



**VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ OLARAK BULANIK MANTIK İLE
HAVA KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ- ANKARA ÖRNEĞİ**

Dilem GÜNER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2018

Dilem GÜNER tarafından hazırlanan “VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ OLARAK BULANIK MANTIK İLE HAVA KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ- ANKARA ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nursal ARICI

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Başkan: Prof. Dr. O. Ayhan ERDEM

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

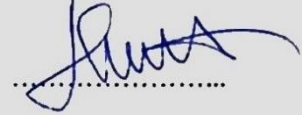
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hilal KAYA

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 26/07/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Dilem GÜNER

26/07/2018

VERİ MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ OLARAK BULANIK MANTIK İLE HAVA KALİTESİ DEĞERLENDİRMESİ - ANKARA ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Dilem GÜNER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2018

ÖZET

Hava, canlılar için önemli hayat kaynaklarından biridir, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerinde etkisi olduğu kadar bitki ve hayvanlar üzerinde de büyük etkisi vardır. Hava kalitesinin modellenmesi, hava kirliliğinin insan ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve insan sağlığını korumak adına gerekli önlemlerin alınmasında önemli bir etkiye sahiptir. Hava kalitesi tahmini ve modellenmesinde klasik istatistik yöntemler yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tez çalışmasında, hava kalitesi değerlendirilmesinde veri madenciliği yöntemlerinin uygulama olanakları araştırılmaktadır. Araştırma çerçevesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sitesinde yayımlanmakta olan hava kalitesi izleme verileri kullanılmıştır. Ülkemizin çeşitli lokasyonlarında bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarından her saat ölçümler yapılmakta ve sürekli biriken veri kümeleri meydana gelmektedir. Çalışmamız veri madenciliği süreç aşamaları uygulanarak Ankara ili, 8 farklı izleme istasyonlarından alınmış olan 2010-2016 yıllarına ait hava kalitesi ölçümleri ile sınırlandırılmıştır. Veri madenciliği süreci model uygulama aşamasında hava kalitesi bulanık mantık yöntemi ile modellenmiştir. Bulanık mantık modelinden elde edilen sonuçların mevcut sistem kadar başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 92412
Anahtar Kelimeler : Hava kirliliği, bulanık mantık, hava kalitesi, Hava Kalitesi İndeksi
Sayfa Adedi : 73
Danışman : Doç. Dr. Nursal ARICI

AIR QUALITY EVALUATION WITH FUZZY LOGIC AS DATA MINING METHOD -

ANKARA REGION EXAMPLE

(M. Sc. Thesis)

Dilem GÜNER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2018

ABSTRACT

Air is one of the important life sources, air pollution has significant effect on plants and animals as well as human health. The modeling of air quality has an important effect in reducing the negative effects of air pollution on human and environment and taking the necessary precautions to protect human health. Statistical methods are widely applied in air quality estimation and modeling. In this thesis study, application possibilities of data mining methods are investigated in air quality evaluation. In the framework of the research, air quality monitoring data which is published in the web site of the Ministry of Environment and Urbanization is used. Measurements are made every hour from air quality monitoring stations located in various locations of our country and data clusters are constantly accumulating. Our data mining process stages were limited to air quality measurements for 2010-2016 from 8 different monitoring stations in Ankara. Data mining is modeled with fuzzy logic method of air quality during the process model implementation phase. It has been evaluated that the results obtained from the fuzzy logic model are as successful as the existing system.

Science Code : 92412

Key Words : Air pollution, fuzzy logic, air quality, Air Quality Index

Page Number : 73

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nursal ARICI

TEŞEKKÜR

Tez sürecini yöneten, yönlendiren ve destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Nursal ARICI'ya, bulanık mantık modelinin oluşturulmasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi İsmail ATACAK'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE	5
2.1. Hava Kirliliği	5
2.2. Kirleticiler	6
2.2.1. Partikül maddeler (PM).....	6
2.2.2. Kükürt oksitler (SO ₂)	7
2.2.3. Azot oksitler (NO _x)	7
2.2.4. Karbon monoksit (CO).....	7
2.2.5. Ozon (O ₃)	7
2.3. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ)	7
2.4. Veri Madenciliği	8
2.4.1. Veri madenciliğinde kullanılan teknikler.....	10
2.4.2. Mekânsal veri madenciliği	12
2.4.3. Bulanık mantık yaklaşımı	12
2.5. Hava Kalitesi ve Bulanık Mantık Kullanılan Çalışmalar.....	15
2.6. Hava Kalitesi ve İlgili Diğer Veri Madenciliği Çalışmaları	17

Sayfa

3. HAVA KALİTE İNDEKSİNİN BULANIK MANTIK İLE MODELLENMESİ	21
3.1. Veri ön işleme	23
3.1.1. Verilerin seçilmesi	23
3.1.2. Verilerin temizlenmesi	25
3.1.3. Verilerin dönüştürülmesi.....	28
3.2. Bulanık Mantık Yöntemi ile Veri Madenciliği	28
3.2.1. Giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlenmesi	28
3.2.2. Bulanıklaştırma	29
3.2.3. Kural tabanı.....	32
3.2.4. Bulanık çıkarım ve durulaştırma.....	34
3.2.5. Modelin sonuçları.....	35
3.3. Bilgi Sunumu	64
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ulusal hava kalitesi kirletici sınır değerleri	8
Çizelge 3.1. İstasyonlarda ölçülen hava kirleticileri	24
Çizelge 3.2. Giriş ve çıkış değişkenleri	29
Çizelge 3.3. Demetevler, Dikmen, Kayaş kural tabanı	32
Çizelge 3.4. Cebeci kural tabanı	33
Çizelge 3.5. Bahçelievler ve Sıhhiye kural tabanı	34
Çizelge 3.6. Keçiören ve Sincan kural tabanı	34
Çizelge 3.7. Cebeci bölgesi sonuçları	35
Çizelge 3.8. Demetevler bölgesi sonuçları	36
Çizelge 3.9. Dikmen bölgesi sonuçları	36
Çizelge 3.10. Kayaş bölgesi sonuçları	36
Çizelge 3.11. Bahçelievler bölgesi sonuçları	37
Çizelge 3.12. Sıhhiye bölgesi sonuçları	37
Çizelge 3.13. Keçiören bölgesi sonuçları	37
Çizelge 3.14. Sincan bölgesi sonuçları	38
Çizelge 3.15. Cebeci bölgesi 2010 yılı sonuçları	38
Çizelge 3.16. Cebeci bölgesi 2011 yılı sonuçları	39
Çizelge 3.17. Cebeci bölgesi 2012 yılı sonuçları	39
Çizelge 3.18. Cebeci bölgesi 2013 yılı sonuçları	40
Çizelge 3.19. Cebeci bölgesi 2014 yılı sonuçları	40
Çizelge 3.20. Cebeci bölgesi 2015 yılı sonuçları	41
Çizelge 3.21. Cebeci bölgesi 2016 yılı sonuçları	41
Çizelge 3.22. Demetevler bölgesi 2010 yılı sonuçları	42
Çizelge 3.23. Demetevler bölgesi 2011 yılı sonuçları	42

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.24. Demetevler bölgesi 2012 yılı sonuçları	43
Çizelge 3.25. Demetevler bölgesi 2013 yılı sonuçları	43
Çizelge 3.26. Demetevler bölgesi 2014 yılı sonuçları	43
Çizelge 3.27. Demetevler bölgesi 2015 yılı sonuçları	44
Çizelge 3.28. Demetevler bölgesi 2016 yılı sonuçları	44
Çizelge 3.29. Dikmen bölgesi 2010 yılı sonuçları	45
Çizelge 3.30. Dikmen bölgesi 2011 yılı sonuçları	45
Çizelge 3.31. Dikmen bölgesi 2012 yılı sonuçları	46
Çizelge 3.32. Dikmen bölgesi 2013 yılı sonuçları	46
Çizelge 3.33. Dikmen bölgesi 2014 yılı sonuçları	47
Çizelge 3.34. Dikmen bölgesi 2015 yılı sonuçları	47
Çizelge 3.35. Dikmen bölgesi 2016 yılı sonuçları	48
Çizelge 3.36. Kayaş bölgesi 2010 yılı sonuçları	48
Çizelge 3.37. Kayaş bölgesi 2011 yılı sonuçları	49
Çizelge 3.38. Kayaş bölgesi 2012 yılı sonuçları	49
Çizelge 3.39. Kayaş bölgesi 2013 yılı sonuçları	50
Çizelge 3.40. Kayaş bölgesi 2014 yılı sonuçları	50
Çizelge 3.41. Kayaş bölgesi 2015 yılı sonuçları	50
Çizelge 3.42. Kayaş bölgesi 2016 yılı sonuçları	51
Çizelge 3.43. Bahçelievler bölgesi 2010 yılı sonuçları	51
Çizelge 3.44. Bahçelievler bölgesi 2011 yılı sonuçları	52
Çizelge 3.45. Bahçelievler bölgesi 2012 yılı sonuçları	52
Çizelge 3.46. Bahçelievler bölgesi 2013 yılı sonuçları	53
Çizelge 3.47. Bahçelievler bölgesi 2014 yılı sonuçları	53

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.48. Bahçelievler bölgesi 2015 yılı sonuçları.....	53
Çizelge 3.49. Bahçelievler bölgesi 2016 yılı sonuçları.....	54
Çizelge 3.50. Sıhhiye bölgesi 2010 yılı sonuçları.....	54
Çizelge 3.51. Sıhhiye bölgesi 2011 yılı sonuçları.....	55
Çizelge 3.52. Sıhhiye bölgesi 2012 yılı sonuçları.....	55
Çizelge 3.53. Sıhhiye bölgesi 2013 yılı sonuçları.....	56
Çizelge 3.54. Sıhhiye bölgesi 2014 yılı sonuçları.....	56
Çizelge 3.55. Sıhhiye bölgesi 2015 yılı sonuçları.....	56
Çizelge 3.56. Sıhhiye bölgesi 2016 yılı sonuçları.....	57
Çizelge 3.57. Keçiören bölgesi 2010 yılı sonuçları	57
Çizelge 3.58. Keçiören bölgesi 2011 yılı sonuçları	58
Çizelge 3.59. Keçiören bölgesi 2012 yılı sonuçları	58
Çizelge 3.60. Keçiören bölgesi 2013 yılı sonuçları	58
Çizelge 3.61. Keçiören bölgesi 2014 yılı sonuçları	59
Çizelge 3.62. Keçiören bölgesi 2015 yılı sonuçları	59
Çizelge 3.63. Keçiören bölgesi 2016 yılı sonuçları	60
Çizelge 3.64. Sincan bölgesi 2010 yılı sonuçları	60
Çizelge 3.65. Sincan bölgesi 2011 yılı sonuçları.....	61
Çizelge 3.66. Sincan bölgesi 2012 yılı sonuçları.....	61
Çizelge 3.67. Sincan bölgesi 2013 yılı sonuçları.....	62
Çizelge 3.68. Sincan bölgesi 2014 yılı sonuçları.....	62
Çizelge 3.69. Sincan bölgesi 2015 yılı sonuçları.....	63
Çizelge 3.70. Sincan bölgesi 2016 yılı sonuçları.....	63
Çizelge 3.71. İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bilgi keşfi sürecinin adımları	9
Şekil 3.1. Veri madenciliği için uygulanan yöntemin akış şeması	21
Şekil 3.2. Mevcut sistem için uygulanan yöntemin akış şeması.....	22
Şekil 3.3. Saatlik HKİ değerlerinin Türkiye haritası üzerinde gösterimi	23
Şekil 3.4. CO-SO ₂ ye göre HKİ değişimi	25
Şekil 3.5. CO-NO ₂ ye göre HKİ değişimi.....	25
Şekil 3.6. NO ₂ -SO ₂ ye göre HKİ değişimi.....	25
Şekil 3.7. O ₃ -CO ya göre HKİ değişimi	25
Şekil 3.8. O ₃ -NO ₂ ye göre HKİ değişimi.....	26
Şekil 3.9. PM ₁₀ -O ₃ e göre HKİ değişimi.....	26
Şekil 3.10. O ₃ -SO ₂ ye göre HKİ değişimi.....	26
Şekil 3.11. PM ₁₀ -CO ya göre HKİ değişimi	26
Şekil 3.12. PM ₁₀ -NO ₂ ye göre HKİ değişimi.....	27
Şekil 3.13. PM ₁₀ -SO ₂ ye göre HKİ değişimi	27
Şekil 3.14. SO ₂ yamuk üyelik fonksiyonu	30
Şekil 3.15. NO ₂ yamuk üyelik fonksiyonu	30
Şekil 3.16. CO yamuk üyelik fonksiyonu	30
Şekil 3.17. O ₃ yamuk üyelik fonksiyonu	30
Şekil 3.18. PM ₁₀ yamuk üyelik fonksiyonu	30
Şekil 3.19. HKİ yamuk üyelik fonksiyonu	31
Şekil 3.20. SO ₂ üçgen üyelik fonksiyonu	31
Şekil 3.21. NO ₂ üçgen üyelik fonksiyonu.....	31
Şekil 3.22. CO üçgen üyelik fonksiyonu	31

Şekil	Sayfa
Şekil 3.23. O ₃ üçgen üyelik fonksiyonu	31
Şekil 3.24. PM ₁₀ üçgen üyelik fonksiyonu	32
Şekil 3.25. HKİ üçgen üyelik fonksiyonu.....	32
Şekil 3.26. Yıl bazlı harita gösterimi	65
Şekil 3.27. Ankara hava kirliliği ısı haritası	66



SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Mikrogram/Metreküp

Kısaltmalar

Açıklamalar

ANN

Artificial Neural Network/Yapay Sinir Ağları

AQI

Air Quality Index/Hava Kalite İndeksi

CA

Clustering Analysis/Kümeleme Analizi

CO

Karbon monoksit

CSV

Comma-Separated Values

ÇŞB

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

EPA

Environmental Protection Agency/Çevre Koruma Ajansı

FCM

Fuzzy C-Means

HKİ

Hava Kalitesi İndeksi

NO_x

Azot oksitler

O₃

Ozon

PAM

Pluggable Authentication Module

PCA

Principal Component Analysis/Temel Bileşen Analizi

PM

Partikül Maddeler

SO_x

Kükürt oksitler

SVM

Support Vector Machine/Destek Vektör Makinesi

Kısaltmalar**Açıklamalar****TSK**

Takagi-Sugeno-Kang

VOC

Volatile Organic Compound/Uçucu Organik Madde



1. GİRİŞ

Tüm canlıların vazgeçilmez yaşam kaynaklarından birisi havadır. Nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme ve taşıt kullanımının artması birçok çevre sorununun artmasına neden olmuştur. Bu sorunlardan birisi olan hava kirliliği insan sağlığını olumsuz etkilemekte, çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Kentleşme, inşaat sayısındaki artış, motorlu taşıt kullanımının artışı, sanayileşme ile soluduğumuz havanın içindeki çeşitli hava kirleticilerinin sürekli artması hava kalitesini kötüleştirmektedir. Hava kirliliğinde özellikle kış aylarında ısınma kaynaklı olarak artış görülmektedir. Hava kirliliği başta insanlar olmak üzere hayvanlar, bitkiler ve cansız varlıklar üzerinde önemli olumsuz etkilere sahip olabilmektedir. Hava kirliliğinin global bir yönü olmasına rağmen, bölgesel sebepler nedeniyle hava kirliliği bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Bu nedenle hava kalitesini iyileştirmek için bölgesel ölçekte planlamalar ve önlemler alınması gerekmektedir. Toplum sağlığını ve çevreyi koruyabilmek adına hava kirliliğinin modellenmesi ve kirletici konsantrasyonlarının doğru bir şekilde tahmininin yapılması kirliliğin olumsuz etkilerinin azaltılmasında ve gerekli önlemlerin alınmasında önemli bir etkiye sahiptir.

Hava kirliliği modellenmesi ve tahmini amacıyla yapılan çalışmalar yaygın olarak klasik istatistiksel modellere dayanmaktadır [1,2]. Ancak, parametreler arasındaki kompleks ve doğrusal olmayan ilişkiler nedeniyle klasik istatistik modellerle yapılan tahminler yeterli olamamaktadır.

Bu tezin amacı; veri madenciliği disiplinine uygun olarak hava kirliliği modelleme ve tahmin çalışması gerçekleştirmektir. Veri madenciliği; büyük veri setleri arasındaki desenlerin keşfedilmesi için, verinin analizi ve bilgisayar algoritmaları kullanılmasını gerektiren bir disiplindir. Klasik istatistikten farklı olarak veri madenciliğinde amaç, veriler arasındaki mantıksal kurallara ya da görsel sonuçlara dönüştürülebilecek nitel modellerin çıkarılmasıdır. Veri madenciliği disiplini, istatistik, yapay zekâ, veri tabanları ve veri görselleştirme gibi disiplinlerle yakından ilişkili bir disiplindir. Veri madenciliği temel olarak 3 temel aşamadan oluşan bir süreçtir. İlk aşama veri ön işleme; verinin seçimi, veri temizleme ve dönüşüm aşamalarını kapsamaktadır. İkinci aşamada veri madenciliği modelinin kurulması ve değerlendirilmesi ve son aşamada ise çıkarım bilgisinin sunulmasından oluşmaktadır.

