde yığılmıştır.

Sistemdeki üyelik fonksiyonlarının değerleri düşürüldükten sonra incelenen 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %4.16'sı doğru tahmin edilmiştir. Ama DHR kategorisindeki binaların hasar durumunun %100'ü doğru tahmin edilmiştir. Toplam olarak binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %52.08 olarak bulunmuştur.

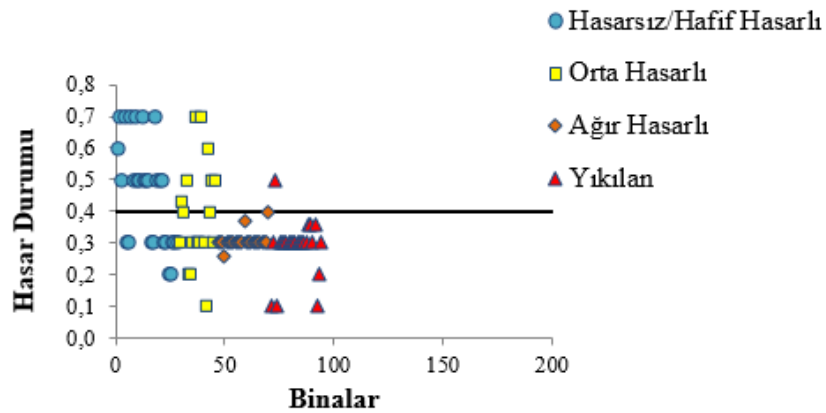


Şekil 4.7. Üyelik fonksiyonunun sınır değerlerinin düşürülmesi ile elde edilen sonuçlar.

Üyelik fonksiyonlarının değerlerini bir parametre için artırıp diğer parametrelerin sabit kalacağı şekilde değerlendirmeler yaptığımızda ise sonuçları büyük ölçüde değiştiren parametrenin beton basınç dayanımı olduğu görülmüştür.

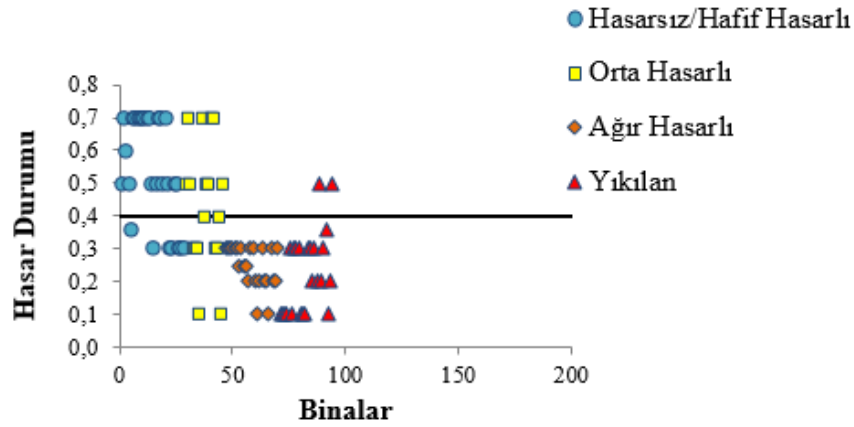
Beton basınç dayanımı parametresinin artırılıp diğer parametrelerin sabit kaldığı şekilde çalışmalar yapıldığında incelenen 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %95.83'ü doğru tahmin edilmiştir. Ama DHR kategorisindeki binaların hasar durumu %52.17 oranında doğru tahmin edilmiştir. Toplamda binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %74 olarak bulunmuştur. Şekil 4.8.'de beton basınç dayanımının arttırılması ile elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Bu işlemlerin sadece parametrelerin arttırılmasına göre yapılmasının nedeni değerleri küçülttüğümüzde bina verilerinin bu aralıklar içine girmemesidir.



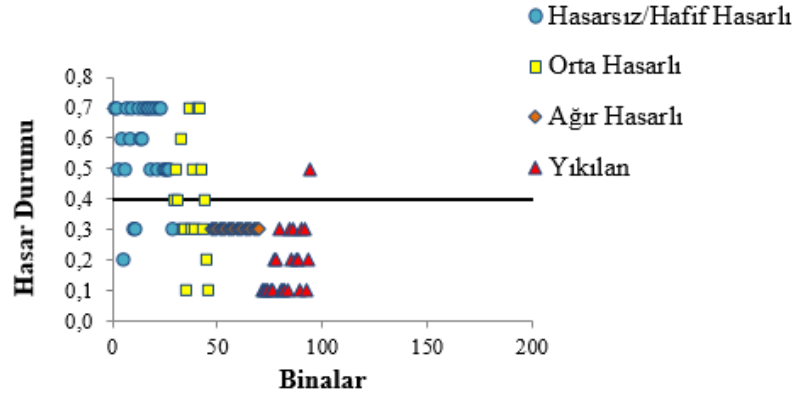
Şekil 4.8. Beton basınç dayanımına ait sınır değerlerin arttırılması ile elde edilen sonuçlar.

Yapılan çalışmalar sonucunda sadece zemin kat alanı parametresine ait üyelik fonksiyonunun sınır değerlerinin arttırılması sonucunda incelenen 94 binadan YHR kategorisinde bulunan binaların %97.91'i doğru tahmin edilmiştir. Fakat DHR kategorisindeki binaların hasar durumu %65.21 oranında doğru tahmin edilmiştir. Genel olarak binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %81.56 olarak bulunmuştur. Şekil 4.9.'da zemin kat alanı parametresinin sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



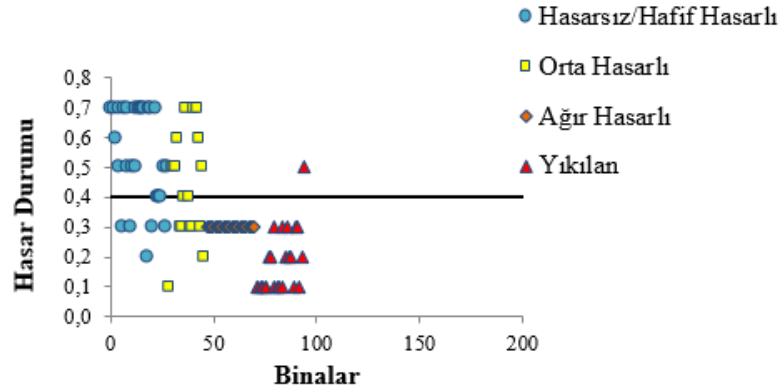
Şekil 4.9. Zemin kat alanına ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar.

