



**T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL İKLİM DEĞİŞİMİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE SİMÜLASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya IŞIK

20179249011

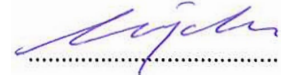
Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

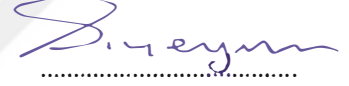
**SIVAS
HAZİRAN 2019**

Derya IŞIK' ın hazırladığı ve “KENTSEL İKLİM DEĞİŞİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE SİMÜLASYONU” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Jüri Üyesi **Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN**
Erciyes Üniversitesi



Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Ercüment AYAZLI**
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi



Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.



Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Derya IŞIK, 2019



Çalışma sırasında bana destek olan aileme ve tüm arkadaşlarıma...

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

17.06.2019

Derya IŞIK

ÖZET

KENTSEL İKLİM DEĞİŞİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE SİMÜLASYONU

Derya IŞIK

Yüksek Lisans Tezi

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK

2019, 51+xvi sayfa

Bugün dünya nüfusunun yarısından fazlası kentlerde yaşamaktadır. Bu durum hızlı kentleşmeyi ve çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu çevresel problemlerin en önemlilerinden birisi iklimsel değişimlerdir. Küresel iklim değişimleriyle beraber, etkisi daha da artan kentsel iklim değişimleri, insan hayatını tehdit etmektedir. Bunun en önemli nedenleri arasında, yeşil alanların tahribiyle yerine gelen beton gibi geçirimsiz yüzeyler, düzensiz kentsel geometrilerin oluşması ve insanların tüketim alışkanlıkları gelmektedir. Dünyanın önemli metropollerinde bulunan İstanbul, artan nüfusu, kentleşmesi ile yaşanacak olan iklim değişimine karşı bir politikası olmaması nedeniyle bu durum karşısında savunmasız kalmaktadır. Bu tezde, İstanbul'daki kentsel değişimlerin en çok yaşandığı kuzey bölgesi ele alınarak, yaşanması beklenen iklimsel değişiklik yapay sinir ağları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tez kapsamında verilerin elde edilmesinde, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tekniklerinden yararlanılmış, simülasyonun yapılma aşamasında ise yapay sinir ağı (YSA) yönteminden yararlanılmıştır. Uzaktan algılama teknikleri ile elde edilen veriler; normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI), emissivite, birleşik termal etki indeksi ve yüzey sıcaklığıdır. Kullanılan uydu görüntüleri Landsat 7 ve Landsat 8'dir. CBS ile elde edilen veriler, ormana, kıyıya ve yola uzaklık verileridir. Yapay sinir ağları ile simülasyon yapımından geçmiş yıllardan yararlanarak geleceği ön görme modeli uygulanmıştır. Eğitimde kullanılan geçmiş yıllar 2010 ve 2011, tahmin edilecek yüzey sıcaklığı yılı ise 2017 yılı olarak seçilmiştir. Tezde simülasyon iki aşamalı olarak uygulanmıştır. İlki, mevcut kentsel değişimler meydana gelmeden önceki yıllardan (2010-2011) yararlanarak, kentsel değişim sonrası 2017 yılı yüzey sıcaklığının tahmin edilmesidir.

Simülasyon sonucunda, elde edilen 2017 yılı tahmini yüzey sıcaklığı ile orijinal yüzey sıcaklığı karşılaştırılmıştır ve korelasyon başarısı test edilmiştir. Uygulanan ikinci simülasyon ise, ilk simülasyonda elde edilmiş en başarılı parametrelerden kullanılarak ve bölgede kentsel büyüme senaryoları yapılarak yüzey sıcaklığının tahmin edilmesi işlemidir. Bu tez çalışması ile kent ve çevresinde yapılması planlanan projelere bağlı olarak meydana gelebilecek mezo-mikro iklimsel değişikliklerin yapay sinir ağları kullanarak simüle edilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kentsel iklim değişimi, Yapay sinir ağları, Uzaktan algılama, Coğrafi bilgi sistemi



ABSTRACT

SIMULATION OF URBAN CLIMATE CHANGE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Derya IŞIK