Tez çalışmasının amacına uygun olarak veri madenciliği süreç aşamaları kısaca şu şekilde uygulanmıştır:

Veri seti, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇSB) Hava İzleme İstasyonları web sitesinden sağlanmıştır [3]. Bu web sitesinde ülkemizin tüm illerinin çeşitli lokasyonlarından 7x24 (her gün saatlik) ölçülen SO₂ (kükürt dioksit), NO₂ (azot dioksit), CO (karbon monoksit), O₃ (ozon) ve PM₁₀ (partikül maddeler) (µg/m³) kirletici parametrelere ait veri setleri yayımlanmaktadır.

Veri ön işleme aşamasında, Ankara ili 2010-2016 yıllarına ait Bahçelievler, Cebeci, Demetevler, Dikmen, Kayaş, Keçiören, Sincan, Sıhhiye izleme istasyonlarından yapılan ölçüm verileri seçilmiştir. Cebeci istasyonunda sayılan tüm kirletici parametreleri bulunmaktadır. Demetevler, Dikmen, Kayaş bölgesinde SO₂, NO₂ ve PM₁₀ (µg/m³) kirletici parametreleri ölçülmektedir. Bahçelievler ve Sıhhiye istasyonlarından SO₂, NO₂, CO ve PM₁₀ (µg/m³) kirleticileri ölçülmektedir. Keçiören ve Sincan istasyonlarından ise SO₂, NO₂, O₃ ve PM₁₀ (µg/m³) kirletici parametreleri ölçülmektedir. Veri setleri içinde eksik veriler için kirleticilerin ortalama değerleri kullanılmıştır.

Modelin kurulması ve değerlendirilmesi aşamasında; veri madenciliği yöntemlerinden bulanık mantık yaklaşımı ile hava kalitesi modellenmiştir. Bulanık mantık yöntemiyle, doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir [4-11]. Tez çalışmamızda bulanık mantık yöntemi ile modellediğimiz sistemde hava kirliliği parametreleri SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀ (µg/m³) giriş parametreleri olarak ele alınmıştır. Her bir izleme istasyonuna ait giriş değişkenleri düşük, orta, yüksek olmak üzere üç bulanık alt küme ile temsil edilmiştir. Çalışmada hem yamuk hem de üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Bulanık mantık yöntemi uygulanarak Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) çıkış değişkeni iyi, orta, hassas, sağlıklı, kötü ve tehlikeli kümeleri yoluyla hava kalitesi değerlendirmesinde kullanılmıştır.

Bulanık mantık yönteminden elde edilen bilgilerin sunumunda sonuçlar Google Maps JavaScript kütüphanesi kullanılarak dairesel grafiklerle görselleştirilmiştir.

Tez çalışmamızın sonraki bölümleri şu şekilde ilerlemektedir: İkinci bölümde; çalışmamızın kavramsal ve kuramsal çerçevesi sunulmuştur. Bu bölümde öncelikle hava kirliliği ve HKİ hakkında bilgi verilmiş, sonrasında veri madenciliği, veri madenciliğinde kullanılan

yöntemler ve bulanık mantık yaklaşımı üzerinde durulmuştur. Hava kalitesini bulanık mantık yaklaşımıyla modelleyen çalışmalar ve hava kalitesi ile ilgili diğer veri madenciliği çalışmalarının özetleri sunulmuştur.

Üçüncü bölümde tez çalışmasına uygun olarak veri madenciliği aşamaları ve modelleme aşamasında uygulanan bulanık mantık yaklaşımı ile ilgili algoritmik adımlar açıklanmıştır.

Dördüncü ve son bölümde sonuç ve önerilerin genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır.





2. KURAMSAL VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde hava kirliliği, veri madenciliği ve bulanık mantık yöntemi ile ilgili bilgi verilmiştir.

2.1. Hava Kirliliği

Soluduğumuz havada yaklaşık olarak %78 azot, %21 oksijen ve %1 oranında da diğer gazlar, toz, su buharı gibi maddeler bulunmaktadır. Toz, duman, buhar, iri partiküller, gazlar ve kötü kokulu maddeler kirleticilere birer örnektir. Havada, miktarları azot ve oksijen gibi sabit olmayıp zaman ve mekân içinde değişkenlik gösteren insan etkinlikleriyle ilişkili olan kükürt oksitler, karbon monoksit, azot oksitler, ozon ve havada askıda durabilen partikül maddeler ve aerosoller bulunur. Bu maddelerin belirli bir konsantrasyon değerinin üzerine çıkması durumunda hava kirliliği meydana gelir. Hava akışkan bir yapıda olduğu için, kirletici gaz ve tozların havada dağılıp kirlenmenin seyreltilerek giderilme ihtimali vardır. Hava kirliliğine sıcaklık, basınç, yağış, rüzgâr, nem, güneş radyasyonu gibi meteorolojik faktörler kadar coğrafi konum ve topografik yapı da etki etmektedir [3]. Yeşil alanların tahrip edilmesi, kentleşme ve yakıt kullanımı hava kirliliğine büyük ölçüde etki etmektedir.

Hava kirliliği orman yangını, yanardağ faaliyetleri, çöllere yakın bölgelerde toz fırtınaları gibi doğal kaynaklardan kaynaklanabildiği gibi sanayileşme, ısınma, taşıt emisyonları gibi yapay kaynaklardan da kaynaklanabilir. Bir kirleticinin doğal ya da yapay bir kaynaktan yayınlandığı andan havada yok oluncaya kadar geçen sürenin en iyi ölçüsü kirleticinin yarılanma ömrüdür. Sık rastlanan hava kirleticilerinin saat veya günlük periyotlarla yarılanma ömrüne sahip oldukları bilinmektedir [12].

Dünya nüfusunun %92'sinin, Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu hava kalitesi seviyelerinin sınırlarını aşan yerlerde yaşadığı tespit edilmiştir [13]. Yılda yaklaşık 3 milyon ölüm, dış hava kirliliğine maruz kalmayla bağlantılı bulunmuştur. 2012 yılında, yaklaşık 6,5 milyon ölüm, yani tüm küresel ölümlerin %11,6'sı iç ve dış hava kirliliği ile ilişkilendirilmiştir. Hava kirliliğine bağlı ölümlerin yaklaşık %90'ı düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelirken, Dünya Sağlık Örgütü'nün raporlarına göre Güneydoğu Asya ve Batı Pasifik bölgelerinde her 3 ölümden 2'si hava kirliliğine bağlı olarak meydana gelmiştir [13].

Hava kirliliğine bağlı ölümlerin yaklaşık olarak %94'ü bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklanmaktadır [13]. Hava kirliliği, vücudumuzun savunma mekanizmasını devre dışı bırakıp, kalp krizi, felç, akciğer hastalığı ve kansere bağlı ölümlere yol açar. Hava kirliliği, inme, akciğer kanseri ve kronik solunum yolu hastalıkları ölümlerinin üçte birinin ve kalp hastalığı ölümlerinin dörtte birinin nedenidir. İnsanların sağlıklı olması için, temiz havayı ilk nefeslerinden son nefeslerine kadar almaları gerekmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü'nün raporlarına göre tüm inme ölümlerinin %34'ü hava kirliliğine atfedilebilir. Hava kirliliği, her yıl felçten 2,2 milyon insanın ölüme neden olmaktadır. Kalp hastalığı ölümlerinin %27'si hava kirliliğine bağlanabilir. Hava kirliliği her yıl kalp hastalığına bağlı olarak 2 milyon ölüme neden olmaktadır. Akciğer kanseri ölümlerinin %37'si hava kirliliği ile ilişkilendirilmiştir. Hava kirliliği her yıl akciğer hastalıkları ve kansere bağlı olarak 1,7 milyon ölüme neden olmaktadır [13].

2.2. Kirleticiler

Havadaki kirleticileri sırasıyla partikül maddeler, kükürt oksitler, organik maddeler, azot oksitler, karbon monoksit vb. gazlar olarak sayabiliriz. Kirletici maddelerin bazıları doğrudan kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticiler olarak bilinmektedir. Diğer kirleticiler ise, havaya karışan birincil maddelerin, havadaki diğer gazlarla atmosferde reaksiyona girmesiyle oluşan reaksiyon artıklarıdır. Bunlara da ikincil kirleticiler denir [5].

2.2.1. Partikül maddeler (PM)

Gaz molekül büyüklüğü ortalama 0.0002-0.0003 μm çaptan iri olan ve havada askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girmektedir [5]. Partikül maddelerin oluşmasında endüstriyel faaliyetler, yakıt yanması, ikincil kimyasal reaksiyonlar ana kaynak olarak gösterilebilir. $\text{PM}_{2.5}$, akciğerlere ve kardiyovasküler sisteme derinlemesine nüfuz eder ve insan sağlığına en büyük riskleri oluşturan sülfat, nitratlar ve siyah karbon gibi kirleticiler içerir.

$\text{PM}_{2.5}$ için Dünya Sağlık Örgütü kılavuz limitlerine göre yıllık ortalama $10 \mu\text{g} / \text{m}^3$ tür. Dünya Sağlık Örgütü'nün hava kalitesi modeli, dünya nüfusunun %92'sinin, yıllık ortalama partikül

madde ortalaması için hava kalitesi düzeylerinin, 2.5 mikrometreden ($PM_{2.5}$) daha küçük bir çapa sahip yerlerde yaşadığını göstermektedir.

2.2.2. Kükürt oksitler (SO_2)

Fosil yakıt yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. SO_2 'nin solunum yolu rahatsızlıkları yarattığı, akciğer yetmezliğine neden olduğu bilinmektedir.

2.2.3. Azot oksitler (NO_x)

Endüstriyel yüksek sıcaklıkta yakma işlemleri ve taşıt emisyonları havadaki azot oksit miktarını arttırmaktadır. Asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Bitki örtüsüne ve insan sağlığına olumsuz etkileri vardır.

2.2.4. Karbon monoksit (CO)

Karbon monoksit, kandaki hemoglobin ile birleşerek dokulara oksijen iletiminin engellenmesine sebep olmaktadır. Taşıt emisyonları ve yanma sonucu ortaya çıkan bir gazdır.

2.2.5. Ozon (O_3)

Astım gibi solunum sistemi problemlerine sebep olmaktadır. Trafikten kaynaklanan azot oksitlerden ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişimi kaynaklanmaktadır [3].

2.3. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ)

Hava kirliliğinin insan sağlığına ve çevreye önemli etkileri olması nedeni ile hava kalitesi konusuna tüm dünyada önem verilmektedir. Yaşadığımız yerdeki hava kalitesi sağlığımızı direk etkilemektedir. Hava kalitesi saatten saate değişiklik göstermektedir. Hava kalitesinin sınıflandırılması için her ülkenin kendi kirleticisi sınır değerlerine göre belirledikleri indekse HKİ/AQI adı verilmektedir. Hava Kalitesi İndeksi sınıflama sistemi ile havada bulunan kirleticisi konsantrasyonlarına göre hava kalitesi iyi, orta, hassas, kötü, sağlıksız ve tehlikeli olmak üzere derecelendirme yapılmaktadır. Partikül maddeler (PM_{10}), karbon monoksit

(CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) kirleticileri için Hava Kalitesi İndeksi hesaplanmaktadır. Hava Kalitesi İndeksi hava kirliliği seviyesi hakkında anlaşılabilir bilgi sağlarken aynı zamanda toplum sağlığını korumak adına önlem alma noktasında uyarıcı bir özelliğe sahiptir. Hava Kalitesi İndeksi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından Türkiye'nin belirli istasyonlarından düzenli olarak ölçülmektedir. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksini ulusal mevzuat ve ulusal sınır değerlerine uyarlayarak oluşturulmuştur [3]. Düzenli ölçülen hava kirletici değerleri HKİ değerlerine dönüştürülür. Kirleticilerden en yüksek değere sahip değer HKİ'yi belirlemektedir.

Çizelge 2.1. Ulusal hava kalitesi kirletici sınır değerleri [3]

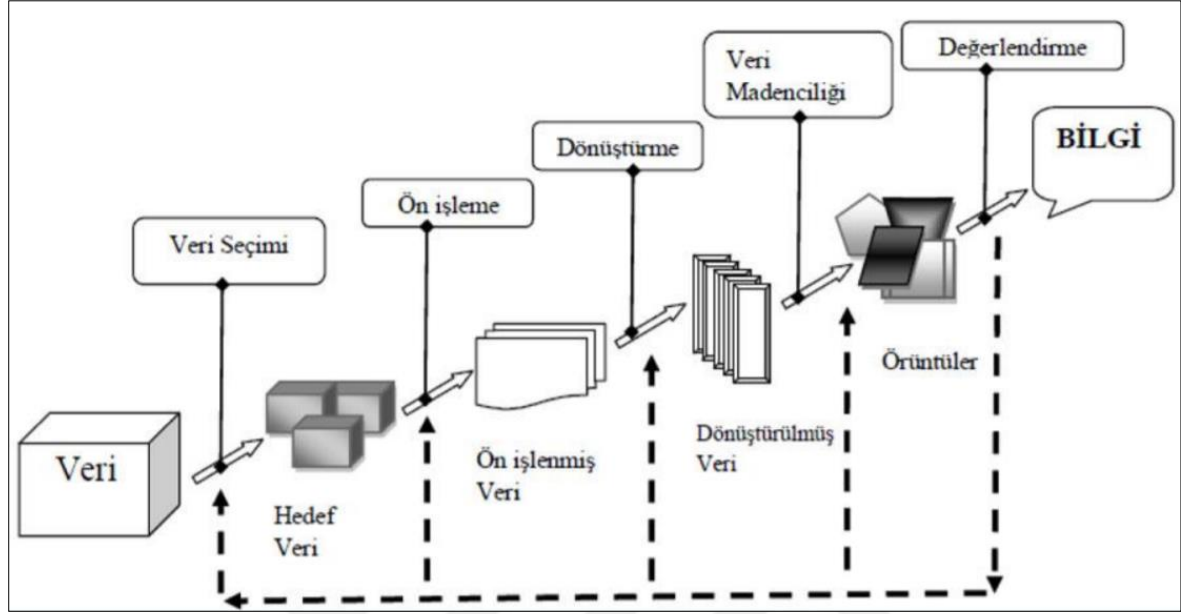
İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 - 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 - 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 - 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 - 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 - 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 - 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

2.4. Veri Madenciliği

Her yıl daha güçlü bilgisayarlar üreten modern bilgi teknolojisi sayesinde, büyük miktarda veriyi düşük maliyetlerle toplamak, depolamak, aktarmak ve birleştirmek mümkündür. Bununla birlikte, arşivlerde yer alan verilerin akıllı bir şekilde kullanılması, oldukça zordur. Çeşitli formatlarda veri sayısının artmasıyla, veriyi faydalı bilgiye dönüştüren araçların eksikliği ortaya çıkmıştır. Bu zorluklara cevap olarak, veritabanlarında "bilgi keşfi" veya "veri madenciliği" olarak adlandırılan yeni bir araştırma alanı ortaya çıkmıştır. Veritabanlarında bilgi keşfi, anlamlı, bilinmeyen ve beklenmedik ilişkileri tanımlamak için veritabanlarının analizini ele alan bir araştırma alanıdır. Veri madenciliği, istatistik, makine öğrenmesi, yapay zekâ yöntemlerinden yararlanan disiplinler arası bir bilimdir.

Veri madenciliği, çok büyük miktarda verinin faydalı bilgiye dönüştürülmesine ihtiyaç duyulması nedeniyle, son yıllarda toplumu bütün olarak etkilemektedir. Elde edilen bilgi, piyasa analizi, dolandırıcılık tespiti, müşteri sadakati, üretim kontrolü ve çeşitli bilimsel

araştırmalar için kullanılabilir. Veri madenciliği, bilgi teknolojisinin doğal gelişiminin bir sonucu olarak görülmektedir.



Şekil 2.1. Bilgi keşfi sürecinin adımları [14]

Birçok kişi alternatif olarak veri madenciliğini bilgi keşfi sürecinde yalnızca önemli bir adım olarak görmektedir. Bir süreç olarak bilgi keşfi aşağıdaki adımların yinelemeli bir diziliminden oluşur:

1. Veri seçimi: ilgili verilerin veritabanından alınması sürecidir.
2. Veri temizleme: Gürültülü ve tutarsız verileri kaldırılır. Kayıp veri alanları için stratejiler belirlenir.
3. Veri dönüşümü: Bu aşamada veriler uygun formlara dönüştürülür veya birleştirilir. Kullanılacak değişken sayısı indirgenebilir.
4. Veri madenciliği: Uygulama hedefine uygun olacak şekilde veri madenciliği yöntemi belirlenir. Sınıflandırma, kümeleme gibi yöntemler uygulanır.
5. Desen değerlendirmesi: Veri madenciliği sonucunda çıkan sonuçlar değerlendirilir.
6. Bilgi sunumu: Keşfedilen bilgi, sonraki çalışmalar için raporlanır. Bu şekilde önceden yapılan çalışmalar ile karşılaştırılabilir, doğruluğu kontrol edilebilir.

1-3 arasındaki adımlar, veri madenciliğinde verilerin hazırlandığı veri ön işleme adımlarıdır. Veri madenciliği aşamasında ilginç desenler kullanıcıya sunulur veya bilgi tabanı içinde yeni

bilgi olarak saklanabilir. Bu görüşe göre, veri madenciliği, değerlendirme aşaması için gizli kalıpları ortaya çıkarmaktadır.

Veri madenciliği bilgi keşfi sürecinde bir adım olarak kabul edilebilir. Bir başka deyişle veri madenciliği, veritabanlarında, veri ambarlarında veya diğer bilgi depolarında toplanan büyük miktardaki veriden bilgi keşfetme sürecidir. Veri madenciliğinde yöntemler başlangıçta belli değildir. Analiz süreci sırasında yeni sorular ortaya çıkabilir ve farklı yöntemler uygulayarak, süreç birkaç kez tekrarlanabilir.