Zemin kata ait toplam kolon alanı ve perde duvar alanının toplam zemin kat alanına oranı parametresinin sınır değerleri arttırılıp diğer parametrelerin sabit tutulması sonucunda toplamda 94 adet bina incelenmiştir. İncelenen 94 adet bina içerisinde YHR kategorisinde bulunan binaların %97.91'i doğru tahmin edilmiştir. DHR kategorisinde bulunan binaların ise %67.39'u doğru tahmin edilmiştir. Toplamda binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %82.65 olarak bulunmuştur. Şekil 4.10.'da zemin katta bulunan toplam perde duvar ve kolon alanının toplamının zemin kat alanına oranına ait parametrelerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4.10. $(A_c + A_{sw})/A_{ft}$ 'ye ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar.

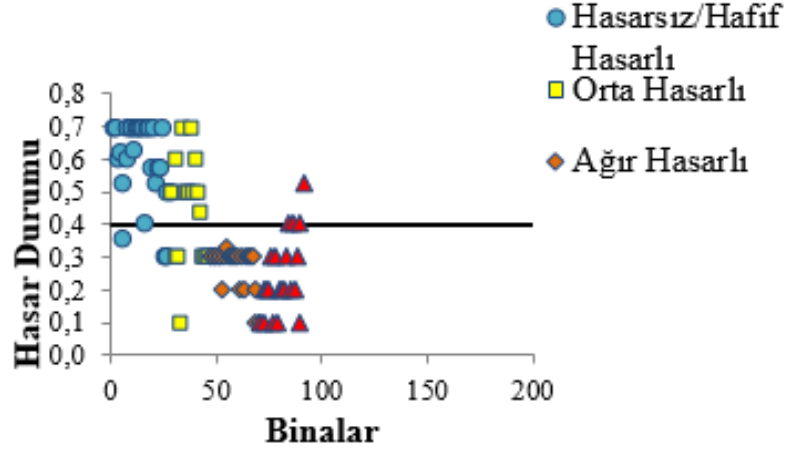
Çalışmada bütün parametrelerin sabit tutulup kat sayısı parametresine ait sınır değerlerinin arttırılması ile yapılan değerlendirmelerin sonucunda. İncelenen 94 adet bina içerisinde YHR kategorisinde bulunan binaların %97.91'i doğru tahmin edilmiştir. DHR kategorisinde bulunan binaların ise %63.04'ü doğru tahmin edilmiştir. Toplamda binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %80.47 olarak bulunmuştur. Şekil 4.11.'de çalışmaya ait bütün parametrelerin sabit tutulup kat sayısına ait parametrenin sınır değerleri arttırılması ile elde edilen çalışma sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kat sayısına ait sınır değerlerinin arttırılması ile elde edilen sonuçlar.

Mimari parametrelerde bulunan yumuşak kat düzensizliğinin diğer düzensizlik durumlarına göre binaların hasar durumlarına daha fazla etkisinin olduğu şekilde kural tabanı oluşturulduğunda incelenen 94 adet bina içerisinde YHR kategorisinde bulunan binaların %97.91'i doğru tahmin edilmiştir. DHR kategorisinde bulunan binaların ise

%76.08'i doğru tahmin edilmiştir. Toplamda binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %86.99 olarak bulunmuştur. Şekil 4.12.'de yumuşak kat düzensizliğinin etkisinin artırılması ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Yumuşak kat düzensizliğinin sisteme etkisinin artırılması ile elde edilen sonuçlar.

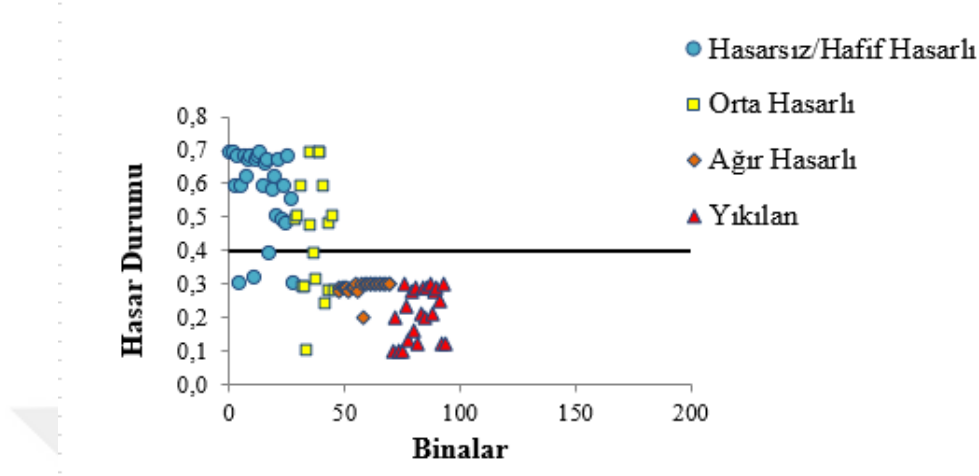
Yapılan değerlendirmeler sonucunda sisteme ait parametrelerin sırası ile artırılması sonucunda sistemi etkileyen en büyük parametrenin binalara ait beton basınç dayanımı olduğu görülmüştür. Hatalı çıkan bina sonuçlarının hatalı çıkmasının en büyük nedeni benzer çoğunluktaki binaların sonuçlarının farklılığından kaynaklanmaktadır.

4.7.3. Durulaştırma yönteminin belirlenmesi

Yapılan çalışmada durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem durulaştırma yönteminde kullanılan en genel yöntemdir.

Yapılan çalışmada durulaştırma yöntemi olarak en iyi sonuçları verecek alan açığortay yöntemi ve ağırlık merkezi yöntemi olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmayı alan açığortay yöntemine göre değerlendirdiğimizde YHR kategorisinde %100 olarak doğru tahmin etmesine rağmen DHR kategorisinde %72.91 olarak doğru tahmin etmiştir. Genel olarak tüm binalara ait hasar durumunu doğru tahmin etme yüzdesi ise %86.45 olarak bulunmuştur.

Şekil 4.13.'de alan açığortay metodunun kullanılması ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Alan açığortay yönteminin kullanılması ile elde edilen sonuçlar.

4.8. Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Binaların sismik performansının belirlenmesi için yapılan çalışmalar Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Bulanık mantık yöntemi ile binaların sismik performansı üzerine yapılan çalışmada kullanılan 94 binalardan YHR kategorisinde bulunan binaların %97.8'i doğru tahmin edilmiş ve DHR kategorisindeki binaların hasar durumunun %76.08'si doğru tahmin edilmiştir. Genel olarak toplam binaların hasar durumunu doğru tahmin etme oranı ise %86.94 olarak bulunmuştur. Bu da sistemin kabul edilebilir seviyede doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bulanık mantık yönteminin MVP yöntemine yakın fakat incelenen ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiğini görülmüştür. Bulanık Mantık Yönteminin daha doğru sonuçlar verebilmesi için mevcut bina verilerinin artırılması gerekmektedir. Daha fazla bina verisi ile daha iyi sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir. Bulanık mantık yönteminde en iyi sonuçları alabilmek için aralıkların çok iyi seçilmesi gerekmektedir. Değerlerin çok küçük ve çok büyük seçilmesi büyük hatalara neden olmaktadır.