2.4.1. Veri madenciliğinde kullanılan teknikler

Veri madenciliği yöntemleri denetimli (supervised) ve denetimsiz (unsupervised) olmak üzere iki gruba ayrılır. Veri madenciliğinde denetimli yöntemler veriden bilgi ve sonuç çıkarmaya yönelik kullanılırken, denetimsiz yöntemlerde elde edilmesi istenen sonuç için herhangi bir tanımlama yapılmaz ve belirsizlik söz konusudur [15].

Denetimsiz yöntemler, veriyi anlamak, keşfetmek ve sonraki uygulanacak yöntemler için fikir vermek için kullanılmaktadır.

Denetimli veri madenciliği yöntemlerine aşağıdakiler örnek olarak verilebilir.

- Regresyon (Regression)
- Karar ağaçları (Decision trees)
- Sinir ağları (Neural networks)

Denetimsiz veri madenciliği yöntemlerine aşağıdaki örnek verilebilir.

- Hiyerarşik kümeleme (Hierarchical clustering)

Veri madenciliği sürecinde kullanılan modeller tanımlayıcı (descriptive) ve tahmin edici (predictive) olarak iki başlıkta da incelenebilir.

Sınıflandırma ve Regresyon

Tahmin edici veri madenciliğine giren sınıflandırma, sınıf etiketi bilinmeyen nesnelerin sınıfını tahmin etmek için veri sınıflarını veya kavramları tanımlama işlemidir. Oluşturulan model, bir eğitim verisinin yani, sınıf etiketi bilinen veri nesnelerinin analizine dayanır. Bu model, sınıflandırma kuralları, karar ağaçları, matematiksel formüller veya sinir ağları gibi çeşitli formlarda temsil edilebilir. Tahmin terimi hem sayısal tahmini hem de sınıf etiketi tahmini ile ilgili olarak kullanılabilir. Regresyon analizi, sayısal tahmin için sıklıkla kullanılan istatistiksel bir metodolojidir. Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılır. Tahmin edici veri madenciliğinde kullanılan teknikler aşağıdaki gibidir.

- Genetik algoritmalar (Genetic algorithms)
- Naive-Bayes
- Karar ağaçları (Decision trees)
- Sinir ağları (Neural networks)
- Bulanık mantık

Kümeleme

Tanımlayıcı veri madenciliğine giren kümeleme, sınıf etiketli veri kümelerini analiz eden sınıflandırma ve regresyonun aksine, sınıf etiketlerine başvurmadan veri nesnelerini analiz eder. Kümeleme, bir grup veri için sınıf etiketleri oluşturmak için kullanılabilir. Nesneler, sınıf içi benzerliği en üst düzeye çıkarmak ve sınıflar arası benzerliği en alt düzeye indirme ilkesine dayalı olarak kümelенmiş veya gruplanmıştır. Bir küme içindeki nesneler birbirleriyle yüksek benzerlik gösterirken, diğer kümelerdeki nesnelerden oldukça farklı olan nesnelerin kümeleri oluşturulur. Tanımlayıcı veri madenciliğinde kullanılan teknikler aşağıdaki gibidir.

- Birliktelik kuralları
- Yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemleri (Density-based methods)
- Hiyerarşik kümeleme yöntemleri (Hierarchical methods)

2.4.2. Mekânsal veri madenciliği

Koordinat, adres gibi konum bilgisi içeren her türlü veri mekânsal veri olarak tanımlanabilir. Mekânsal nesnelere ait verileri saklayabilen ve sorgulayabilen veritabanlarına mekânsal veritabanı denir. Veritabanları nümerik ve karakter veri tiplerini anlayabilirken, mekânsal veritabanları hem mekânsal konum hem de mekânsal olmayan nitelikler ile karakterize edilen nesneleri içerebilir. Mekânsal veri madenciliği mekânsal ilişkiler, ya da mekânsal veritabanında direk olarak görülmeyen diğer desenleri çıkarma işlemidir [16]. Mekânsal veriye, veri madenciliği tekniklerinin uygulanma sürecine mekânsal veri madenciliği denilmektedir.

Mekânsal nesneler, belirsiz sınırlara sahip olabilir. Bulanık mantık yaklaşımı birçok alanda uygulandığı gibi mekânsal analizler içinde uygulanabilir. Bu çalışmada mekânsal veri madenciliği bulanık mantık algoritmalarından yararlanılarak yapılmıştır.

2.4.3. Bulanık mantık yaklaşımı

Bulanık küme teorisi Lotfi Zadeh tarafından 1965'te geleneksel iki değerli mantık ve olasılık teorisine alternatif olarak önerilmiştir. En önemlisi bulanık küme teorisi, belirsiz veya kesin olmayan gerçeklerle baş edilmesini sağlar. Bulanık küme teorisi, kural tabanlı sınıflandırma gerçekleştiren veri madenciliği sistemleri için kullanılmaktadır. Bulanık mantık sistemleri, pazar araştırması, finans, sağlık ve çevre mühendisliği gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Sözel değişkenler

Günlük yaşantımızda kullandığımız bazı kavramlar birden fazla özelliği aynı anda gösterebilir yani tek bir anlamı ifade etmeyebilir. Örneğin yaşlı-genç kavramları net olmayan kavramlardır, genç, orta yaşlı, yaşlı ve çok yaşlı gibi kelimelerle tanımlanabilir. Bir kavramın, baskın özelliğini gösterdiği sınıfa dahil etmek her zaman doğru bir yaklaşım olmayabilir. Bu durumda yaş kavramı sözel değişkenlere örnektir ve bulanık kümelerle temsil edilir. Bulanık mantık yönteminin ilk ve en önemli adımı sözel değişkenleri belirlemektir. Bir bulanık mantık sisteminde giriş veya çıkış değişkenleri sayısal değerler yerine sözel değişkenler ile ifade edilir.

Bulanık kümeler

Bulanık kümeler, sözel değişkenleri bulanık mantık sistemine aktarabilmek için oluşturulan kümelerdir. Klasik küme yaklaşımında bir değişken matematiksel olarak kümenin elemanı olduğunda “1”, kümenin elemanı olmadığı durumda ise “0” değerini alır. Bulanık mantık yaklaşımında sözel değişkenler, bulanık kümelerdeki üyelik derecesi ile temsil edilir. Sözel değişkenlerin üyelik dereceleri (0, 1) aralığında herhangi bir değer olabilir ve üyelik fonksiyonu $\mu(x)$ ile ifade edilir. A bulanık kümesi $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile temsil edilir ve aşağıdaki gibi gösterilebilir [17].

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in A, \mu_A(x) \in [0,1]\} \quad (2.1)$$

Bulanık kümelerin gösterimi

Bulanık kümeler matematiksel olarak üyelik fonksiyonları ile gösterilir. Üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu, gauss üyelik fonksiyonu en sık kullanılan üyelik fonksiyonlarına örnek olarak gösterilebilir.

Sayısal değerlerin bulanık dilsel değerlere dönüştürülmesi işlemi bulanıklaştırma olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, bulanıklaştırma, üyelik işlevlerinin uygulandığı ve üyelik derecesinin belirlendiği yerdir.

Üçgen üyelik fonksiyonu: Üçgen üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır [17].

$$\mu(x; a_1, b, a_2) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq b \text{ ise, } (x - a_1)/(b - a_1) \\ b \leq x \leq a_2 \text{ ise } (a_2 - x)/(a_2 - b) \\ x > a_2 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Yamuk üyelik fonksiyonu: Yamuk üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır [17].

$$\mu(x; a_1, b_1, b_2, a_2) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq b_1 \text{ ise, } (x - a_1)/(b_1 - a_1) \\ b_1 \leq x \leq b_2 \text{ ise } 1 \\ b_2 \leq x \leq a_2 \text{ ise, } \frac{x - a_2}{(b_2 - a_2)} \\ x > a_2 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Gaussian üyelik fonksiyonu: Gaussian üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır [17].

$$\mu(x; m, s) = \exp\left\{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}\right\} \quad (2.4)$$

Bulanık kümelerde işlemler

Klasik kümeler için geçerli olan De Morgan kuralları bulanık kümeler için de geçerlidir. Bulanık kümelerde sık kullanılan temel üç işlem sırasıyla birleşim işlemi, kesişim işlemi ve tümlleme işlemidir.

Birleşim İşlemi: İki bulanık alt kümenin birleşim işleminde her kümeye ait öğenin, bulundukları kümelerdeki üyelik derecelerinin en büyüğü alınır.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.5)$$

Kesişim İşlemi: İki bulanık alt kümenin kesişim işleminde her kümeye ait öğenin bulundukları kümelerdeki üyelik derecelerinin en küçüğü alınır.

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.6)$$

Tümlleme İşlemi: Tümlleme işleminde küme öğelerinin üyelik dereceleri 1'den çıkarılır.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.7)$$

Kural tabanı

Bulanık kural tabanı, bulanık ‘eğer veri böyleyse... o halde sonuç ... olmalıdır’ kurallarını içerir. Kural tabanı, karar verme sürecinde sistemin giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır.

Bulanık çıkarım

Bulanık çıkarım, sözel değişkenlerden gelen bulanık değerlerin, bulanık kümelerdeki üyelik derecelerine göre, kural tabanında bulunan kuralları uygulayarak bulanık sonuçlar

çıkarmaktır [18]. İlk kural tabanlı çıkarım modeli Mamdani modelidir. Sonrasında 1985 yılında T.Takagi ve Prof. M.Sugeno tarafından TSK çıkarım modeli oluşturulmuştur. En sık kullanılan bulanık çıkarım modellerinden biri min-max modelidir. Bu modelde kural çıkışıdaki bulanık kümenin üyelik derecesinin üzeri kesilir. Çıkış sayısal değeri ağırlık ortalaması yöntemiyle belirlenmektedir. Bu çalışmada Mamdani min-max çıkarım modeli kullanılmıştır.

Durulaştırma

Durulaştırma bulanık mantıkta ölçülebilir bir sonuç üretme işlemidir. Durulaştırma, bulanık kümelerdeki üyelik derecelerini belirli bir eyleme veya gerçek değere çevirir. Durulaştırma için birçok yöntem bulunmaktadır, yaygın durulaştırma tekniklerinden biri centroid durulaştırma tekniğidir. Centroid (Ağırlık Merkezi Yönetimi) yönteminde hedef bulanık bölgenin merkez noktasını bulanık çıktı bölgenin hesaplanmış ağırlıklı ortalaması ile bulur.

2.5. Hava Kalitesi ve Bulanık Mantık Kullanılan Çalışmalar

Dursun, Kunt ve Taylan (2015) çalışmasında, bazı çevresel koşulların hava kalitesi ve SO₂ kirlilik seviyesine etkisini göstermek için yapay sinir ağı ve bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Hava kalitesinin tahmini için Konya şehrinden seçilen 15 noktadan SO₂ konsantrasyonları ve meteorolojik veriler toplanmıştır. Bulanık çıkarım sistemi modelinin sonuçları bulanık kalite çizelgeleri ile değerlendirilmiş ve Türkiye Çevre Koruma Derneği hava kalitesi standartlarından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, bulanık kural tabanlı çıkarım sistemi modeli, hava kalitesinin değerlendirilmesi açısından doğru sonuçlar verme eğilimindedir [4].

Kunt (2014) çalışmasında, Konya bölgesine ait SO₂ verileri ile meteorolojik verileri kullanarak hem istatistiksel hem de bulanık mantık yaklaşımıyla hava kirliliği modellemesi yapmıştır [5].

Santos ve diğerleri (2014) çalışmasında São Paulo kentine ait 2007'den 2011'e kadar SO₂, NO₂, O₃, CO ve PM₁₀'un maksimum ortalama konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu çalışma, sağlık riski değerlendirmesi için bulanık mantık metodolojisi ile coğrafi bilgi sistemlerinin birlikte kullanıldığında yararlı olabileceğini göstermiştir [6].

Assimakopoulos, Dounis, Spanou ve Santamouris (2013), Atina Metrosu içinde metronun en çok kullanıldığı saatlerde ölçülen CO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ değerleri ve yolcu sayısının bulanık mantık yaklaşımı ile kapalı yerlerde hava kirliliğini değerlendirmek üzere çalışma yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bulanık mantık değerlendirme sistemin uygulanabilirliği kanıtlanmıştır [7].

Mandal, Gorai ve Pathak (2012) çalışmasında Kolkata şehrinde hava kalitesini değerlendirmek için bulanık mantığa dayanan bir metot önermektedir. Bu makale bulanık mantık tekniği ve geleneksel bir yöntem olan analitik hiyerarşi prosesinin kullanıldığı hava kalitesinin durumunu değerlendirmek için karşılaştırmalı bir çalışma sunmaktadır. Bulgular açıkça, bulanık mantığın karmaşık koşulları yorumlayabileceğini göstermektedir [8].

Sowlat, Gharibi, Yunesian, Mahmoudi ve Lotfi (2011) çalışmasında bulanık tabanlı bir hava kalitesi indeksi geliştirmeyi amaçlanmıştır. Çalışmada Ocak 2008'den Aralık 2009'a kadar Tahran'da beş farklı izleme istasyonundan hava kalitesi verileri kullanılmıştır. Mevcut çalışmayla geliştirilen indeks, bulanık mantığa dayanmaktadır. HKİ'yi belirleyen (CO, SO₂, PM₁₀, O₃, NO₂) kriterlere ek olarak, insan sağlığına olumsuz etkileri bilinen benzen, toluen, etil benzen, ksilen ve 1,3-butadien de dikkate alınmıştır. Her bir kirleticiye öncelik derecesine göre farklı ağırlıklandırma faktörleri verilmiştir. Sınıflamalar için trapez üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, bulanık tabanlı hava kalitesi indeksi, hava kalitesinin sınıflandırılması için kapsamlı bir araçtır ve doğru sonuçlar verme eğilimindedir [9].

Bıyık (2010) yılında yaptığı çalışmada, İstanbul iline ait SO₂, PM₁₀ ve CO kirletici parametrelerini kullanarak bulanık mantık yaklaşımıyla kirletici konsantrasyonlarının hava kirliliği üzerindeki etkisini incelemiştir [10].

Pokrovsky, Kwok ve Ng (2002) rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, güneş ışınımı, hava sıcaklığı gibi başlıca meteorolojik değişkenleri ve O₃, NO₂, NO, NO_y gibi hava kirletici parametreleri bulanık kümeler ve yapay sinir ağı yaklaşımlarını kullanarak kentsel hava kirliliğinin tanımını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu parametrelerin mekânsal modelleri de incelenmiştir [11].

2.6. Hava Kalitesi ve İlgili Diğer Veri Madenciliği Çalışmaları

Dogruparmak, Keskin, Yaman ve Alkan (2014) çalışmasında temel bileşen analizi (PCA) ve fuzzy c-means (FCM) yöntemlerini kullanarak benzer hava kirliliği özelliklerini gösteren istasyonları bulmayı amaçlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma emisyon kaynaklarının belirlenmesine, PCA ve FCM yöntemlerinin performanslarının değerlendirilmesine ve bölgenin kirlilik açısından incelemesine olanak tanımıştır. Benzer izleme istasyonlarının sınıflandırılmasında hem analiz yöntemine hem de kirleticilerin türüne bağlı olarak farklı gruplar oluşturulmuştur. PCA ve FCM yöntemlerinin uygulanması sırasında sırasıyla SO_2 ve PM_{10} için 5 ve 3 sınıf belirlenmiştir. İki yöntem karşılaştırıldığında, FCM'nin PCA'dan daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [19].

Iizuka, Shirato, Mizukoshi, Noguchi, Yamasaki ve Y. Yanagisawa (2014) bu çalışmada, Kanto bölgesindeki NO_2 , O_3 ve PM_{10} kirleticisi değerlerini kullanarak çevredeki atmosferik kirlilik hakkında bilgi sahibi olmayı amaçlamıştır. Kümeleme analizi kullanılarak, Kanto bölgesindeki ortam izleme istasyonlarının topolojik olarak NO_2 , O_3 ve PM_{10} için sekiz grup halinde kümelenebileceği tespit edilmiştir. Bu analizin sonuçlarına göre, kirleticisi davranışları arasındaki benzerlikleri saptamak mümkündür [20].

Zhao ve Hasan (2013), çalışmasında Hong Kong'da $PM_{2.5}$ konsantrasyon seviyesini tahmin etmek için Yapay Sinir Ağı (ANN) ve Destek Vektör Makinesi (SVM) gibi çeşitli sınıflandırma algoritmalarını kullanmışlardır. Veri setinde, 2008-2011 dönemi meteorolojik verileri ve $PM_{2.5}$ verileri yer almaktadır. $PM_{2.5}$ konsantrasyonu, düşük ve yüksek olmak üzere 2 seviyeye bölünmüştür. Sonuçlara SVM, yapay sinir ağı algoritması sonucuna göre daha başarılı sonuçlar vermiştir [21].