Çizelge 4.11. Mevcut çalışmalar ile bulanık mantık yönteminin karşılaştırılması

Çalışmalar	Genel Doğru Tahmin, %	YHR Binaların Doğru Tahmini, %	DHR Binaların Doğru Tahmini, %
BM	86.9	97.8	76.1
BM Trapez Fonk.	86.9	97.8	76.1
BM Mimari Parametreler	86.9	97.9	76.1
BM Bisector	86.5	100.0	72.9
BM $(A_c + A_{sw})/A_{ft}$	82.7	97.9	67.4
BM Zemin Kat Alanı	81.6	97.9	65.2
BM Kat Sayısı	80.5	97.9	63.0
BM Geniş Aralık	74.9	97.8	52.2
BM Beton Basınç Dayanımı	74.0	98.8	52.2
BM Dar Aralık	52.1	4.2	100.0
MVP Yöntem 2	89.1	89.4	88.8
Tezcan ve ark. (2011)	75.5	79.8	71.4
Hassan ve Sözen (1997)	67.2	53.2	80.6
JBDPA (2001)	64.1	100.0	29.6
Yakut (2004)	63.5	91.5	36.7
Otani (2000)	63.0	97.9	29.6



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Matlab programında Fuzzy Logic Toolbox'u kullanılarak yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada 192 adet bina verisi kullanılmıştır. Kullanılan bu bina verilerinin 98 adedi eğitime verisi olarak kullanılırken 94 adedi test için kullanılmıştır. Kullanılan binalar içerisinde hafif hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve yıkılmış olarak dört adet hasar durumunu içeren yapılar bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan binaların beton basınç dayanımları çoğunlukla 5 MPa ile 15 MPa arasındadır. Buradan da anlaşılabileceği üzere kullanılan binalar düşük kalitede inşa edilmiş yapılardır.

Bulanık mantık yöntemi kullanarak değerlendirilen binaların hasar durumlarının sonuçları değerlendirildiğinde diğer ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine nazaran bulanık mantık yönteminin daha iyi tahminler yaptığı görülmüştür.

Seçilen üyelik fonksiyonları ve üyelik fonksiyonlarının aralıklarının kullanılan verilere en uygun şekilde olması gerekmektedir. Bina veri aralıklarının arttırılması ile sisteme test için girilen binalar YHR kategorisinde yığılmakta, bina veri aralıklarının düşürülmesi ile sisteme test için girilen binalar ise DHR kategorisinde yığılmaktadır. Uygun veri aralıklarının seçilmemesi durumunda eğitime verileri ile oluşturulan kurallar test aşamasında kullanılan bina verilerini tam karşılayamamaktadır. Test için kullanılan binaların beton basınç dayanımları, zemin kat alanları, zemin katta bulunan kolon ve perde duvar alanlarının zemin kat alanına oranları ve düzensizlik durumları eğitime verilerine göre düşük kalmakta veya fazla gelmektedir.

Çalışmada yumuşak kat düzensizliğinin diğer düzensizlik durumlarına göre etkisi arttırıldığında normal şekilde oluşturulan bulanık mantık yönteminden % 0.05 oranında binaların hasar durumları daha doğru tahmin edilmiştir. Bu oranın artması için yumuşak kat düzensizliği bulunan farklı bina verileri ile sistem desteklenmelidir.

Yapılan çalışmada zemin etkisi hesaba katılmamıştır. Bunun en büyük sebebi aynı zemin sınıfındaki binaların hasar seviyelerinin aynı olmasıdır. Zemin sınıfının hesaba katılması ile sonuçlarda farklılıklar görülebilecektir. Sisteme zemin sınıfını dahil etmek için farklı hasar seviyelerinde aynı zemin sınıfında bulunan binaların eklenmesi gerekmektedir.

Çalışmada üyelik fonksiyonlarının değer aralıkları tek tek arttırıldığında diğer parametrelere göre sistemi etkileyen en önemli parametrenin beton basınç dayanımı olduğu görülmüştür. Bunun en büyük sebebi kullanılan binalara ait beton basınç dayanımlarının çok çeşitli olmasından dolayı sistemin karar mekanizmasını büyük oranda etkilemesi gösterilebilir.

Çalışmada sistemin durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemi seçilmiştir. Ağırlık merkezi ve alan açıortay yöntemi bulanık mantık çalışmalarında en genel kullanılan yöntemlerdir. Sistem iki yöneme göre değerlendirildiğinde sonuçların aynı çıktığı görülmüştür. Bunun sebebi sonuç üyelik fonksiyonunda sistemin çalışma mekanizmasından kaynaklı ağırlık merkezi ve alan açıortay yönteminin sonuçları genellikle benzer sonuçlar üretmiştir.

Bulanık mantık yöntemi ile binaların hızlı bir şekilde değerlendirilip binaların hasar durumları hakkında bilgilere ulaşılabilir. Bulanık mantığın diğer yöntemlere karşı avantajlarında biri de gelişen teknoloji ile farklı parametrelerin eklenebilir olmasıdır. Her ön değerlendirme yöntemi kendi dezavantajını içermekte olduğundan bu yöntemin de belirli dezavantajlara sahip olduğu kaçınılmazdır. Bu dezavantajlar farklı veri tabanları eklenerek en aza indirilebilmektedir. Sisteme farklı bina verileri eklenerek yöntem geliştirilebilir. Yapılan bu çalışma literatürde yer alan bazı ikinci kademe değerlendirme yöntemlerine göre daha az parametre kullanılarak daha doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca yapıların bilgisayar ortamında değerlendirilmesinden dolayı herhangi bir hesap yapılmasına ihtiyaç duyulmadan sadece yapılara ait değerlerin belirli veriler olarak girilmesi ile hızlı bir şekilde sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu da işlem yükünü ve hesaplama hatalarını ortadan kaldıracağından dolayı daha hızlı ve daha doğru bir şekilde sonuçlara ulaşılmaktadır.

Bulanık mantık yöntemi binaların hasar değerlendirmesinde %86.94 oranında doğru tahmin ile büyük başarı elde etmiştir. Bu çalışmadan da anlaşılacağı üzere bulanık mantık yönteminin ikinci kademe sismik değerlendirme yöntemi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışma ile teknolojik alanda yoğun olarak kullanılan bulanık mantığın inşaat mühendisliği alanında da kullanılabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- AFAD 2022. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı <https://deprem.afad.gov.tr/tarihseldepremler/>. Erişim tarihi: 14.05.2022.
- Akkaptan, A., 2012. *Hayvancılıkta Bulanık Mantık Tabanlı Karar Destek Sistemi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). EÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir
- Akyılmaz, O., 2005. *Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları* (doktora tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aldawod, M., Samali, B., Naghdy, F., Kwok, K. C., 2001. Active control of along wind response of tall building using a fuzzy controller. *Engineering Structures*, **23** (11): 1512-1522.
- Allali, S. A., Abed, M., Mebarki, A., 2018. Post earthquake assessment of buildings damage using fuzzy logic. *Engineering Structures*, **166**: 117-127.
- Altıntop, M. A., Akış T., Güneş B., 2007. Yumuşak kata sahip binaların deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 17-22 Ekim 2017, İstanbul. 371-383.
- Atacak, İ., Bay, Ö. F., 2004. Bulanık mantık denetimli seri aktif güç filtresi kullanarak harmonik gerilimlerin bastırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **19** (2): 205-215.
- ATC 21, 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards - A Handbook (FEMA 154 Report), Second Edition, ATC-21, *Applied Technology Council*, California-USA.
- Baykal, N., Beyan, T., 2004. *Bulanık Mantık: Uzman Sistemler ve Denetleyiciler*. Ankara Bıçaklar Kitabevi, Yay. No:1, Ankara. 509.
- Bojadziev, G., Bojadziev, M., 1995. Fuzzy sets, fuzzy logic, applications. *World Scientific Publishing*, **8**: 526-535.
- Chao, C. J., Cheng, F. P., 1998. Fuzzy pattern recognition model for diagnosing cracks in RC structures. *Journal of computing in civil engineering*, **12** (2), 111-119.
- Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F., 2005. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economies*, 1-13.
- Çakıroğlu, M. A., Terzi, S., Kasap, S., Çakıroğlu, M. G., 2010. Beton Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmin Edilmesi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **6** (2): 1-8.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Doğan, O., 2016. Uyarlamalı sinirsel bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) talep tahmini için kullanımı ve bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **31** (1): 257-288.
- Doran, B., Yetilmezsoy, K., Murtazaoglu, S., 2015. Application of fuzzy logic approach in predicting the lateral confinement coefficient for RC columns wrapped with CFRP. *Engineering Structures*, **88**: 74-91.

- Dubois, D., Prade H., 1978. Operations on fuzzy numbers. *International Journal of Systems Science*, 9 (6): 613-626.
- Ecer, F., 2007. Üyelik fonksiyonu olarak üçgen bulanık sayılar mı yamuk bulanık sayılar mı?. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2): 161 – 180.
- Elmas, Ç., 2007. *Yapay Zeka Uygulamaları*. Seçkin Yayınevi, Yay. No:5 Ankara. 480.
- Erdem, H., 2016. Burulma düzensizliğinin betonarme kirişler ve kolonlar üzerine etkileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 148-156.
- Ercan, I., 2013. Bitlis ili yapı stoğunun birinci kademe (sokak tarama yöntemi ile) değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17 (1): 173-178.
- Ertürkmen, D., Çağatay, İ. H., 2016. Dolgu duvarlı yapılarda yumuşak kat ve zayıf kat düzensizliklerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (2): 269-278.
- FEMA 154, 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for potential seismic hazards - A Handbook, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- Gao, F. L., 1997. A new way of predicting cement strength—Fuzzy logic. *Cement and concrete research*, 27 (6): 883-888.
- Hanss, M., 2005. Applied Fuzzy Arithmetic. <https://doi.org/10.1007/b138914/>. Erişim tarihi: 14.05.2022.
- Hassan, A. F., Sozen, M. A., 1997. Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes ACI, *Structural Journal*, 94 (1): 31-39.
- Işıklı, Ş., 2008. Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, 19: 105-126.
- İnel, M., Bucaklı, M., Özmen, H. B., 2009. Betonarme binalarda çerçeve süreksizliğinin yapı performansı üzerindeki etkileri. *Uluslararası Sakarya Deprem Sempozyumu*. 1-2 Ekim 2009, Sakarya. 21-31.
- JBDPA, 2001. The Japan Building Disaster Prevention Association *Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings*, Version 2001 in Japanese.
- Kaya, İ., 2020. Yeni Bulanık Mantık Yaklaşımlarının İstatistiksel Kalite Kontrol Üzerine Etkileri. YTÜ, Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilimsel Araştırma Proje Koordinasyon Birimi, İstanbul. 196.
- Klir, G., Yuan, B., 1995. *Theory and Applications*. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, New Jersey, USA. 228.
- Koyuncugil, A.S., 2006. *Bulanık Veri Madenciliği ve Sermaye Piyasası Uygulaması* (doktora tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kömür, M., 2004. *Binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde bulanık mantık yaklaşımı* (doktora tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KRDAE, 2018. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>. Erişim tarihi: 14.05.2022

- Kubat C., 2019. *Yapay Zekâ ve Mühendislik Uygulamaları* Abaküs Kitap Yayın Dağıtım Hizmetleri, Yay. No:4 İstanbul. 648.
- Lin, M., Tsai, C., Cheng, C., Chang, C., 2004. Using fuzzy QFD for design of Low-End digital camera. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 2 (3): 222-233
- Mamdani, E. H., 1974. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *In Proceedings of the institution of electrical engineers* 121 (12): 1585-1588.
- Meral, E., 2019. Betonarme Binalarda Kısa Kolon Etkilerinin Araştırılması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11 (2): 515-527.
- Mohanaselvi, S., Hemapriya, G., 2019. Application of fuzzy logic to earthquake damage predictions. *In AIP Conference Proceedings*, 2112 (1): 020043. AIP Publishing LLC.
- Mustafa, R., Haberler-Weber, M., Tefvik, A., 2008. Bulanık çıkarım sistemleri ile heyelan bloklarının belirlenmesi Gürpınar örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 98: 28-35.
- Nabiyev, V., 2005 *Yapay Zeka, Problemler-Yöntemler-Algoritma*. Seçkin Kitabevi, Yay. No:2, Ankara. 816.
- Otani, S., 2000. Seismic vulnerability assessment methods for buildings in Japan. *Earthquake Engineering and Engineering Seismology*, 2 (2): 47-56.
- Özcebe, G., Yüçemen, M. S., Aydoğan, V., Yakut, A., 2003. Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey. *Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings*, 29-42.
- Özçelik Ö., Mısır İ.S., Baran T., Kahraman S., Saatçi A., Girgin S.C., 2013. Balçova ve Seferihisar İlçelerinde Gerçekleştirilen Yapı Stoğu Envanter ve Deprem Güvenliği Ön Değerlendirmesi Projesi Sonuçları. 2. *İzmir Kent Sempozyumu*, 28-30 Kasım 2013, İzmir. 12.
- Özdemir, A., Alaybeyoğlu, A., Balbal, K.F., 2019. Bulanık mantığın eğitim alanındaki uygulamaları. *Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Dergisi* 3 (1): 45-50.
- Özdoğan, S., 1993. Türkiye'nin deprem bölgeleri. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 2: 53-68.
- Özkan, M., 2018. Bulanık çıkarım sistemi ile bireysel personel performansının değerlendirilmesinde bir uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19: (2) 372-388
- Özmen, H. B., 2005. *Hızlı değerlendirme yöntemlerinde kullanılan parametrelerin yapı performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Prieto, A. J., Macías-Bernal, J. M., Chávez, M. J., Alejandre, F. J., 2017. Fuzzy modeling of the functional service life of architectural heritage buildings. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31 (5), 04017041.
- Ross, T.J., 2010. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. University of New Mexico, USA. 623.
- Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2009. Genleştirilmiş kil agregalı hafif betonlarda bulanık mantık yöntemiyle yarmada çekme dayanımı tahmin modeli geliştirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (3): 157-166.