Saithan ve Mekparyup (2012) çalışmasında hava kalitesi değişkenleri ve meteorolojik değişkenleri gruplamak için kümeleme algoritması kullanılmıştır. Chonburi ve Rayong eyaletleri Tayland Körfezi'nin doğu kıyısında kurulmuştur ve bölgede birçok fabrika bulunmaktadır. Bu nedenle ozon sorunu da dahil olmak üzere hava kirliliği olaylarında sanayileşmenin önemli bir etkisi bulunmaktadır. Sonuç olarak, 1. kümede: hava kalitesi değişkenleri, 2. kümede: basınç, 3. kümede: sıcaklık ve rüzgâr hızı ve 4. kümede: yağış, bağıl nem ve rüzgârın bulunduğu görülmüştür. Benzer fiziksel karaktere sahip yüksek O_3 konsantrasyonuna sahip günler gruplanırken, günün saati ile ilgili üç ayrı kümenin

bulunduğunu ortaya çıkmıştır: 1. kümede: gün batımı saatlerindeki günler, 2. kümede: öğleden sonraki saatleri bulunduran günler ve 3. kümede: akşam aralığındaki günlerin bulunduğu görülmüştür [22].

Lu, He ve Dong (2011) bu çalışmada, Hong Kong hava kalitesi izleme ağının yönetimi ve ilişkili giderlerin azaltılması için iki temel istatistik yöntem olan temel bileşen analizi ve küme analizi performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın hedefleri arasında benzer hava kirliliği davranışlarına sahip şehir alanları tespit etmek bulunmaktadır. İstatistiksel yöntemler Ocak 2001'den Aralık 2007'ye kadar Hong Kong'un izleme ağında toplanan SO₂, solunabilir asılı parçacıklar ve NO₂ konsantrasyonlarına uygulanmıştır. Sonuç olarak, her kirletici için izleme istasyonlarının hava kirliliği davranışlarının farklı sınıflara ayrıldığı görülmüştür. Yakın bölgede bulunan izleme istasyonları, aynı hava kirliliği özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, izleme ağında farklı hava kirliliği davranışlarının varlığı, bölge çapında rüzgâr yönlerinin değişkenliği ile açıklanmaktadır [23].

Lau, Hung ve Cheung (2009) bu çalışmada, bölgedeki hava kalitesini göstermek amacıyla yapılan hava izleme istasyonlarının yerinin uygunluğunu araştırmaktadır. Hong Kong'da 14 izleme istasyonunda NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarında günlük değişiklikler incelenmiştir. Ocak 2001 ile Aralık 2005 arasında NO₂ ve PM₁₀ ölçümlerini analiz etmek için ana bileşen analizi (PCA) ve küme analizi (CA) uygulanmıştır. Sonuçlar, kentsel alanlardaki istasyonlarındaki NO₂ konsantrasyonlarının araç emisyonlarından oldukça etkilendiğini göstermektedir [24].

Ignaccolo, Ghigo ve Giovenali (2008) çalışmasında Kuzey İtalya Piemonte bölgesinde hava kalitesi izleme ağını, PAM fonksiyonel küme analizi kullanarak sınıflandırmıştır. Hava kalitesi izleme ağları, hava kalitesinin yönetilmesinde ve değerlendirilmesinde önemli araçlardır. İzleme istasyonlarını homojen kümeler ile sınıflandırmak, kirliliğin, temsili alanlarını ve mekânsal benzerliklerinin tanımlanmasına izin vermektedir. Çalışmada kirletici parametreleri olarak NO₂, PM₁₀ ve O₃ değerleri kullanılmıştır [25].

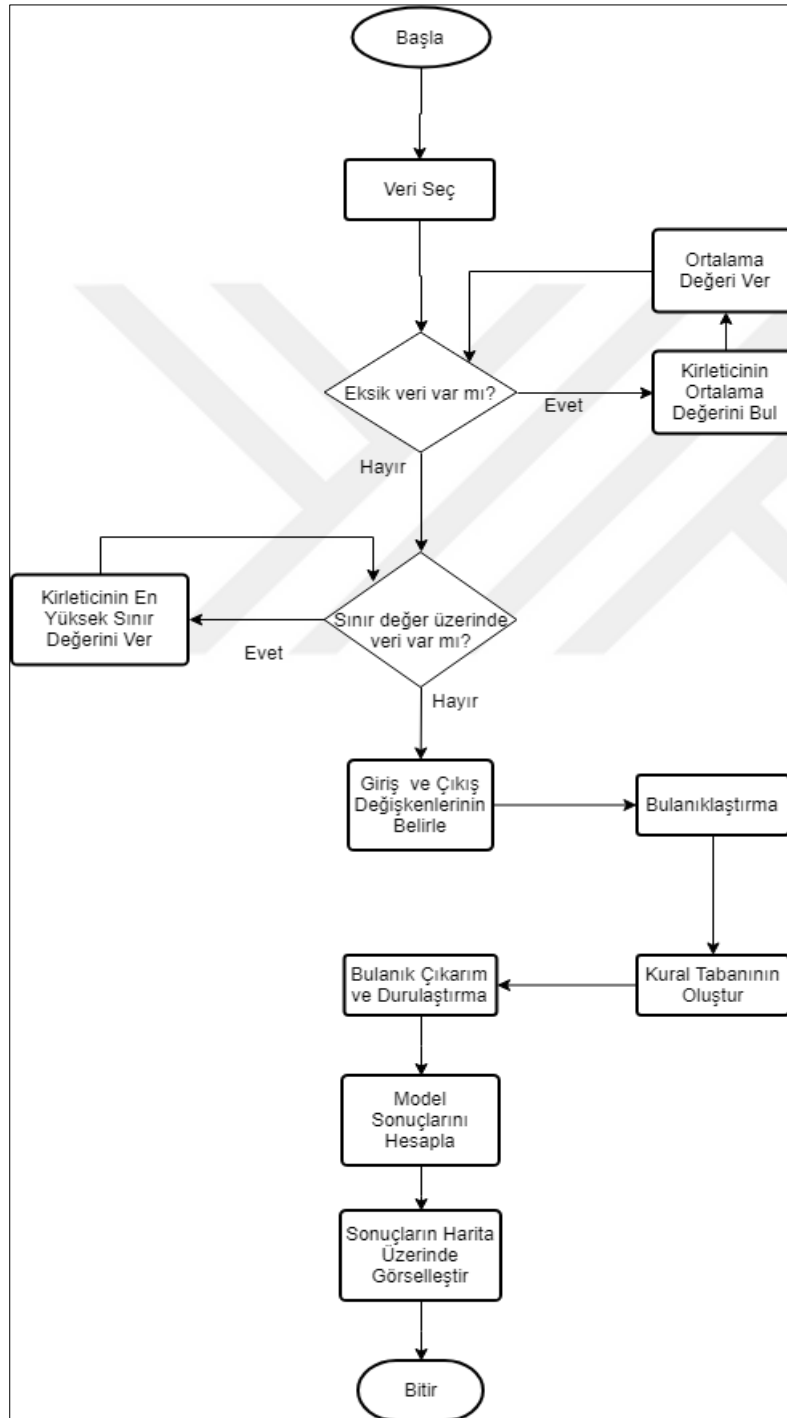
Pires, Sousa, Pereira, Alvim-Ferraz ve Martins (2008), bu çalışmasını Oporto Metropolitan Area (Oporto-MA) hava kalitesi izleme ağını oluşturan bölgelerde benzer hava kirliliği davranışlarına sahip şehir alanlarını belirlemek ve emisyon kaynaklarının

konumlandırılması için yapmıştır. Oporto'nun hava kalitesi izleme ağını oluşturan bölgelerde Ocak 2003'ten Aralık 2005'e kadar toplanan SO₂ ve aerodinamik çapı 10 mm'den küçük PM₁₀ madde konsantrasyonlarına iki ana istatistik tekniği, temel bileşen analizi (PCA) ve kümeleme algoritması uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan teknikler benzer hava kirliliği davranışlarına sahip şehir alanlarını bulmak için başarılı olmuştur [26]. Gramsh, Cereceda-Balic, Oyola ve Von Baer (2006), bu çalışmada, kirleticilerin mevsimsel eğilimlerini ve mekânsal dağılımlarını bir yıl boyunca belirlemek amacıyla PM₁₀ ve O₃ verilerini incelemiştir. Santiago de Chile her yıl kışın yaşadığı yüksek kirlilik seviyeleri nedeniyle PM₁₀, CO, SO₂, O₃ ve meteorolojik parametreleri ölçen 8 hava kalitesi izleme istasyonu kurmuştur. Çalışmada 2000 yılında bu ağ tarafından üretilen PM₁₀ ve O₃ verilerini incelenmiştir. Sonuçlar konsantrasyon düzeylerinin mevsime göre değişmekte olduğunu ve PM₁₀'un kışın, yaz aylarında ise O₃ daha yüksek olduğunu göstermektedir. PM₁₀ ve O₃ verilerine kümeleme analizi uygulanmış ve sonuçlar kentin benzer kirlilik davranışına sahip dört büyük bölgesi olduğunu göstermiştir [27].

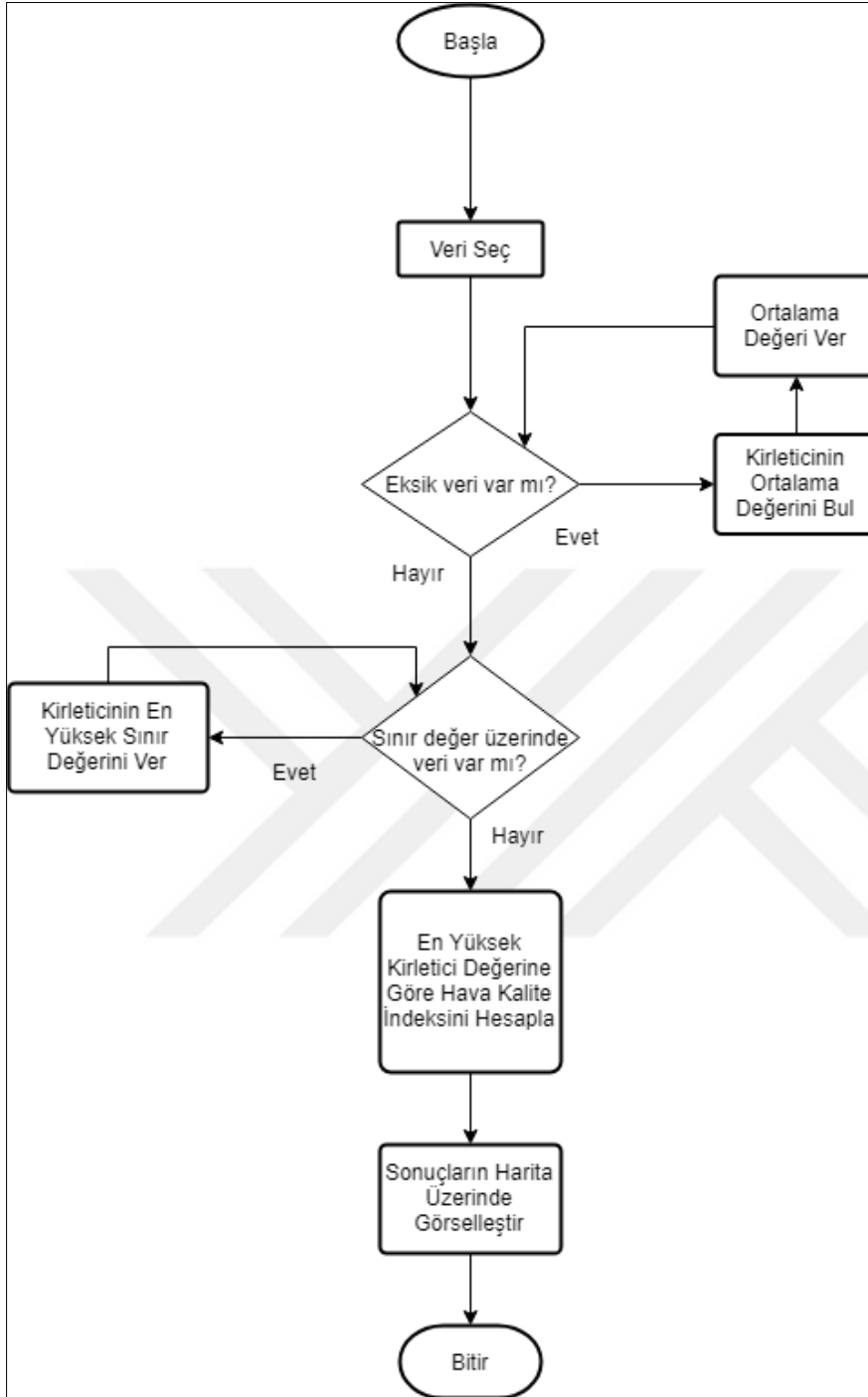


3. HAVA KALİTE İNDEKSİNİN BULANIK MANTIK İLE MODELLENMESİ

Bu bölümde veri madenciliği aşamaları ve bulanık mantık yaklaşımının adımları açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Veri madenciliği için uygulanan yöntemin akış şeması



Şekil 3.2. Mevcut sistem için uygulanan yöntemin akış şeması

Şekil 3.1’de gösterilen akış şemasında, bulanık mantık yaklaşımıyla oluşturulan sistemin adımları ve Şekil 3.2’de ÇŞB’nin mevcut kullandığı, en yüksek kirlotici aralığına giren kirlotici değerine göre HKİ’nin belirlenmesinin adımları gösterilmiştir. Veri madenciliği süreçleri ÇŞB’nin web sitesinden Ankara istasyon verilerini alarak başlamıştır. Bulanık mantık sistemi ve mevcut kullanılan yaklaşım karşılaştırılırken gürültülü veriler

temizlenmiştir. Oluşturulan modelin sonuçları ve kullanılan mevcut sistemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Modelin en son aşamasında istasyon verileri mevcut sistem ve bulanık mantık yaklaşımıyla oluşturulan sonuçlar yıl bazlı olarak harita üzerinde gösterilmiştir.

3.1. Veri Önileme

Bu bölümde uygulanan veri önileme aşamaları olan verilerin seçilmesi ve verilerin temizlenmesi süreçleri anlatılmıştır.

3.1.1. Verilerin seçilmesi

HKİ'nin bulanık mantık yöntemiyle modellenmesi, ÇŞB web sitesinde yayınlanan Ankara'da bulunan istasyon verileri üzerinden yapılmıştır [3]. Web sitesinden günlük, haftalık, aylık ve belirli zaman dilimlerinde istasyon bazlı veri alınabilmektedir. 2010 yılı öncesindeki verilerde büyük ölçüde eksiklikler bulunduğu için Ankara iline ait istasyon verileri 2010 yılı itibarıyla kullanılmıştır. Veriler istasyon bazlı olarak Excel formatında indirilmiştir. Veri setleri 2010-2016 yıllarına ait Ocak-Aralık ayları saatlik istasyon izleme verilerinden elde edilmiştir. Bahçelievler, Cebeci, Demetevler, Dikmen, Kayaş, Keçiören, Sıhhiye ve Sincan olmak üzere 8 veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 3.3. Saatlik HKİ değerlerinin Türkiye haritası üzerinde gösterimi [3]

Şekil 3.3’de ÇŞB sitesinde saatlik olarak güncellenen Türkiye geneli istasyonların görüntüsü verilmiştir. Bahçelievler bölgesi hava kirleticileri ÇŞB’nin sitesinde PM₁₀, SO₂, NO₂, CO olarak verilmiştir. Bulanık mantık ile hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde dört hava kirleticisi dikkate alınmıştır.

Cebeci bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂, CO, O₃ ve PM₁₀ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde beş hava kirleticisi dikkate alınmıştır.

Demetevler bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂ ve PM₁₀ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde üç hava kirleticisi kullanılmıştır.

Dikmen bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂ ve PM₁₀ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde üç hava kirleticisi kullanılmıştır.

Kayaş bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂ ve PM₁₀ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde üç hava kirleticisi kullanılmıştır.

Keçiören bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂, PM₁₀ ve O₃ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde dört hava kirleticisi kullanılmıştır.

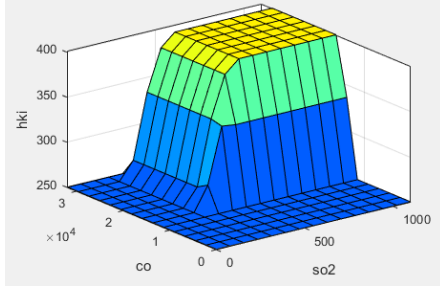
Sıhhiye bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂, PM₁₀ ve CO içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde dört hava kirleticisi dikkate alınmıştır.

Sincan bölgesi hava kirleticileri SO₂, NO₂, PM₁₀ ve O₃ içermektedir. Hava kalitesinin belirlenmesinde oluşturulacak modelde dört hava kirleticisi dikkate alınmıştır. Çizelge 3.1’de Ankara’da bulunan 8 istasyonda ölçülen kirleticiler gösterilmiştir.

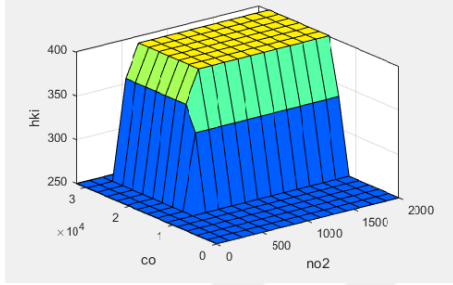
Çizelge 3.1. İstasyonlarda ölçülen hava kirleticileri

	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃	PM ₁₀
Cebeci	x	x	x	x	x
Demetevler	x	x			x
Dikmen	x	x			x
Kayaş	x	x			x
Bahçelievler	x	x	x		x
Sıhhiye	x	x	x		x
Keçiören	x	x		x	x
Sincan	x	x		x	x

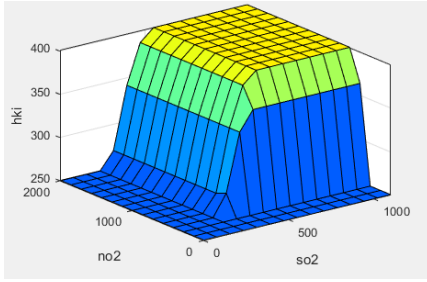
Aşağıdaki şekillerde HKİ belirlenmesinde giriş değişkeni olarak kullanılan kirleticilerin yüzey grafikleri gösterilmiştir.