- Sucuoglu H., Yazgan U., 2003. Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment In Urban Building Stocks, Chap. **6. Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings, earth and environmental sciences** (Editor: S. T. Wasti, G. Özcebe). London:Kluwer Academic Publishers, Vol. 29:97–118.
- Sucuoglu, H., Yazgan, U., 2003. Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks. In **Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings**, (pp. 97-118). Springer, Dordrecht.
- Şahin, İ., Kılınç, T., 2016. Türkiye’de 1980-2014 Yılları Arasında Görülen Depremlerin Ekonomik Etkileri. **İktisadi Yenilik Dergisi**, **4** (1): 33-42.
- Sahin, U., Bedirhanoglu, I., 2014. A fuzzy model approach to stress–strain relationship of concrete in compression. **Arabian Journal for Science and Engineering**, **39** (6): 4515-4527.
- Şen, Z., 2020. **Bulanık mantık ilkeleri ve modelleme**. Yay. No:3 Su Vakfı, 361.
- Tabar, M. E., Şişman, Y., 2020. Bulanık Mantık ile Arsa Değerleme Modelinin Oluşturulması. **Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi**, **2** (1): 18-24.
- Tanaka, K., 1997. Springer Verlag. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, New York. 148.
- Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S. 2006. Bulanık mantık metodu ile tekil yükler altında iki açıklıklı kirişlerin plastik göçme yük faktörü değerinin bulunması. **Teknik Dergi**, **17** (84), 3961-3971.
- Tatlı, H., Şen, Z., 2001. Günlük En Büyük Sıcaklıkların Bulanık Kümeler ile Kestirimi. **Türk J Engin Environ Sci**, **25**: 1 – 9.
- Tay, K. M., Lim, C. P., 2006 Fuzzy FMEA with a Guided Rules Reduction System for Prioritization of Failures. **International Journal of Quality and Reliability Management**, **23**, (8): 1047-1066.
- TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara
- Tezcan, S. S., Bal, I. E., Gulay, F. G., 2011. P25 Scoring Method for The Collapse Vulnerability Assessment of R/C Buildings, **Journal of the Chinese Institute of Engineers**, **34** (6): 769-781.
- Tiryaki, A. E., Kazan, R., 2007. Bulaşık makinesinin bulanık mantık ile modellenmesi. **Mühendis ve Makine**, **48** (565): 3-8.
- Tokgöz, H., Bayraktar, H., 2015. Düzce ili Kaynaşlı ilçesinde riskli binaların tespitinde sokak taraması yönteminin uygulanması. **Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, **3** (1): 107-116.
- Türkşen, İ. B.(1985). Bulanık Kümeler Kuramı ve Uygulamaları. **Yöneylem Araştırma Dergisi**, **4** (1): 1-15.
- Uçal Sarı İ., 2012. **Yatırım Analizinde Bulanık Model Önerileri**, (doktora tezi, yayınlanmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uygunoğlu, T., Osman, Ü., 2005. Seyitömer uçucu külünün betonun basınç dayanımına etkisi üzerine bulanık mantık yaklaşımı. **Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **1** (1): 13-20.
- Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Assessment Procedure for Existing RC Buildings, **Engineering Structures**, **26** (10): 1447-1461.
- Yılmaz, M., Arslan, E., 2005. Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. **Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik 78 Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, 23-25 Kasım 2005, İstanbul. 512-522.

- Zadeh, Lotfi A. 1965. Fuzzy Sets. ***Information and Control***, **8**: 338-353.
- Zhao, J., Bose, B. K., 2002. Evaluation of Membership Functions for Fuzzy Logic Controlled Induction Motor Drive. ***28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society***, 05-08 November 2002, İspanya.
- Zimmermann, H., 1993. ***Fuzzy Sets***. Decision Making and Expert System. USA, Kluwer Academic Publishers.
- 6306 sayılı Kanun, 2012. Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un Uygulama Yönetmeliği. *15/12/2012 tarihli ve 28498 sayılı Resmî Gazete*, Ankara.

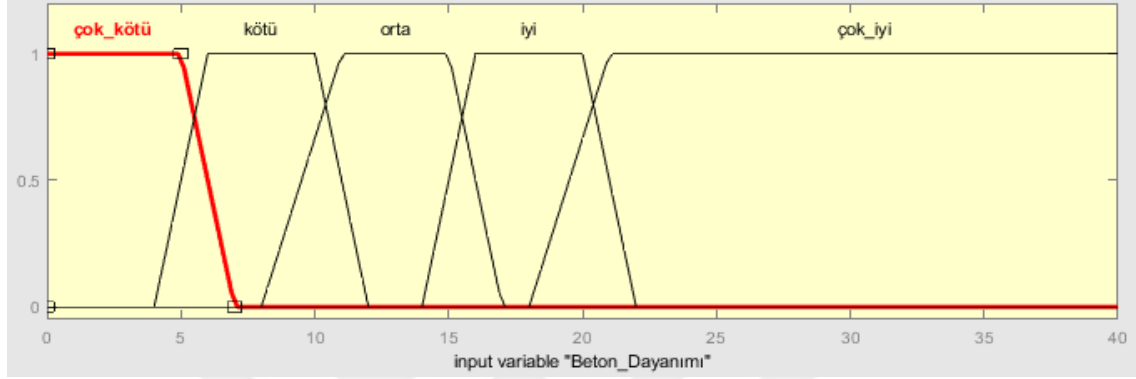




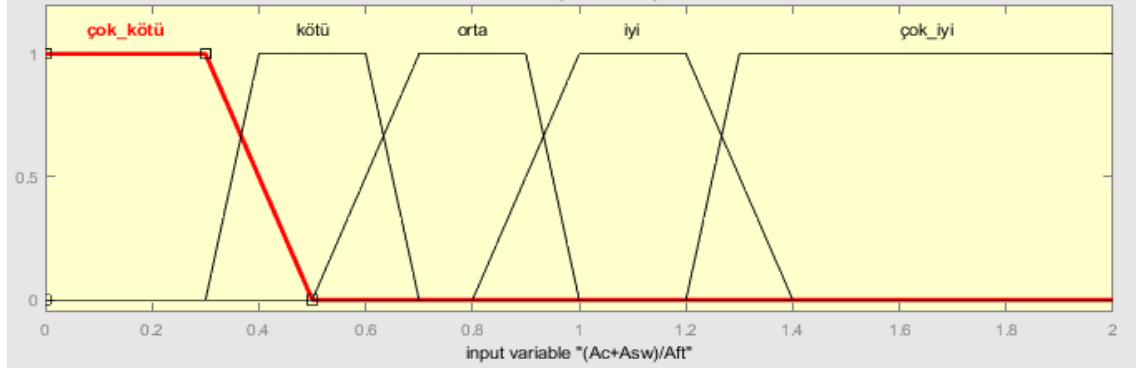
EKLER

Bu bölümde yapılan çalışmalarda kullanılan farklı üyelik fonksiyonlarının nasıl oluşturulduğu gösterilmiştir.

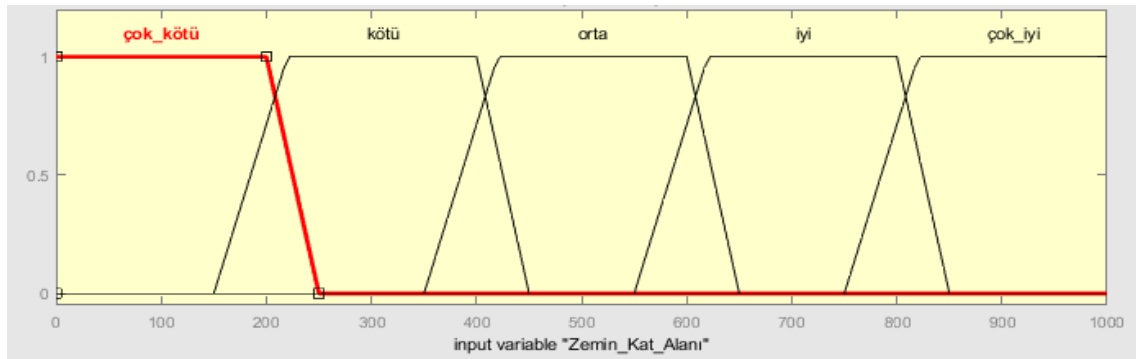
Ek 1. Kullanılan trapez üyelik fonksiyonları



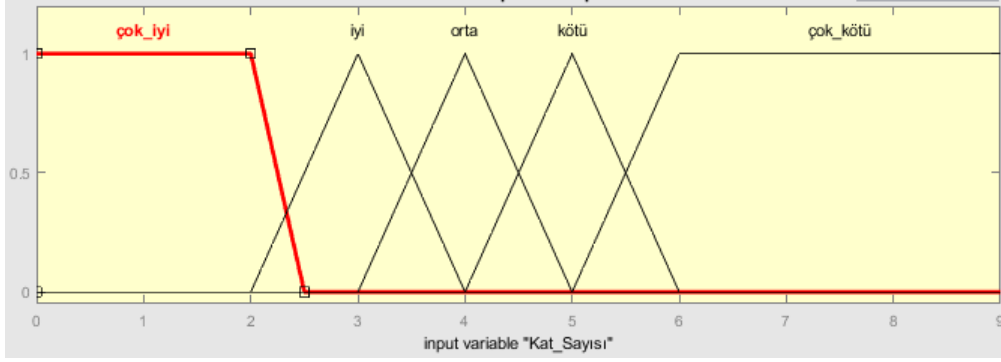
Şekil E.1.1. Beton basınç dayanımı için kullanılan trapez üyelik fonksiyonu.



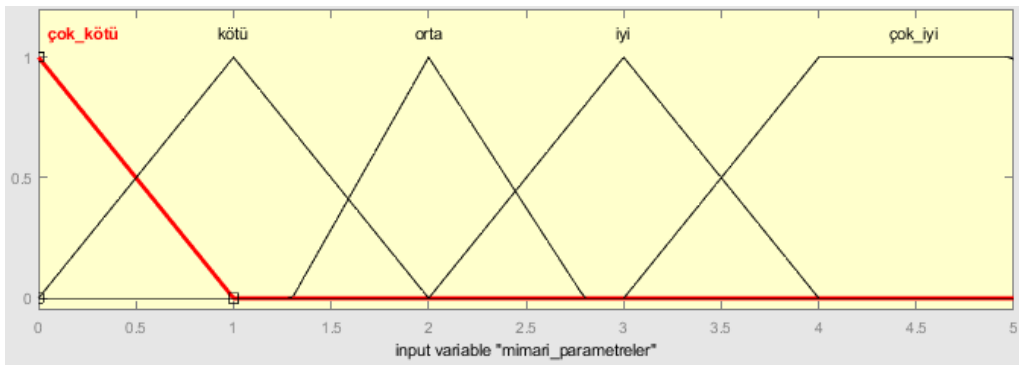
Şekil E.1.2. Zemin katta bulunan toplam kolon ve perde duvar alanlarının zemin kat alanına oranı için kullanılan trapez üyelik fonksiyonu.



Şekil E.1.3. Zemin kat alanı için kullanılan trapez üyelik fonksiyonu.

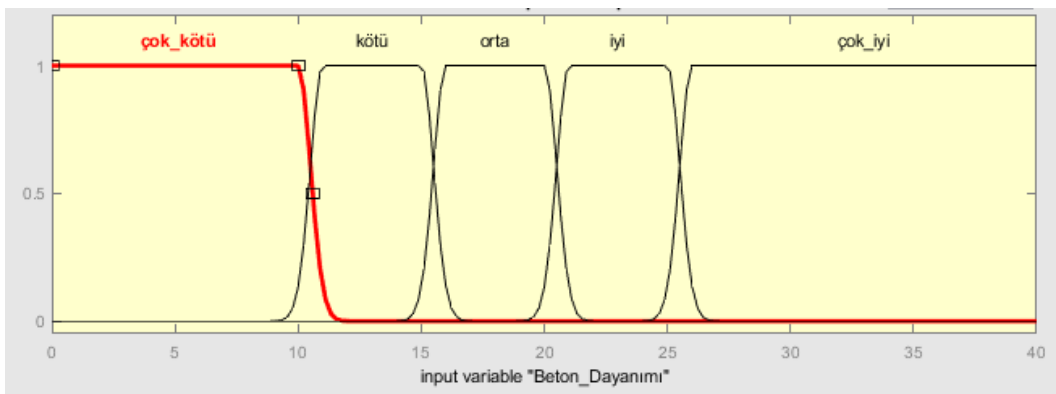


Şekil E.1.4. Kat sayısı için kullanılan üçgen üyelik fonksiyonu.