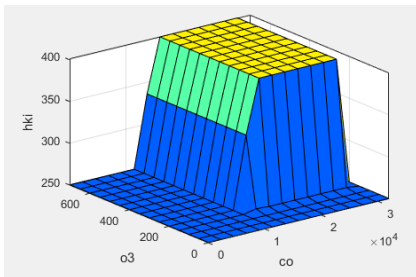
Şekil 3.4. CO-SO₂ ye göre HKİ değişimi



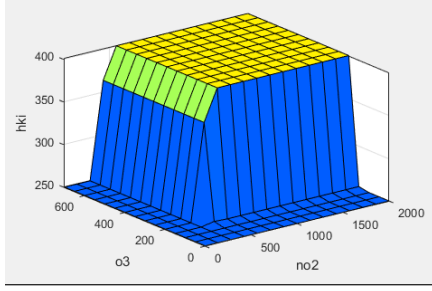
Şekil 3.5. CO-NO₂ ye göre HKİ değişimi



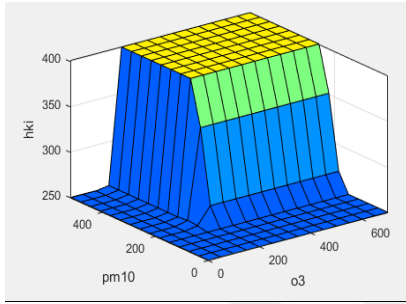
Şekil 3.6. NO₂-SO₂ ye göre HKİ değişimi



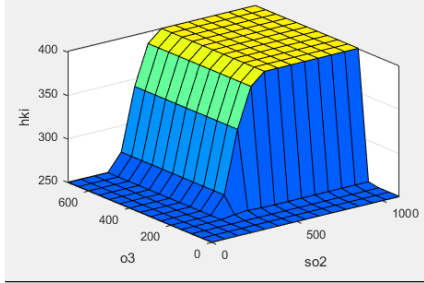
Şekil 3.7. O₃-CO ya göre HKİ değişimi



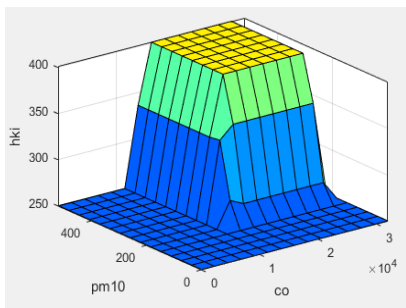
Şekil 3.8. O_3 - NO_2 ye göre HKİ değişimi



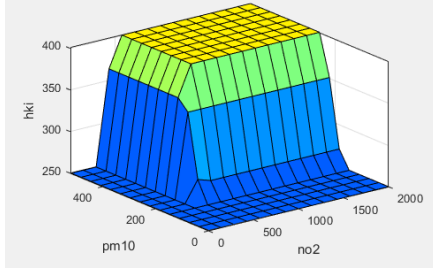
Şekil 3.9. PM_{10} - O_3 e göre HKİ değişimi



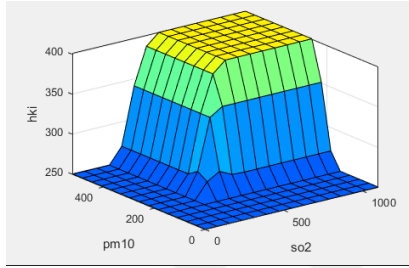
Şekil 3.10. O_3 - SO_2 ye göre HKİ değişimi



Şekil 3.11. PM_{10} - CO ya göre HKİ değişimi



Şekil 3.12. PM₁₀-NO₂ ye göre HKİ değişimi



Şekil 3.13. PM₁₀-SO₂ ye göre HKİ değişimi

3.1.2. Verilerin temizlenmesi

Excel formatında indirilen istasyon verileri CSV formatına çevrilmiştir. Veri setleri incelendiğinde bazı tarih aralıklarında hiç veri bulunmayan satırların olduğu görülmüştür. Boş satırların veri madenciliği aşamasında yanlış sonuçlar çıkarmasını engellemek için tüm alanları boş olan satırlar veri setlerinden silinmiştir.

Modelin sağlıklı sonuçlar üretebilmesini sağlamak için, veri setinde Çizelge 2.1’de gösterilen sınır değerlerin üzerinde bulunan hava kirletici izleme verileri için ÇŞB’nin belirlediği maksimum sınır değerleri kullanılmıştır. Aynı zamanda eksik olan verilerin yerine hava kirleticilerinin ortalama değerleri kullanılmıştır Java ile kodlanan bir metotla veri setlerinde sınır değerleri aşan değerler maksimum sınır değerleri ile değiştirilmiş ve eksik olan veriler ortalama değerler ile değiştirilmiştir.

Sınır değerleri aşan değerler için kullanılan sözde kod;

1. Eğer kirletici değeri sınır değerin üzerinde ise
2. Kirletici değeri = kirleticinin sınır değeri

Eksik veriler için kullanılan sözde kod;

1. Eğer veri boş ise ortalama değeri ver
2. Ortalama değer = Kirletici değer toplamı / Boş olmayan kirletici sayısı

3.1.3. Verilerin dönüştürülmesi

Veriler üzerinde herhangi bir dönüştürme işlemine ihtiyaç duyulmamıştır.

3.2. Bulanık Mantık Yöntemi ile Veri Madenciliği

Bu bölümde bulanık mantık yöntemi kullanılarak veri madenciliği süreç aşamaları uygulanmıştır.

3.2.1. Giriş ve çıkış değişkenlerinin belirlenmesi

Bulanık mantık modelinin oluşturulmasında ilk adım olarak giriş ve çıkış değişkenleri belirlenmiştir. Cebeci, Demetevler, Bahçelievler, Sıhhiye, Keçiören ve Sincan istasyon verileri aynı hava kirleticilerini içermediği için ayrı bulanık mantık modelleri oluşturulmuştur. Bulanık mantık modelleri MATLAB Fuzzy Logic Toolbox kullanılarak modellenmiştir [28].

Bahçelievler ve Sıhhiye bölgesinde SO_2 , NO_2 , CO ve PM_{10} giriş değişkenleri olarak “HKİ” ise çıkış değişkeni olarak seçilmiştir.

Cebeci bölgesinde SO_2 , NO_2 , CO , O_3 ve PM_{10} giriş değişkenleri olarak “Hava Kalitesi İndeksi-HKİ” ise çıkış değişkeni olarak seçilmiştir.

Demetevler, Dikmen ve Kayaş bölgesinde SO_2 , NO_2 ve PM_{10} giriş değişkenleri olarak “HKİ” ise çıkış değişkeni olarak seçilmiştir.

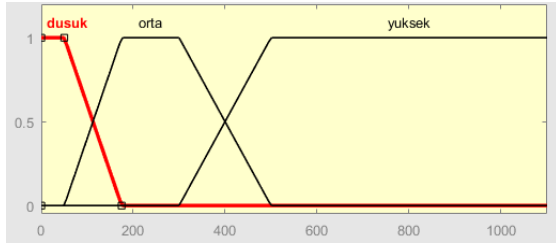
Keçiören ve Sincan bölgesinde SO_2 , NO_2 , PM_{10} ve O_3 giriş değişkenleri olarak “HKİ” ise çıkış değişkeni olarak seçilmiştir.

3.2.2. Bulanıklaştırma

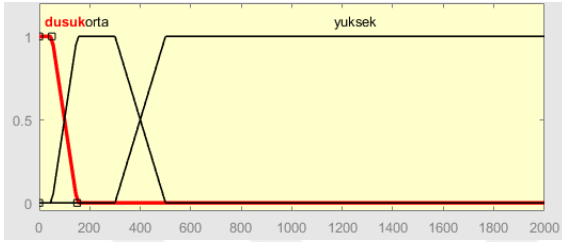
Bu aşamada giriş ve çıkış değişkenleri için evrensel kümelerin sınır değerleri belirlenerek, bulanıklaştırma süreci için bu evrenlerde tanımlanacak bulanık kümelere karar verilmiştir. Bulanık kümelerin sınır değerleri ÇŞB'nin ulusal hava kalitesi kirletici sınır değerlerine göre belirlenmiştir. Her bir değişken “düşük”, “orta”, “yüksek” olmak üzere üç bulanık alt küme ile temsil edilmektedir. Üyelik fonksiyonu olarak hem yamuk hem de üçgen tipi üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. ÇŞB'nin iyi kabul ettiği değer aralığı “düşük” bulanık kümesine, orta ve hassas kabul ettiği değer aralığı “orta” bulanık kümesine, sağlıklı, kötü ve tehlikeli kabul ettiği değer aralığı “yüksek” bulanık kümesine dahil olacak şekilde bulanık kümelerin sınır değerleri belirlenmiştir. Çıkış değişkeni olarak seçilen HKİ, “iyi”, “orta”, “hassas”, “sağlıksız”, “kötü” ve “tehlikeli” olmak üzere altı bulanık alt küme ile temsil edilmiştir.

Çizelge 3.2. Giriş ve çıkış değişkenleri

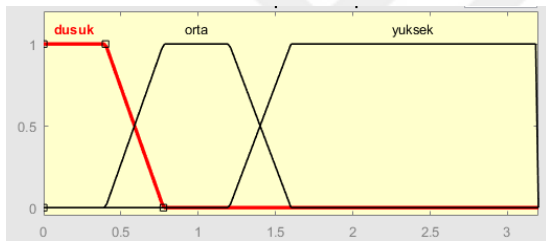
Değişkenler	Sözel Değişkenler	Bulanık Kümeler	Bulanık Küme Aralıkları
Giriş Değişkenleri	SO ₂ (µg/m ³)	düşük	0-200
		orta	50-500
		yüksek	300-1110
	NO ₂ (µg/m ³)	düşük	0-150
		orta	50-500
		yüksek	300-2010
	CO (µg/m ³)	düşük	0-7750
		orta	4000-16000
		yüksek	12000-32010
	O ₃ (µg/m ³)	düşük	0-140
		orta	80-180
		yüksek	150-710
	PM ₁₀ (µg/m ³)	düşük	0-75
		orta	40-260
		yüksek	180-530
Çıkış Değişkeni	HKİ	iyi	0-60
		orta	40-110
		hassas	90-170
		sağlıksız	130-220
		kötü	180-320
		tehlikeli	280-500



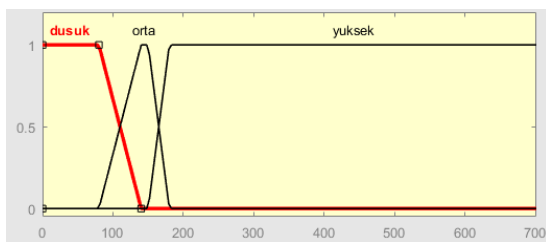
Şekil 3.14. SO₂ yamuk üyelik fonksiyonu



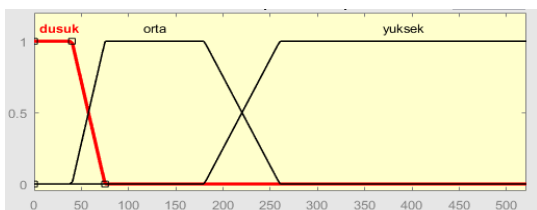
Şekil 3.15. NO₂ yamuk üyelik fonksiyonu



Şekil 3.16. CO yamuk üyelik fonksiyonu (x10000)



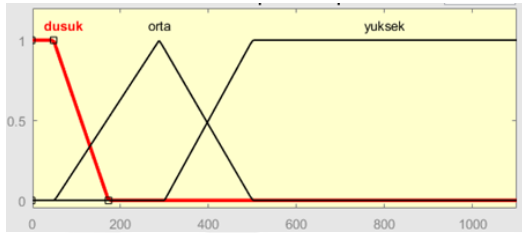
Şekil 3.17. O₃ yamuk üyelik fonksiyonu



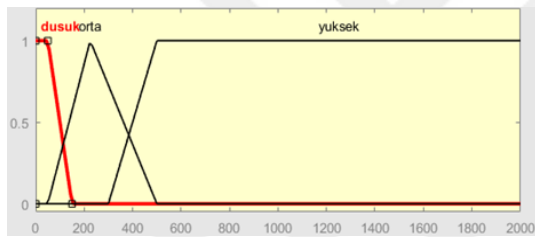
Şekil 3.18. PM₁₀ yamuk üyelik fonksiyonu



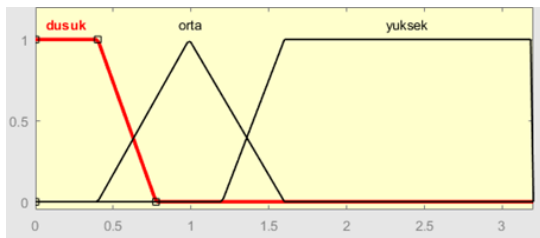
Şekil 3.19. HKİ yamuk üyelik fonksiyonu



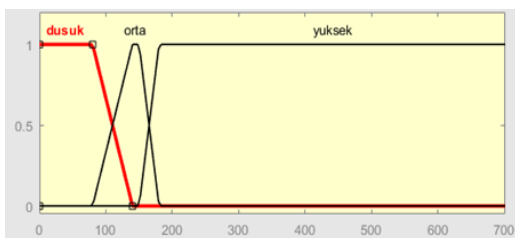
Şekil 3.20. SO₂ üçgen üyelik fonksiyonu



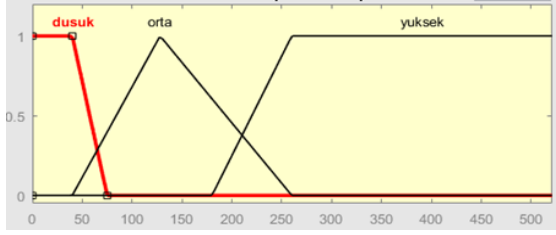
Şekil 3.21. NO₂ üçgen üyelik fonksiyonu



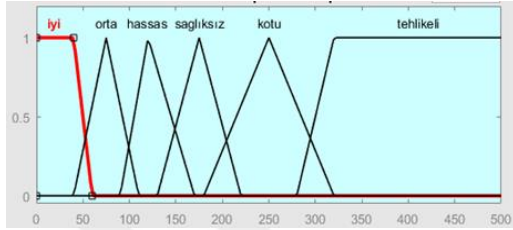
Şekil 3.22. CO üçgen üyelik fonksiyonu (x10000)



Şekil 3.23. O₃ üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 3.24. PM₁₀ üçgen üyelik fonksiyonu



Şekil 3.25. HKİ üçgen üyelik fonksiyonu

Şekil 3.14-Şekil 3.25 arasında giriş ve çıkış değişkenlerinin üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları gösterilmiştir.

3.2.3. Kural tabanı

Bu aşamada giriş değişkenleri ve çıkış değişkeni arasındaki ilişkiyi temsil eden kural tabanı oluşturulmuştur. Kural tabanı, MATLAB Fuzzy Logic Toolbox kullanılarak IF-THEN kuralları formunda ifade edilmiştir.

Demetevler, Dikmen ve Kayaş bölgesi için oluşturulan kural tabanında, sistemde üç giriş değişkeni olduğu için ve her bir giriş değişkeni 3 bulanık küme ile temsil edildiği için toplam 27 (3^3) kural oluşturulmuştur. Her bir kuralın oluşturulmasında yüksek değere sahip kirleticiler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 3.3. Demetevler, Dikmen, Kayaş kural tabanı

Kural	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	HKİ
1	düşük	düşük	düşük	iyi
2	düşük	düşük	orta	orta
3	düşük	düşük	yüksek	sağlıksız

Çizelge 3.3. (devam) Demetevler, Dikmen, Kayaş kural tabanı

4	düşük	orta	orta	hassas
..
..
26	yüksek	yüksek	orta	kötü
27	yüksek	yüksek	yüksek	tehlikeli

Cebeci bölgesi için oluşturulan kural tabanında, sistemde 5 giriş değişkeni olduğu için ve her bir giriş değişkeni 3 bulanık küme ile temsil edildiği için toplam 243 (3^5) kural kullanılmıştır. Her bir kuralın oluşturulmasında yüksek değere sahip kirleticiler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 3.4. Cebeci kural tabanı

Kural	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	HKİ
1	düşük	düşük	düşük	düşük	düşük	iyi
2	düşük	düşük	düşük	düşük	orta	orta
3	düşük	düşük	düşük	düşük	yüksek	sağlıksız
..
..
242	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek	orta	kötü
243	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek	tehlikeli

Bahçelievler, Sıhhiye, Keçiören ve Sincan bölgesi için oluşturulan kural tabanında, sistemde 4 giriş değişkeni olduğu için ve her bir giriş değişkeni 3 bulanık küme ile temsil edildiği için toplam 81 (3^4) kural oluşturulmuştur. Her bir kuralın oluşturulmasında yüksek değere sahip kirleticiler göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 3.5. Bahçelievler ve Sıhhiye kural tabanı

Kural	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	HKİ
1	düşük	düşük	düşük	düşük	iyi
2	düşük	düşük	düşük	orta	orta
3	düşük	düşük	düşük	yüksek	sağlıksız
4	düşük	düşük	orta	orta	hassas
..					
..					
80	yüksek	yüksek	yüksek	orta	kötü
81	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek	tehlikeli

Çizelge 3.6. Keçiören ve Sincan kural tabanı

Kural	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	HKİ
1	düşük	düşük	düşük	düşük	iyi
2	düşük	düşük	düşük	orta	orta
3	düşük	düşük	düşük	yüksek	sağlıksız
4	düşük	düşük	orta	orta	hassas
..					
..					
80	yüksek	yüksek	yüksek	orta	kötü
81	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek	tehlikeli

3.2.4. Bulanık çıkarım ve durulaştırma

Çıkarım metodu olarak min-max metodu kullanılırken, durulaştırma metodu olarak centroid metodu kullanılmıştır. Bulanık mantık tabanlı uygulamalarda, hesaplama basitliği ve verimliliği nedeniyle min-max metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Centroid metodu çıkarım sonucunda elde edilen şeklin ağırlık merkezine karşılık gelen değeri bulduğu için diğer durulaştırma metotlarından daha doğru bir sonuç ürettiği görülmüştür.