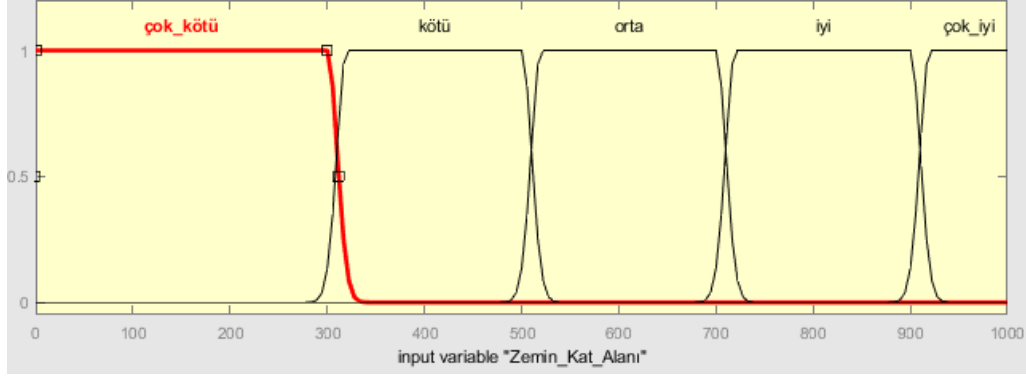


Şekil E.1.5. Mimari parametreler için kullanılan üçgen üyelik fonksiyonu.

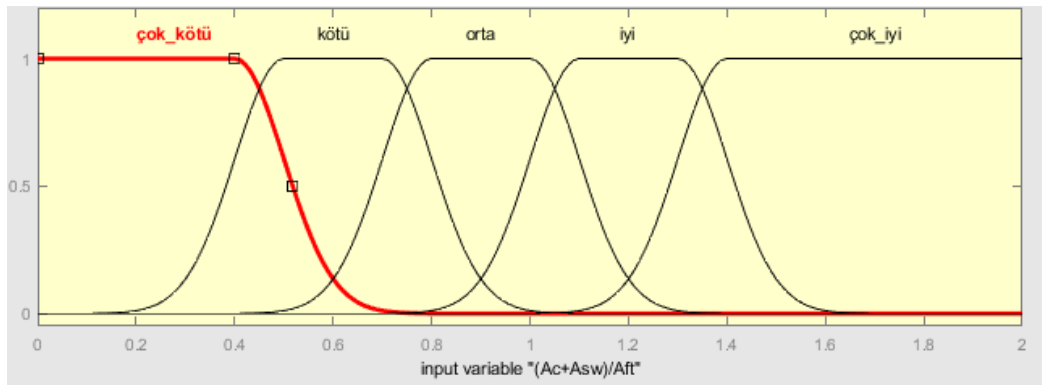
Ek 2. Üyelik fonksiyonlarının aralık değerlerinin arttırılması ile elde edilen üyelik fonksiyonları



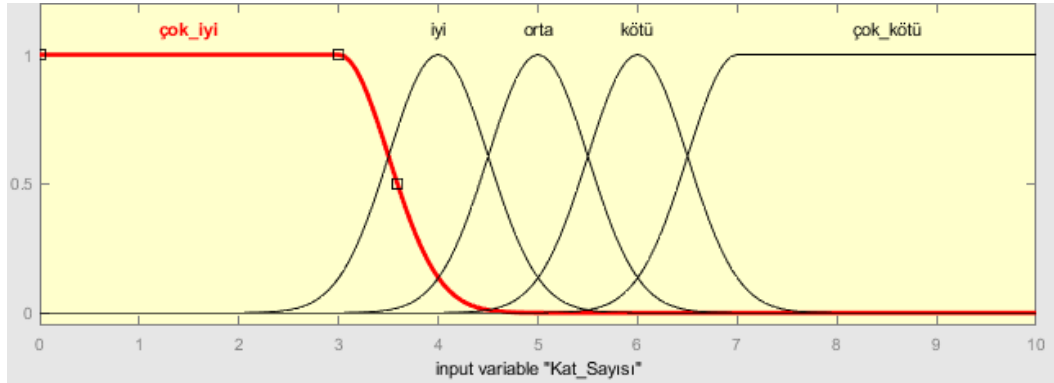
Şekil E.2.1. Aralık değeri arttırılan beton basınç dayanımı üyelik fonksiyonunu.



Şekil E.2.2. Aralık değeri arttırılan zemin kat alanı üyelik fonksiyonu.

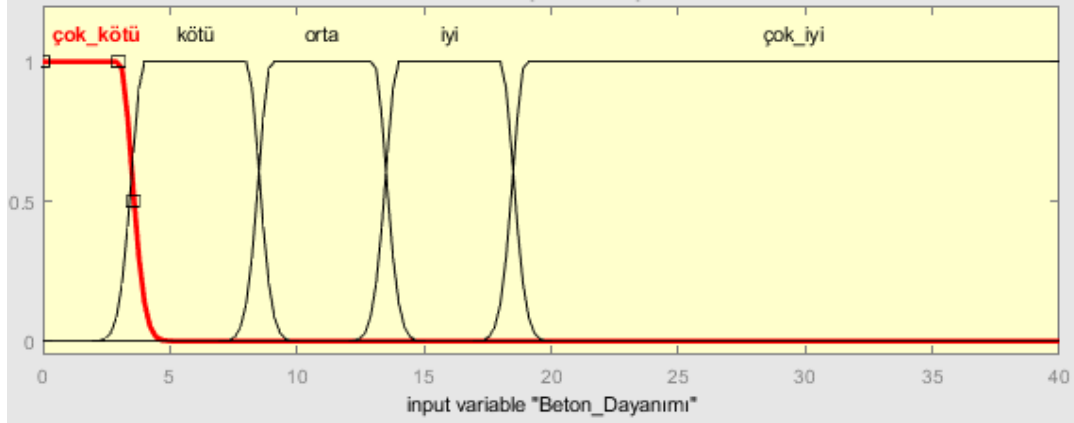


Şekil E.2.3. Aralık değeri arttırılan zemin katta bulunan kolon ve perde duvar alanının zemin kat alanına oranı üyelik fonksiyonu.

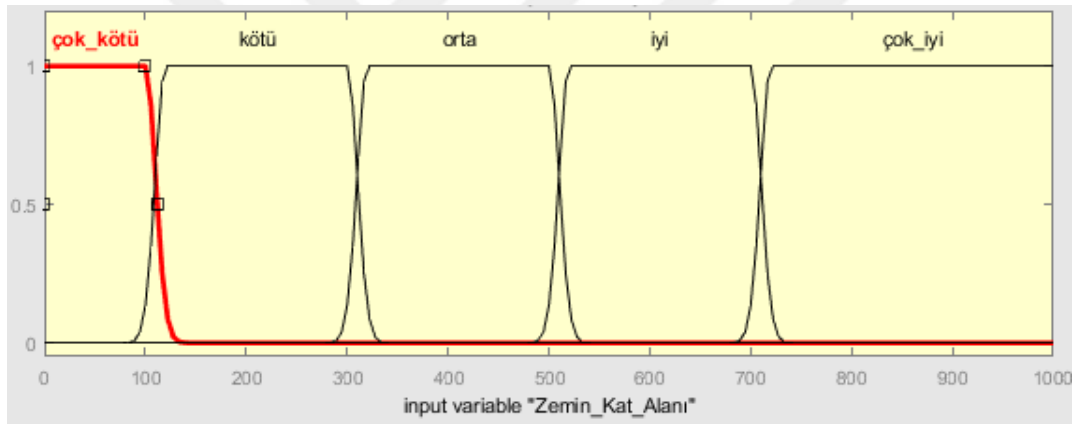


Şekil E.2.4. Aralık değeri arttırılan kat sayısı üyelik fonksiyonu.

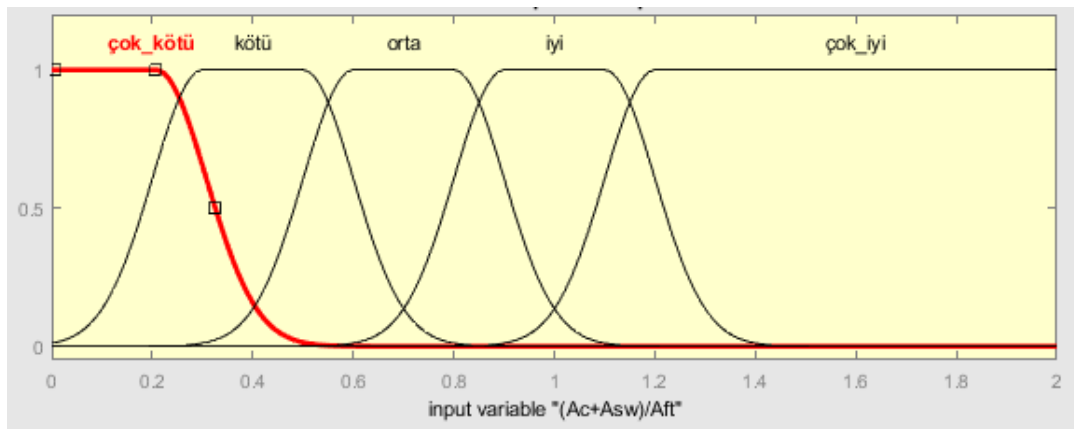
Ek 3. Üyelik fonksiyonlarının aralık değerlerinin azaltılması ile elde edilen üyelik fonksiyonları



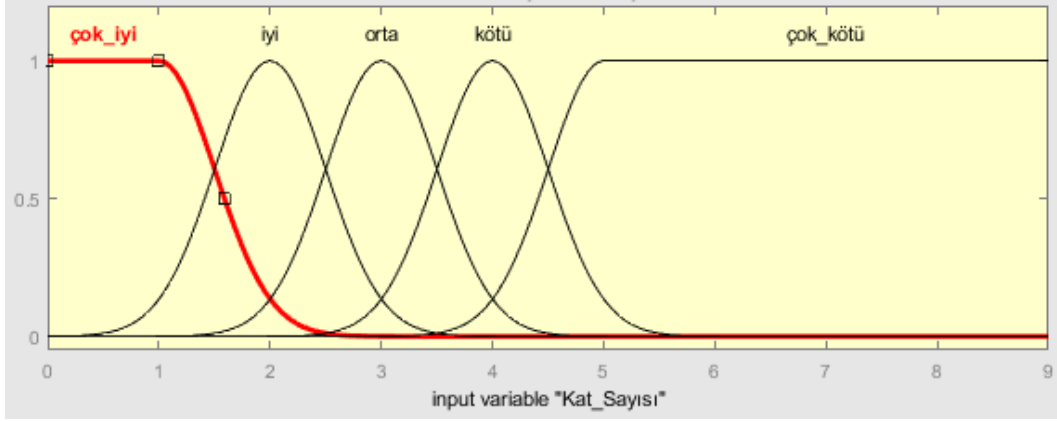
Şekil E.3.1. Aralık değeri azaltılan beton basınç dayanımı üyelik fonksiyonunu.



Şekil E.3.2. Aralık değeri azaltılan zemin kat alanı üyelik fonksiyonunu.

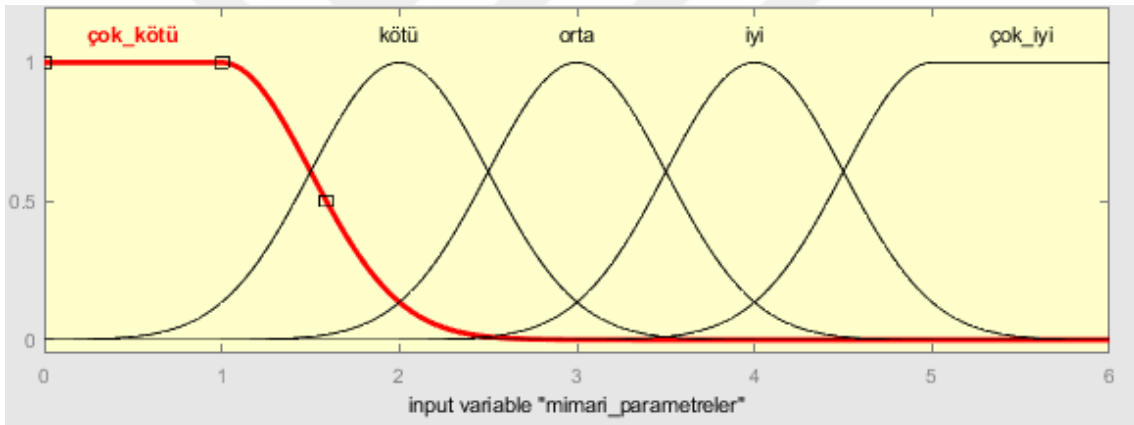


Şekil E.3.3. Aralık değeri azaltılan zemin katta bulunan kolon ve perde duvar alanının zemin kat alanına oranı üyelik fonksiyonu.



Şekil E.3.4. Aralık değeri azaltılan kat sayısı üyelik fonksiyonunu.

Ek 4. Yumuşak kat düzensizliğinin diğer düzensizlik durumlarına göre etkisini arttırılması ile elde edilen üyelik fonksiyonu



Şekil E. 4. 1. Yumuşak kat düzensizliğinin etkisinin arttırılması ile elde edilen üyelik fonksiyonu.



ÖZ GEÇMİŞ

İlköğrenimini Van Atatürk İlköğretim Okulu'nda ve orta öğrenimini Van Milli Piyango Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2019 yılında Adana Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 29/07/2022

Tez Başlığı / Konusu: Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Belirlenmesi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 65 sayfalık kısmına ilişkin, 29/07/2022 tarihinde şahsım tarafından Ithenticate intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %18 (onsekiz)'dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Adı Soyadı: Mehmet Ali YILDIZ

Öğrenci No: 20910001005

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: İnşaat Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans ☒

Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Doç. Dr. Barış ERDİL

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)