3.2.5. Modelin sonuçları

Çizelge 3.7-Çizelge 3.14’te, 2010-2016 yılları arasında Ankara’da bulunan izleme istasyonlarından saatlik olarak elde edilmiş ÇŞB’nin kullandığı mevcut yöntemin sonuçları, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ve bulanık mantık üçgen üyelik fonksiyonun sonuçları karşılaştırılmıştır.

Mevcut kullanılan sistemde HKİ her bir kirletici için ayrı ayrı hesaplanır ve hesaplanan en yüksek değer HKİ’yi belirlemektedir. Çalışmada mevcut sistemin sonuçlarına erişebilmek için Java ile geliştirilen bir program yazılmıştır. Veri setlerinde veri temizleme aşamasından sonra en yüksek kirletici değerine göre mevcut sistem HKİ belirlenmiştir.

Bulanık mantık sisteminin sonuçları genel olarak incelendiğinde yamuk üyelik fonksiyonunu kullanılan modelin ürettiği sonuçları, mevcut sisteme daha yakın sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. Cebeci, Dikmen ve Keçiören istasyonlarında yamuk üyelik fonksiyonlarının kullanıldığı modelde “iyi” aralığına giren yüzde değeri mevcut sistemle aynı yüzdesel oranı vermiştir “Orta” ve “hassas” değerlerindeki yüzdesel farklılık, mevcut sistemde “orta” ve “hassas” değerlerin üyelik fonksiyonunda “orta” olarak gösterilmesinden kaynaklanmıştır.

Aynı şekilde mevcut sistemde “sağlıksız”, “kötü” ve “tehlikeli” olarak nitelendirilen değerler bulanık mantık modelinde “yüksek” olarak belirlenmiştir. Bu nedenle mevcut sistemde bulunan sonuçlar ile küçük yüzdesel farklar görülmüştür.

Çizelge 3.7. Cebeci bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%42,46	%42,04	%48,40
Orta	%36,15	%44,91	%40,34
Hassas	%18,85	%9,70	%7,60
Sağlıksız	%2,08	%3,28	%3,60
Kötü	%0,31	%0,08	%0,08
Tehlikeli	%0,16	%0	%0

Çizelge 3.8. Demetevler bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%52,88	%54,48	%60,61
Orta	%29,27	%35,41	%30,57
Hassas	%15,59	%7,05	%5,46
Sağlıksız	%1,66	%3,02	%3,31
Kötü	%0,36	%0,05	%0,05
Tehlikeli	%0,22	%0	%0

Çizelge 3.9. Dikmen bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%49,38	%49,41	%57,44
Orta	%35,27	%39,98	%34,10
Hassas	%14,30	%9,22	%6,89
Sağlıksız	%0,82	%1,37	%1,54
Kötü	%0,15	%0,02	%0,02
Tehlikeli	%0,06	%0	%0

Çizelge 3.10. Kayaş bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%43,12	%45,60	%51,56
Orta	%33,98	%41,78	%37,10
Hassas	%21,05	%10,03	%8,41
Sağlıksız	%1,35	%2,55	%2,88
Kötü	%0,23	%0,03	%0,04
Tehlikeli	%0,25	%0	%0

Çizelge 3.11. Bahçelievler bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%55,66	%59,85	%66,50
Orta	%31,90	%31,68	%26,38
Hassas	%11,73	%7,42	%5,96
Sağlıksız	%0,64	%1,03	%1,15
Kötü	%0,03	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.12. Sıhhiye bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%31,83	%30,96	%38,64
Orta	%42,17	%51,39	%46,70
Hassas	%23,95	%14,99	%11,69
Sağlıksız	%1,70	%2,65	%2,95
Kötü	%0,23	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,10	%0	%0

Çizelge 3.13. Keçiören bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%49,97	%49,25	%58,92
Orta	%34,67	%41,80	%33,70
Hassas	%14,07	%7,23	%5,44
Sağlıksız	%1,05	%1,69	%1,91
Kötü	%0,15	%0,02	%0,02
Tehlikeli	%0,07	%0	%0

Çizelge 3.14. Sincan bölgesi sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%57,05	%60,24	%66,35
Orta	%29,15	%34,43	%28,84
Hassas	%12,46	%3,63	%2,93
Sağlıksız	%1,03	%1,67	%1,86
Kötü	%0,22	%0,03	%0,02
Tehlikeli	%0,07	%0	%0

Aşağıdaki çizelgelerde 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 ve 2016 yıllarında Ankara’da bulunan izleme istasyonlarından saatlik olarak elde edilmiş ÇŞB’nin kullandığı mevcut yöntemin sonuçları, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ve bulanık mantık üçgen üyelik fonksiyonun sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar yıl bazlı değerlendirilmiş olup tüm istasyonların yıllık sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Cebeci bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%45,19	%44,09	%51,15
Orta	%34,56	%47,78	%41,37
Hassas	%17,54	%4,86	%3,90
Sağlıksız	%2,13	%3,24	%3,55
Kötü	%0,43	%0,02	%0,02
Tehlikeli	%0,13	%0	%0

2010 yılı sonuçları incelendiğinde, Cebeci bölgesinde hava kalitesinin yüzdesel çoğunluğu iyi ve orta olduğu görülmüştür. Yamuk üyelik fonksiyonunun daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.16. Cebeci bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%43,19	%42,76	%49
Orta	%36,51	%43,34	%38,66
Hassas	%17,25	%9,25	%7,24
Sağlıksız	%2,65	%4,15	%4,59
Kötü	%0,35	%0,49	%0,49
Tehlikeli	%0,04	%0	%0

2011 yılı sonuçlarında, Cebeci bölgesinde yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelin orta ve hassas yüzde değerlerinin toplamının mevcut sisteme oldukça yakın olduğu görülmüştür. Orta ve hassas değerlerindeki farklılık, üyelik fonksiyonlarında orta ve hassas değerlerin “orta” üyelik fonksiyonuna dahil olacak şekilde gösterilmiş olmasıdır.

Çizelge 3.17. Cebeci bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%41,08	%41,69	%47,13
Orta	%30,65	%41,65	%37,68
Hassas	%23,39	%11	%9,10
Sağlıksız	%3,32	%5,63	%6,07
Kötü	%0,74	%0,03	%0,03
Tehlikeli	%0,80	%0	%0

Çizelge 3.17 sonuçları incelendiğinde mevcut sistem ve yamuk üyelik fonksiyonu kullanılan sistemin sonuçlarında iyi aralığa giren yüzdelik dilimin aynı olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.18. Cebeci bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%37,95	%37,60	%43,93
Orta	%35,57	%47,68	%43,12
Hassas	%23,79	%11,08	%9,85
Sağlıksız	%2,42	%3,59	%3,05
Kötü	%0,21	%0,04	%0,03
Tehlikeli	%0,05	%0	%0

2013 yılı incelediğinde yamuk üyelik fonksiyonun oluşturduğu iyi yüzdelik değer mevcut sistemdeki iyi yüzdelik değerle çok yakın sonuç çıkarmıştır.

Çizelge 3.19. Cebeci bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%40,07	%39,68	%46,46
Orta	%36,94	%47,60	%43,24
Hassas	%21,09	%10,05	%7,34
Sağlıksız	%1,75	%2,55	%2,85
Kötü	%0,1	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,02	%0	%0

Çizelge 3.19 incelendiğinde yamuk üyelik fonksiyonu iyi yüzdeye ait sonucun mevcut sisteme oldukça yakın sonuç çıkardığı görülmüştür. Orta ve hassas yüzdeye ait yüzdelik sonuçların toplamı mevcut sistemle yakın sonuç çıkardığı görülmüştür.

Çizelge 3.20. Cebeci bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%45,30	%44,09	%50,41
Orta	%38,12	%40,83	%37,44
Hassas	%14,92	%12,84	%9,78
Sağlıksız	%1,48	%2,12	%2,36
Kötü	%0,15	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.20 2015 yılı Cebeci istasyonuna ait çizelgede, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelin mevcut sistemle oldukça yakın sonuçlar çıkarmış olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.21. Cebeci bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%44,79	%44,78	%51,05
Orta	%41,52	%45,57	%40,96
Hassas	%13,02	%8,61	%6,78
Sağlıksız	%0,55	%1,01	%1,18
Kötü	%0,1	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.15-Çizelge 3.21 arasında Cebeci istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu iyi aralığına giren yüzdelik değerlerin mevcut sisteme oldukça yakın olduğu görülmüştür. Mevcut sistemin orta ve hassas kabul ettiği değerlerin, üyelik fonksiyonlarında “orta” değer aralığına girmesi nedeniyle yamuk üyelik fonksiyonu hassas değerlerinde mevcut sisteme kıyasla daha düşük yüzdelik değerler çıkarmıştır.

Çizelge 3.22. Demetevler bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%53,22	%55,22	%61,73
Orta	%31,81	%37,85	%32,28
Hassas	%12,64	%4,08	%2,91
Sağlıksız	%1,77	%2,73	%3,35
Kötü	%0,46	%0,1	%0,15
Tehlikeli	%0,07	%0	%0

Çizelge 3.22’de 2010 yılı Demetevler istasyonunda bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonun oluşturduğu iyi ve orta değerlerin mevcut sistemle oldukça yakın sonuçlar çıkardığı görülmüştür.

Çizelge 3.23. Demetevler bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%47,04	%47,80	%54,12
Orta	%31,55	%36,14	%31,65
Hassas	%19,21	%11,83	%9,49
Sağlıksız	%1,85	%3,93	%4,42
Kötü	%0,25	%0,28	%0,29
Tehlikeli	%0,07	%0	%0

2011 yılı Demetevler bölgesi sonuçları, yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan sistemin mevcut sisteme yüzdesel olarak daha yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çizelge 3.24. Demetevler bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%60,02	%60,26	%64,75
Orta	%19,61	%28,27	%24,78
Hassas	%5,51	%5,80	%4,32
Sağlıksız	%2,89	%4,65	%5,12
Kötü	%0,95	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,99	%0	%0

2012 yılında Demetevler bölgesinde %60 oranında hava kalitesinin iyi olduğu görülmüştür. Yamuk üyelik fonksiyonu kullanılan sistemin, mevcut sistemin sonuçlarına oldukça yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.25. Demetevler bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%37,41	%39,26	%46,20
Orta	%37,10	%45,60	%40,18
Hassas	%22,11	%10,76	%8,86
Sağlıksız	%2,60	%3,36	%3,75
Kötü	%0,51	%1	%1
Tehlikeli	%0,22	%0	%0

Çizelge 3.25'te bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonun oluşturduğu sonuçlarda, iyi ve sağlıksız yüzde değerleri ile mevcut sistemin yakın sonuçlar çıkardığı görülmüştür.

Çizelge 3.26. Demetevler bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%57,86	%60,18	%66,93

Çizelge 3.26. (devam) Demetevler bölgesi 2014 yılı sonuçları

Orta	%28,42	%33,61	%28,18
Hassas	%12,32	%4,43	%4
Sağlıksız	%1,10	%1,66	%1,78
Kötü	%0,15	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,12	%0	%0

Çizelge 3.26 incelendiğinde mevcut kullanılan sistemin sonuçlarının, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi, orta ve sağlıksız yüzde değerlerinde yakın sonuçlar çıkardığı görülmüştür.

Çizelge 3.27. Demetevler bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%60,21	%61,98	%67,91
Orta	%26,72	%30,09	%25,52
Hassas	%12,50	%6,80	%5,23
Sağlıksız	%0,52	%1,10	%1,31
Kötü	%0,01	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.27 incelendiğinde mevcut sistem iyi ve orta yüzdelik dilimdeki değerlerin bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.28. Demetevler bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%54,16	%56,38	%62,35
Orta	%29,89	%36,41	%31,50
Hassas	%14,84	%5,69	%4,46

Çizelge 3.28. (devam) Demetevler bölgesi 2016 yılı sonuçları

Sağlıksız	%0,86	%1,45	%1,63
Kötü	%0,19	%0,04	%0,04
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.22-Çizelge 3.28 arasında Demetevler istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu iyi, sağlıksız ve kötü aralığına giren yüzdelik değerlerin mevcut sisteme oldukça yakın olduğu görülmüştür. Üçgen üyelik fonksiyonu kullanılan sistemde orta değer aralığına giren yüzde oranlarının mevcut sisteme yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. 2014, 2015, 2016 yıllarının sonuçları incelendiğinde, Demetevler bölgesi hava kalitesi yüzde oranlarında yakın değerler gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.29. Dikmen bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%52,81	%52,99	%64,45
Orta	%39,14	%42,73	%32,14
Hassas	%7,39	%3,42	%2,44
Sağlıksız	%0,55	%0,78	%0,88
Kötü	%0,05	%0,05	%0,07
Tehlikeli	%0,02	%0	%0

Çizelge 3.29 incelendiğinde mevcut sistemin oluşturduğu sonuçların bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.30. Dikmen bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%53,94	%54,35	%61,51

Çizelge 3.30. (devam) Dikmen bölgesi 2011 yılı sonuçları

Orta	%32,99	%36,26	%30,70
Hassas	%12,72	%8,74	%7,01
Sağlıksız	%0,31	%0,58	%0,72
Kötü	%0,01	%0,04	%0,04
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

2011 yılı Dikmen istasyonuna ait çizelgede, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelin mevcut sistemle oldukça yakın sonuçlar çıkarmış olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.31. Dikmen bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%39,91	%40,89	%46,80
Orta	%32,43	%50,44	%44,69
Hassas	%23,89	%5,17	%3,51
Sağlıksız	%2,77	%3,47	%3,98
Kötü	%0,67	%1	%1
Tehlikeli	%0,31	%0	%0

Çizelge 3.31 incelendiğinde mevcut sistemin oluşturduğu iyi, sağlıksız ve kötü yüzde değerlerinin bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.32. Dikmen bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%48,48	%47,12	%54,87
Orta	%36,97	%37,31	%33,08
Hassas	%14,02	%14,90	%11,30

Çizelge 3.32. (devam) Dikmen bölgesi 2013 yılı sonuçları

Sağlıksız	%0,49	%0,65	%0,73
Kötü	%0,01	%0	%0
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.32’de bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçların mevcut kullanılan sistemin sonuçlarına oldukça yakın yüzde değerleri verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.33. Dikmen bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%57,46	%56,52	%65,10
Orta	%33,89	%32,68	%27,11
Hassas	%8,07	%10,04	%6,96
Sağlıksız	%0,43	%0,64	%0,72
Kötü	%0,05	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,08	%0	%0

2014 yılı Dikmen istasyonuna ait sonuçlarda, hava kalitesinde yüzdesel çokluğun iyi ve orta değerlerde toplanmış olduğu görülmüştür. Yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.34. Dikmen bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%46,88	%46,89	%55,02
Orta	%35,77	%39,32	%34,30
Hassas	%16,16	%12,19	%8,98
Sağlıksız	%0,90	%1,48	%1,58
Kötü	%0,26	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.34 incelendiğinde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçların mevcut kullanılan sistemin sonuçlarına oldukça yakın yüzde değerleri verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.35. Dikmen bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%45,46	%46,42	%53,70
Orta	%35,74	%41,47	%37,05
Hassas	%18,35	%11,17	%8,13
Sağlıksız	%0,40	%0,92	%1,09
Kötü	%0,01	%0	%0
Tehlikeli	%0,02	%0	%0

Çizelge 3.29-Çizelge 3.35 arasında Dikmen istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu iyi ve sağlıksız değer aralığına giren yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.36. Kayaş bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%44,28	%46,69	%53
Orta	%33,99	%43,96	%38,11
Hassas	%18,98	%5,85	%4,99
Sağlıksız	%2,42	%3,29	%3,57
Kötü	%0,25	%0,2	%0,2
Tehlikeli	%0,04	%0	%0

Çizelge 3.36’da bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi yüzde değerinin mevcut kullanılan sistemin iyi yüzde değerine yakın değer verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.37. Kayaş bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%46,05	%49,47	%55,12
Orta	%33,76	%42,20	%37,10
Hassas	%18,26	%5,59	%4,70
Sağlıksız	%1,48	%2,70	%3,05
Kötü	%0,27	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,14	%0	%0

Çizelge 3.37 incelendiğinde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi yüzde değerinin mevcut kullanılan sistemin iyi yüzde değerine yakın değer verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.38. Kayaş bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%39,25	%40,71	%45,57
Orta	%34,30	%37,03	%34,34
Hassas	%22,73	%17,38	%14,89
Sağlıksız	%1,57	%4,75	%5,05
Kötü	%0,69	%0,11	%0,12
Tehlikeli	%1,43	%0	%0

Çizelge 3.38 incelendiğinde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçların mevcut kullanılan sistemin sonuçlarına oldukça yakın yüzde değerleri verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.39. Kayaş bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%41,12	%42,31	%48,05
Orta	%33,57	%36,22	%33,33
Hassas	%24,25	%19,33	%16,06
Sağlıksız	%0,87	%2,06	%2,44
Kötü	%0,11	%0,05	%0,1
Tehlikeli	%0,05	%0	%0

2013 yılı Kayaş istasyonu sonuçlarında, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile mevcut sistemin oldukça yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.40. Kayaş bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%44,49	%47,57	%54,61
Orta	%37,10	%40,60	%34,80
Hassas	%18,02	%11,07	%9,59
Sağlıksız	%0,32	%0,69	%0,93
Kötü	%0,03	%0,04	%0,05
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.40 incelendiğinde mevcut sistemin sonuçlarının yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara yakın yüzde değerlerinde sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.41. Kayaş bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%43,39	%46,39	%53,87
Orta	%37,28	%48,01	%41,65

Çizelge 3.41. (devam) Kayaş bölgesi 2015 yılı sonuçları

Hassas	%18,65	%4,58	%3,23
Sağlıksız	%0,63	%1	%1,23
Kötü	%0,01	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.41’de mevcut sistemin iyi ve sağlıksız sonuçlarının yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara yakın yüzde değerlerinde sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.42. Kayaş bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%43,50	%46,30	%51,01
Orta	%27,86	%44,76	%40,47
Hassas	%25,98	%5,61	%4,76
Sağlıksız	%2,34	%3,21	%3,64
Kötü	%0,26	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,04	%0	%0

Çizelge 3.36-Çizelge 3.42 arasında Kayaş istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu iyi değer aralığına giren yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.43. Bahçelievler bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%62,12	%66,03	%71,90
Orta	%28,51	%28,56	%23,50
Hassas	%8,83	%4,43	%3,54
Sağlıksız	%0,50	%0,95	%1,02
Kötü	%0,01	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.43 incelendiğinde 2010 yılında hem mevcut sistem hem de bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçta %60 üzerinde hava kalitesinin iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.44. Bahçelievler bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%62,42	%64,54	%71,53
Orta	%27,72	%30,83	%24,20
Hassas	%9,16	%3,49	%2,98
Sağlıksız	%0,65	%1,04	%1,19
Kötü	%0,02	%0,08	%0,08
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.43 ve Çizelge 3.44 Bahçelievler istasyonunun sonuçları incelendiğinde mevcut sistem ve yamuk üyelik fonksiyonu sonuçlarının iyi ve orta değerler için oldukça yakın değerler ürettiği görülmüştür. Hassas değerlerindeki yüzdesel farklılık üyelik fonksiyonunda orta olarak gösterilen değerlerden kaynaklanmıştır.

Çizelge 3.45. Bahçelievler bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%50,08	%53,23	%58,49
Orta	%29,23	%38,54	%33,87
Hassas	%18,85	%5,71	%4,85
Sağlıksız	%1,71	%2,40	%2,67
Kötü	%0,1	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Bahçelievler 2012 yılı için sonuçlar incelendiğinde mevcut sistemin oluşturduğu iyi yüzdelik değerin bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuca yakın yüzde değerinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.46. Bahçelievler bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%48,88	%53,62	%59,93
Orta	%35,01	%31,42	%27,73
Hassas	%15,54	%14,10	%11,33
Sağlıksız	%0,55	%0,85	%0,99
Kötü	%0	%0	%0
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.46 incelendiğinde mevcut sistemin sonuçlarının yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçlara yakın yüzde değerlerinde sonuç verdiği görülmüştür.

Çizelge 3.47. Bahçelievler bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%53,42	%57,60	%65,59
Orta	%34,83	%32,04	%25,69
Hassas	%11,46	%9,85	%8,10
Sağlıksız	%0,27	%0,48	%0,60
Kötü	%0,01	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.47’de görüldüğü üzere bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlar birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 3.48. Bahçelievler bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%57,86	%61,23	%68,27
Orta	%31,77	%28,59	%23,47

Çizelge 3.48. (devam) Bahçelievler bölgesi 2015 yılı sonuçları

Hassas	%9,81	%9,39	%7,40
Sağlıksız	%0,41	%0,75	%0,82
Kötü	%0,03	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,09	%0	%0

Çizelge 3.48’de görüldüğü üzere bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlar birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 3.49. Bahçelievler bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%54,84	%62,67	%69,77
Orta	%36,34	%31,70	%26,08
Hassas	%8,40	%5,07	%3,56
Sağlıksız	%0,35	%0,52	%0,56
Kötü	%0,04	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0	%0	%0

3.43-Çizelge 3.49 arasında Bahçelievler istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu 2013, 2014 ve 2015 yılı yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.50. Sıhhiye bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%33,86	%34,04	%42,43
Orta	%43,88	%57,50	%49,90
Hassas	%20,38	%6,07	%5,03
Sağlıksız	%1,60	%2,28	%2,52
Kötü	%0,23	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.50’de görüldüğü üzere yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi ve sağlıklı yüzde değerleri mevcut sistemin sonuçlarına daha yakın sonuç oluşturmuştur.

Çizelge 3.51. Sıhhiye bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%31,19	%30,40	%37,57
Orta	%39,73	%54,03	%49
Hassas	%24,88	%10,58	%8
Sağlıksız	%3,50	%4,95	%5,41
Kötü	%0,45	%0,01	%0,01
Tehlikeli	%0,23	%0	%0

Çizelge 3.50 ve Çizelge 3.51 incelendiğinde orta ve hassas yüzde toplamının hem mevcut sistemde hem de bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu sonuçta %60 civarında olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.52. Sıhhiye bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%33,84	%32,56	%38,05
Orta	%35,69	%40,84	%39,16
Hassas	%26,91	%22,25	%18,07
Sağlıksız	%2,70	%4,23	%4,60
Kötü	%0,47	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,36	%0	%0

Çizelge 3.52 sonuçlarına göre, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlar birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 3.53. Sıhhiye bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%18,32	%17,73	%22,77
Orta	%40,97	%50,26	%49,42
Hassas	%37,72	%27,70	%22,91
Sağlıksız	%2,50	%4,10	%4,68
Kötü	%0,39	%0,2	%0,2
Tehlikeli	%0,06	%0	%0

Çizelge 3.53 sonuçlarına göre, Sıhhiye bölgesinde hava kalitesinin “iyi” olduğu günler oldukça sınırlıdır. Hava kalitesi çoğunlukla “orta” ve “hassas” olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.54. Sıhhiye bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%33,97	%36,11	%45,17
Orta	%44,13	%55,84	%48,68
Hassas	%21,08	%6,92	%4,74
Sağlıksız	%0,74	%1,09	%1,37
Kötü	%0,03	%0,02	%0,02
Tehlikeli	%0,02	%0	%0

Çizelge 3.55. Sıhhiye bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%36,72	%32,40	%41,60
Orta	%46,75	%50,70	%45,80
Hassas	%15,93	%15,91	%11,51
Sağlıksız	%0,48	%0,94	%1,03
Kötü	%0,06	%0,03	%0,04
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.55 incelendiğinde mevcut sistem ile bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonuna ait sonuçların yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.56. Sıhhiye bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%35,40	%33,92	%43,47
Orta	%44,16	%50,89	%44,96
Hassas	%20,05	%14,47	%10,71
Sağlıksız	%0,37	%0,70	%0,83
Kötü	%0	%0	%0
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.50-Çizelge 3.56 arasında Sıhhiye istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonun daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

2012 yılı yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca tüm yıllar için iyi değer aralığına giren yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür. Sıhhiye bölgesindeki hava kalitesi yıl bazlı incelendiğinde, “iyi” aralığına giren yüzde oranlarının diğer istasyonlara kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.57. Keçiören bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%53,11	%50,77	%59,92
Orta	%35,18	%41,79	%34,09
Hassas	%10,55	%6	%4,31
Sağlıksız	%0,95	%1,32	%1,56
Kötü	%0,15	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.57 incelendiğinde mevcut sistem ve bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonun yakın yüzde değerlerinde sonuçlar oluşturduğu görülmüştür.

Çizelge 3.58. Keçiören bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%50,90	%50,77	%61,72
Orta	%36,82	%39,61	%31,11
Hassas	%11,51	%8,40	%5,72
Sağlıksız	%0,64	%1,09	%1,33
Kötü	%0,1	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

2011 yılı Keçiören istasyonundan elde edilen verilere göre yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan model mevcut sisteme oldukça yakın sonuçlar vermiştir.

Çizelge 3.59. Keçiören bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%41,60	%40,86	%53,62
Orta	%36,27	%48,20	%36,41
Hassas	%19,28	%7,26	%6,03
Sağlıksız	%1,90	%3,52	%3,80
Kötü	%0,47	%0,13	%0,12
Tehlikeli	%0,46	%0	%0

Çizelge 3.60. Keçiören bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%39,39	%39,46	%50,20
Orta	%40,53	%47,28	%38,33

Çizelge 3.60. (devam) Keçiören bölgesi 2013 yılı sonuçları

Hassas	% 18,33	% 10,93	% 8,89
Sağlıksız	% 1,59	% 2,20	% 2,46
Kötü	% 0,14	% 0,1	% 0,1
Tehlikeli	% 0	% 0	% 0

Çizelge 3.60 incelendiğinde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi yüzde değeri mevcut sistemin oluşturduğu iyi yüzde değeri ile aynıdır.

Çizelge 3.61. Keçiören bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	% 48,95	% 49,73	% 58,02
Orta	% 33,20	% 42,38	% 35,04
Hassas	% 15,82	% 5,45	% 4,13
Sağlıksız	% 1,77	% 2,33	% 2,69
Kötü	% 0,2	% 0,1	% 0,1
Tehlikeli	% 0,04	% 0	% 0

Çizelge 3.61 bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan sistemin sonuçlarında iyi yüzde değeri ile mevcut sistemin oluşturduğu iyi yüzde değeri birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 3.62. Keçiören bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	% 62,17	% 60,68	% 68,12
Orta	% 28,03	% 32,74	% 27,05
Hassas	% 9,53	% 6,03	% 4,21
Sağlıksız	% 0,24	% 0,53	% 0,60
Kötü	% 0	% 0	% 0
Tehlikeli	% 0	% 0	% 0

Çizelge 3.62 incelendiğinde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlar birbirine oldukça yakındır.

Çizelge 3.63. Keçiören bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%53,66	%52,61	%60,86
Orta	%32,41	%40,55	%33,94
Hassas	%13,59	%6,32	%4,58
Sağlıksız	%0,30	%0,51	%0,60
Kötü	%0,02	%0	%0
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.57-Çizelge 3.63 arasında Keçiören istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu 2010, 2011, 2015 yılı yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelde, iyi değer aralığına giren yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür

Çizelge 3.64. Sincan bölgesi 2010 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%51,78	%57,12	%63,48
Orta	%31,40	%38,39	%31,94
Hassas	%14,85	%2,18	%1,99
Sağlıksız	%1,26	%2	%2,36
Kötü	%0,40	%0,30	%0,20
Tehlikeli	%0,27	%0	%0

Çizelge 3.64'te görüldüğü üzere bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu, mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlara daha yakın sonuçlar üretmiştir.

Çizelge 3.65. Sincan bölgesi 2011 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%51,57	%59,83	%66,30
Orta	%33,79	%33,56	%27,94
Hassas	%13,65	%5,35	%4,34
Sağlıksız	%0,78	%1,14	%1,19
Kötü	%0,15	%0,1	%0,2
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.65 incelendiğinde mevcut sistemin iyi değeri ile bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonun oluşturduğu iyi yüzde arasında yaklaşık %8 fark olduğu görülmüştür. Orta değer aralığına giren yüzdenin aynı olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.66. Sincan bölgesi 2012 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%58,16	%64,17	%68,11
Orta	%23,38	%27,09	%23,17
Hassas	%14,95	%4,36	%3,95
Sağlıksız	%2,67	%4,06	%4,55
Kötü	%0,65	%0,3	%0,2
Tehlikeli	%0,15	%0	%0

Çizelge 3.66’da görüldüğü üzere bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu, mevcut sistemin oluşturduğu sonuçlara daha yakın sonuçlar üretmiştir.

Çizelge 3.67. Sincan bölgesi 2013 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%52,12	%54,59	%60,84
Orta	%30,39	%40,05	%33,90
Hassas	%16,04	%3,53	%3,11
Sağlıksız	%1,22	%1,72	%2,13
Kötü	%0,19	%0,1	%0
Tehlikeli	%0,01	%0	%0

Çizelge 3.67 incelendiğinde mevcut kullanılan sistemin orta ve hassas yüzde toplamının bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunda orta ve hassas değerlerin toplamına yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.68. Sincan bölgesi 2014 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%54,68	%55,38	%63,09
Orta	%33,24	%41,58	%34,34
Hassas	%11,44	%2,21	%1,68
Sağlıksız	%0,56	%0,80	%0,87
Kötü	%0,06	%0,02	%0,01
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.68 incelendiğinde mevcut kullanılan sistemin orta ve hassas yüzde toplamının bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunda orta ve hassas değerlerin toplamına yakın olduğu görülmüştür. Yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu iyi yüzde değeri mevcut sistemin oluşturduğu yüzde değerine oldukça yakındır.

Çizelge 3.69. Sincan bölgesi 2015 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%69,36	%70,63	%76,65
Orta	%24	%26,42	%21,52
Hassas	%6,58	%2,79	%1,65
Sağlıksız	%0,03	%0,13	%0,17
Kötü	%0	%0	%0
Tehlikeli	%0	%0	%0

Çizelge 3.69 2015 yılı Sincan bölgesi sonuçları incelendiğinde hava kalitesinin yıl genelinde %70 oranında iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.70. Sincan bölgesi 2016 yılı sonuçları

	Mevcut Kullanılan Sistem	Bulanık Mantık (Yamuk Üyelik Fonksiyonu)	Bulanık Mantık (Üçgen Üyelik Fonksiyonu)
İyi	%61,68	%60,18	%66,13
Orta	%27,60	%33,55	%28,63
Hassas	%9,80	%5,03	%3,82
Sağlıksız	%0,75	%1,12	%1,30
Kötü	%0,11	%0,1	%0,1
Tehlikeli	%0,03	%0	%0

Çizelge 3.64-Çizelge 3.70 arasında Sincan istasyonu yıl bazlı sonuçları görülmektedir. 7 yıllık sonuçlar incelendiğinde, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu 2015, 2016 yılı yüzdelik oranlarının mevcut sisteme yakın olduğu görülmüştür. Sincan istasyonuna ait sonuçlarda, hava kalitesinin “iyi” olduğu değerlerin %50 oranının üzerinde olduğu görülmüştür.

3.3. Bilgi Sunumu

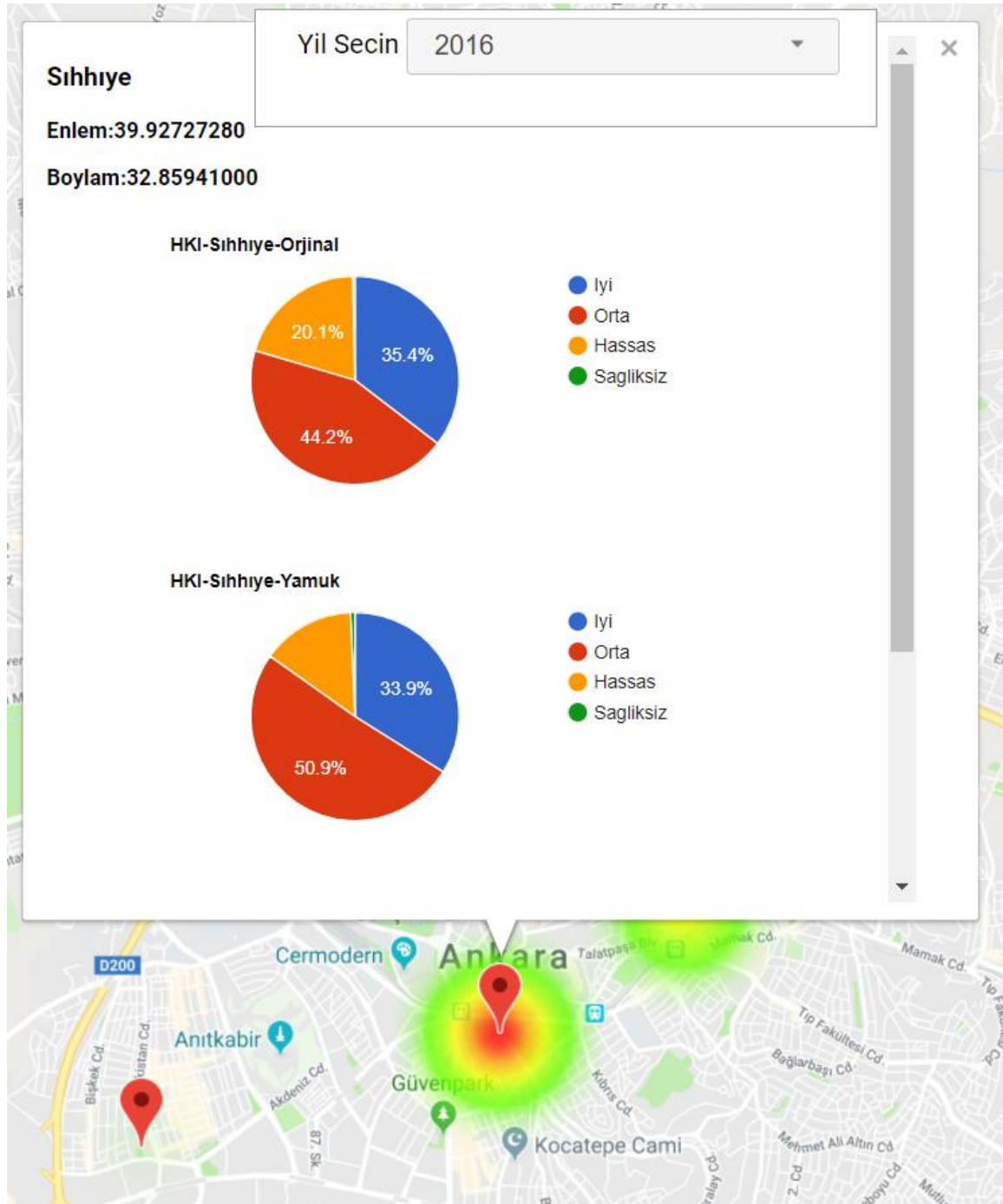
Ankara hava kalitesi izleme istasyonlarından elde edilen verilere bulanık mantık yaklaşımı ile veri madenciliği uygulandığında elde edilen yıl bazlı sonuçlar (Çizelge 3.15.- Çizelge 3.70.) harita üzerinde gösterilmiştir. Bulanık mantık uygulandıktan sonra her istasyonun sonucu JSON formatında yıl bazlı olarak dosyaya yazılmıştır. Google Maps JavaScript kütüphanesi [29], kullanılarak mevcut sistemin sonuçları, bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu sonuçları ve bulanık mantık üçgen üyelik fonksiyonu sonuçları dairesel grafik üzerinde görselleştirilmiştir.

Çizelge 3.71. İndeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri [3]

Parametre	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
Ulusal Sınır Değer	380	260	10000	120	60
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10000	120	50

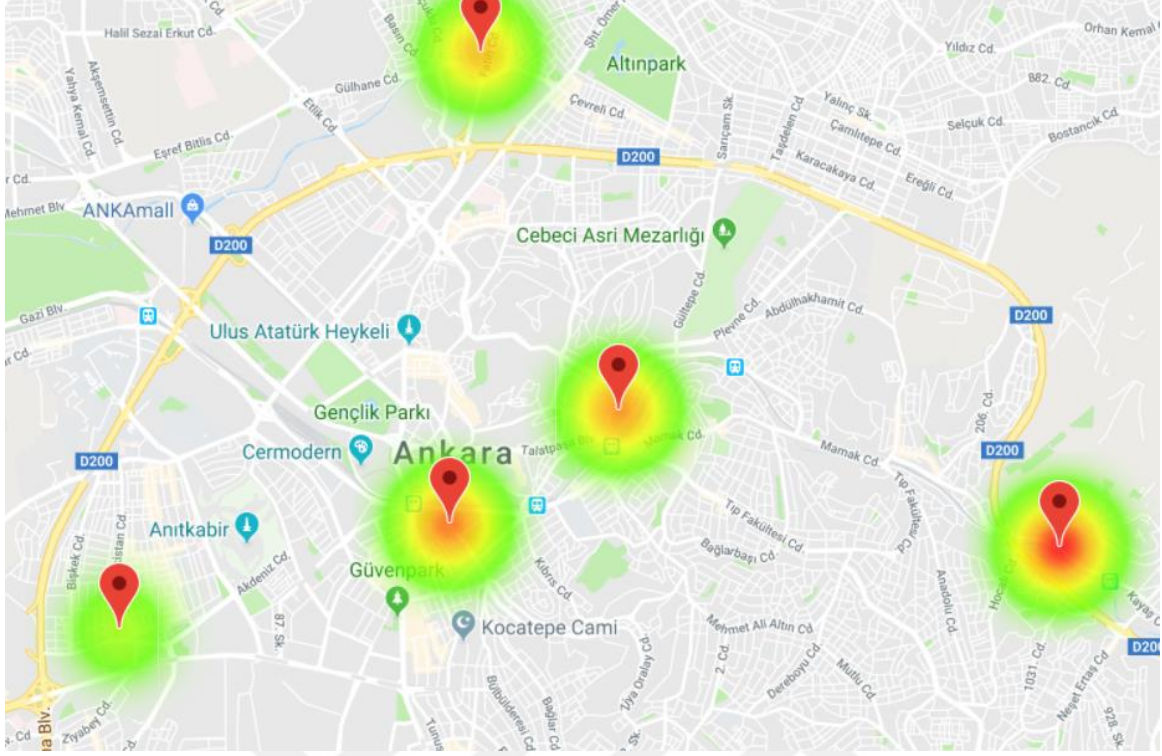
Ayrıca bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu baz alınarak HKİ “hassas”, “sağlıksız”, “kötü” ve “tehlikeli” aralığına giren değerlerden ısı haritası oluşturulmuştur. Isı haritası, Ankara’da bulunan 8 istasyonun HKİ değerlerini minimum ve maksimum değer aralığında normalize ederek elde edilmiştir. Eş. 3.1’de Min-Max Normalizasyon formülü gösterilmiştir. Çizelge 3.71’te ÇŞB’nin belirlemiş olduğu kirleticiler için belirlenen ulusal sınır değerleri gösterilmiştir. Isı haritasının HKİ “hassas”, “sağlıksız”, “kötü” ve “tehlikeli” aralığına giren değerlerden edilmesinin nedeni, kirleticiler için belirlenen ulusal sınır değerlerin “hassas” değerlerin içinde bulunmasıdır. Isı haritası sayesinde, Ankara genelinde yıl bazlı olarak hava kirliliğinin daha fazla olduğu istasyonlar görülebilmektedir. Harita üzerindeki renklendirme yeşilden kırmızıya doğru geçmektedir. Yeşil renk daha az hava kirliliğini gösterirken sarı ve kırmızı tonlar hava kirliliğinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

$$\text{Min-Max Normalizasyonu: } X = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.1)$$



Şekil 3.26. Yıl bazlı harita gösterimi

Şekil 3.26’da görüldüğü üzere 2016 yılı Sıhhiye istasyonuna ait HKİ sonuçları dairesel grafik üzerinde gösterilmektedir. ÇŞB’nin mevcut kullandığı sistemin sonucu ve bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun sonuçları gösterilmektedir. Koordinat bilgisi (enlem ve boylam) içerdiği için Sıhhiye istasyonu mekânsal veri olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.27. Ankara hava kirliliği ısı haritası

Şekil 3.27 2010 yılına ait istasyon verilerinden elde edilen ısı haritasını göstermektedir. Yeşil rengin daha yoğun olduğu bölgeler daha az hava kirliliğini gösterirken sarı ve kırmızı tonların olduğu istasyonlarda hava kirliliğinin yeşil renklendirilen istasyonlara kıyasla daha fazla olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada veri madenciliği süreç aşamaları sırasıyla veri ön işleme, bulanık mantık yaklaşımı ile veri madenciliği modelinin kurulması ve elde edilen sonuçların görselleştirilmesiyle tamamlanmıştır.

Veri ön işleme sürecinin veri seçimi aşamasında ÇŞB'nin web sitesinde yayımlanan, Ankara ili 2010-2016 yıllarına ait Bahçelievler, Cebeci, Demetevler, Dikmen, Kayaş, Keçiören, Sincan ve Sıhhiye izleme istasyonlarından elde edilen veri seti kullanılmıştır. Veri temizleme aşamasında eksik olan verilerin yerine kirleticilerin ortalama değerleri kullanılmıştır. Veriler üzerinde herhangi bir dönüştürme işlemine ihtiyaç duyulmamış, saatlik ölçülen veriler kullanılmıştır. Veri madenciliği model oluşturma aşamasında bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak model geliştirilmiştir.

Bulanık mantık üyelik fonksiyonları oluşturulurken düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç bulanık küme oluşturulmuştur. Bulanık kümelerin aralıkları belirlenirken ÇŞB'nin ulusal hava kalitesi kirletici sınır değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Bulanık kümeler oluşturulurken, ÇŞB tarafından belirlenen kirletici ulusal sınır değerleri SO_2 , NO_2 ve CO için hassas, O_3 ve PM_{10} için orta kirletici sınır değerleri içinde bulunduğu için hassas ve üzeri olan değerler yüksek bulanık kümesinin sınırlarına dahil edilmiştir.

Ankara iline ait 8 istasyon verisinin sonuçları hem 2010-2016 yılları arasında toplu olarak, hem de her istasyon için yıl bazlı olarak çizelgelerde karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Çalışma sonucunda bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonunun oluşturduğu HKİ modelinin, ilgili istasyonda hava kalitesini iyi değer aralığı için başarılı bir şekilde belirleyebildiğini göstermiştir. Yamuk üyelik fonksiyonu ile yapılan sistemin, üçgen üyelik fonksiyonu ile yapılan sistemin sonuçlarına kıyasla mevcut kullanılan sisteme daha yakın sonuçlar çıkardığı görülmüştür. Üyelik fonksiyonları belirlenirken mevcut sistemde orta ve hassas değerlerin “orta” bulanık alt kümesinin sınırlarına dahil olması nedeniyle, mevcut sistemde hassas olarak belirlenen değerlerin oluşturulan modelde tahmininin doğru yapılamadığı görülmüştür. Tüm sonuçlar incelendiğinde, yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturulan modelin sonucunda orta ve hassas yüzde değerlerinin toplamının mevcut sistemin sonuçlarında da orta ve hassas yüzdelerinin toplamına yakın olduğu görülmüştür.

Bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak yapılan sistemde, hava kalitesi tehlikeli aralığına giren sonuç çıkmamıştır. Yamuk üyelik fonksiyonunda HKİ'nin sağlıklı ve kötü olarak tahmin edildiği değerler, mevcut sistemin sonuçlarıyla yakın olduğu görülmüştür. Veri madenciliğinin son aşaması olan bilgi sunumunda, yıl bazlı sonuçlar karşılaştırmalı olarak harita üzerinde gösterilmiştir.

Bulanık mantık yaklaşımının HKİ'nin belirlenmesi gibi girdi parametrelerinin çıktı parametreleri üzerindeki etkisinin tam olarak bilinmediği durumlarda kullanılabilecek bir yöntem olduğu görülmüştür. Bulanık mantık ile oluşturulan sistemin geleneksel yöntemler gibi hava kalitesinin modellenmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Gelecek çalışmalarda oluşturulan modelin mevcut kullanılan sisteme daha yakın sonuç verip vermeyeceği bulanık küme sayısı artırılarak denenebilir. Bu şekilde bulanık mantık yamuk üyelik fonksiyonu ile oluşturan sistemin sonucunda ortaya çıkan değerlerdeki farklılık giderilebilir.

KAYNAKLAR

1. Çiçek, İ., Türkoğlu, N., ve Gürgen, G. (2004). Ankara’da hava kirliliğinin istatistiksel analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18.
2. Çuhadaroglu, B., and Demirci, E. (1997). Influence of some meteorological factors on air pollution in Trabzon City. *Energy and Building*, 25(3), 179-184
3. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları Web Sitesi. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.havaizleme.gov.tr%2FDefault.ltr.aspx&date=2018-06-28>, Son Erişim Tarihi: 28.06.2018.
4. Dursun, S., Kunt, F., and Taylan, O. (2015). Modelling sulphur dioxide levels of Konya city using artificial intelligent related to ozone, nitrogen dioxide and meteorological factors. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(12), 3915-3928.
5. Kunt, F. (2014). *Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri Kullanılarak Konya İl Merkezi Hava Kirliliği Modellenmesi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
6. Milla dos Santos, A., Passuello, A., Schuhmacher, M., Nadal, M., Domingo J., Martinez C., Segura-Muñoz, S., and Takayanagui, A. (2014). A support tool for air pollution health risk management in emerging countries: A case in Brazil. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 20(5), 1406-1424.
7. Assimakopoulos, M., Dounis, A., Spanou, A., and Santamouris, M. (2013). Indoor air quality in a metropolitan area metro using fuzzy logic assessment system. *Science of The Total Environment*, 449(2013), 461-469.
8. Mandal, T., Gorai, A. K., and Pathak, G. (2011). Development of fuzzy air quality index using soft computing approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(10), 6187-196.
9. Sowlat, M. H., Gharibi, H., Yunesian, M., Mahmoudi, T. M., and Lotfi, S. (2011). A novel, fuzzy-based air quality index (FAQI) for air quality assessment. *Atmospheric Environment*, 45(12), 2050-2059.
10. Bıyık, İ. (2010). *Hava Kirliliğinin Yapay Zeka Teknikleri ile Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
11. Pokrovsky, O., Kwok, R., and Ng C. (2002). Fuzzy logic approach for description of meteorological impacts on urban air pollution species: a Hong Kong case study. *Computers & Geosciences*, 28(1), 119-127.
12. Müezzinoğlu, A. (2000). *Hava Kirliliği ve Kontrolü Esasları*. İzmir: Dokuz Eylül Yayınları, 185.

13. İnternet: World Health Organization. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.who.int%2Fairpollution%2Fen%2F&date=2018-06-28>, Son Erişim Tarihi: 28.06.2018.
14. Bozkurt, F. (2012). *Mekansal-Zamansal Veri Madenciliği Yörüngelerin Durma ve Hareket Algoritmaları*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
15. Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. (2001). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining Inference and Prediction*. (Second Edition). California: Springer Series in Statistics, 533.
16. Arbiol, R., Zhang, Y., and Pala, V. (2007). Advanced classification techniques: a review. *Revista Catalana de Geografia*, 7(31), 37-42.
17. İnternet: Mamdani's Fuzzy Inference Method. *Cipec*.URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.dma.fi.upm.es%2Frecursos%2Faplicaciones%2Flogica_borrosa%2Fweb%2Ffuzzy_inferencia%2Ffunpert_en.htm&date=2018-06-28, Son Erişim Tarihi: 28.06.2018.
18. Mahmood, M.S., (2010). *Bulanık Mantık Kullanılarak Trafik Kontrolünün Tasarımı ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
19. Dogruparmak, S., Keskin, G., Yaman, S. and Alkan, A. (2014). Using principal component analysis and fuzzy c-means clustering for the assessment of air quality monitoring. *Atmospheric Pollution Research*, 5(4), 656-663.
20. Iizuka, A., Shirato, S., Mizukoshi, A., Noguchi, M., Yamasaki, A., and Yanagisawa, Y. (2014). A Cluster analysis of constant ambient air monitoring data from the Kanto region of Japan. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7(11), 6844-6855.
21. Zhao, Y., and Hasan, Y.A. (2013). Machine learning algorithms for predicting roadside fine particulate matter concentration level in Hong Kong central. *Computational Ecology and Software*, 3(3), 61-73.
22. Saithan, K., and Mekparyup, K. (2012). Clustering of air quality and meteorological variables associated with high ground ozone concentration in the industrial areas, at the east of Thailand. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 81(3), 505-515.
23. Lu, W., Z., He, H., D., and Dong, L., Y. (2011). Performance assessment of air quality monitoring networks using principal component analysis and cluster analysis. *Build Environ*, 46(2011), 577-583.
24. Lau, J., Hung, W. T., and Cheung, C. S. (2009). Interpretation of air quality in relation to monitoring station's surroundings. *Atmos Environ*, 43(2009), 769-777.
25. Ignaccolo, R., Ghigo, S., and Giovenali, E. (2008). Analysis of monitoring networks by functional clustering. *Environmetrics*, 19(2008), 672-686.

26. Pires, J. M., Sousa, S. V., Pereira, M. C., Alvim-Ferraz, M. M., and Martins, F. G. (2008). Management of air quality monitoring using principal component and cluster analysis—Part I: SO₂ and PM₁₀. *Atmos Environ*, 42(2008), 1249-1260.
27. Gramsh, E., Cereceda-Balic, F., Oyola, P., and Von Baer, D. (2006). Examination of pollution trends in Santiago De Chile with cluster analysis of PM₁₀ and ozone data. *Atmos Environ*, 40(2006), 5464-5475.
28. İnternet: MathWorks Fuzzy Logic Toolbox. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fww2.mathworks.cn%2Fen%2Fproducts%2Ffuzzy-logic.html&date=2018-06-28>, Son Erişim Tarihi: 28.06.2018.
29. İnternet: Google Maps Platform. *Cipec*.URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fdevelopers.google.com%2Fmaps%2Fdocumentation%2Fjavascript%2Ftutorial&date=2018-06-28>, Son Erişim Tarihi: 28.06.2018.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GÜNER, Dilem
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 05.01.1990, KDZ.Ereğli
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 505 985 25 41
 e-posta : dilemguner@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Bilkent Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği	2014
Lise	KDZ. Ereğli Anadolu Lisesi	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	AGMLab Bilişim Teknolojileri	Bilgisayar Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Atacak, I., Arici, N., and Guner, D. (2017). Modelling and Evaluating Air Quality with Fuzzy Logic Algorithm-Ankara-Cebeci Sample. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 5(4), 263-268.
- Güner, D., Atacak, İ., and Arıcı, N. (2017, Kasım 2-4). *Hava Kalitesinin Bulanık Mantık Algoritması ile Modellenmesi ve Değerlendirilmesi-Ankara Örneği*. 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Tokat.



GAZİ GELECEKTİR..