Master of Science Thesis

Department of Geomatics Engineering

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş KUŐCU ŞİMŞEK

2019, 51+xvi pages

Today more than half of the world's population lives in cities. This brings about rapid urbanization and environmental problems. One of the most important environmental problems is climatic changes. Global climate changes together with the increasing impact of urban climate change, threatens human life. Among the most important reasons for this are the construction of impermeable surfaces such as concrete instead of green areas; irregular urban geometries and people's consumption habits. Istanbul, which is one of the major metropolises of the world, is vulnerable because of its growing population and lack of policy towards climate change that urbanization will be bring. In this thesis the northern part of Istanbul, where urban changes are most encountered, was tackled. The climatic change that will be experienced after this urban change, of the scope of this thesis is tried to estimate using artificial neural networks. In the scope of the thesis, remote sensing and geographic information systems (GIS) techniques using to obtain the data. While artificial neural network (ANN) technique was used in the simulation stage. Data obtained by remote sensing techniques; normalized vegetation index (NDVI), emissivity, combined thermal effect index and surface temperature. The satellite imagery used is Landsat 7 and Landsat 8. The data obtained by GIS are distance to forest, shore and road. Benefiting from past years from the simulation made with artificial neural networks, foresight future model was applied. The past years used in education were selected as 2010 and 2011 and the predicted surface temperature year was selected as 2017. In this thesis, simulation is applied in two stages. The first, is to estimate the surface temperature of 2017 after urban change taking advantage of previous years (2010-2011) before existing urban changes occur. The first, is to estimate the surface temperature of 2017 after urban change taking

advantage of previous years (2010-2011) before existing urban changes occur. The second simulation is the estimation of surface temperature by using the most successful parameters obtained in the first simulation and the urban growth scenarios in the region. With this thesis, it is revealed that meso-micro climatic changes that may occur depending on the projects planned to be made in and around the city can be simulated by using artificial neural networks.

Key Words: Urban climate change, Artificial neural networks, Remote sensing, Geographical information system



KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca tüm bilgi ve birikimini benimle paylaşan, ilgisi ve desteğini benden hiç esirgemeyen sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecinde, iş yerinde beni her zaman destekleyen sayın şefim İnşaat Mühendisi Mustafa KÜÇÜK'e, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen canım arkadaşlarım Makine Mühendisi Barış ARABACI ve Harita Mühendisi Halime ÖDÜL'e ve son olarak bu süreçte hep yanımda olan kardeşim Kübra'ya, sevgili teyzeme, anneme ve babama çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. YAPAY SINIR AĞLARI	8
2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımları ve Yapısı.....	8
2.2. YSA'nın Yapısı.....	8
2.3. Yapay Sinir Ağlarının Mimarilerine Göre Sınıflandırılması	11
2.3.1. İleri Beslemeli Ağlar	11
2.3.2. Geri Beslemeli Ağlar	12
2.4. YSA Öğrenme Türleri.....	13
2.4.1. Öğretmenli Öğrenme	13
2.4.2. Destekleyici Öğrenme	13
2.4.3. Öğretmensiz Öğrenme.....	14
2.5. YSA Uygulamalarının Avantajları.....	14
2.6. YSA Uygulamalarının Dezavantajları	14
2.7. YSA ile yapılmış iklimsel simülasyon örnekleri	15
3. METODOLOJİ VE UYGULAMA	17
3.1. Problemin Tanımı.....	17
3.2. Çalışma Alanı.....	17
3.3. Yöntem.....	19
3.4. Parametrelerin Veri Altyapısı	23
3.5. Uydu Görüntülerinin İşlenmesi.....	23
3.6. CBS Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritaların Hazırlanması.....	26
3.6.1. Veriler.....	27
3.6.1.1. Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI).....	27
3.6.1.2. Emissivite Verisi.....	29
3.6.1.3. Birleşik Termal Etki İndeksi.....	29
3.6.1.4. Yüzey Sıcaklık Verisi	31
3.6.1.5. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)	33
3.6.1.6. Yola Olan Uzaklık	33
3.6.1.7. Deniz Kıyısına Olan Uzaklık.....	34
3.6.1.8. Ormana Uzaklık.....	34
3.6.2. Verilerin İlişkilendirilmesi Aşaması	35
3.7 Yapay Sinir Ağları ile Simülasyonun Yapılması	36
4. BULGULAR	40
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	43
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Nüfus artışı ile meydana gelen çevresel problemler	2
Şekil 1.2 Küresel ısınmaya etki eden faktörler (IPCC, 2007)	3
Şekil 1.3 İklim değişiminin insan sağlığı üzerindeki etkisi (HIP, 2016).....	4
Şekil 1.4 Kent ikliminin oluşumundaki etkenler (Kuşçu Şimşek, 2013)	5
Şekil 2.1 Sinir hücresi örneği (Kahraman, 2018)	9
Şekil 2.2 Yapay sinir hücresinin yapısı (Öztemel, 2003)	9
Şekil 2.3 Sigmoid fonksiyonunun grafiği	10
Şekil 2.4 Yapay sinir ağı örneği	11
Şekil 2.5 İleri beslemeli ağ (Erilli vd., 2010)	12
Şekil 2.6 Geri beslemeli ağ (Erilli vd., 2010)	13
Şekil 3.1 Çalışma alanı	18
Şekil 3.2 Kentin genişleme yönü	20
Şekil 3.3 Senaryoların gösterimi	20
Şekil 3.4 Senaryolar (1-2-3)	21
Şekil 3.5 Doku taşıması	22
Şekil 3.6 Kullanılan veri altlıkları	22
Şekil 3.7 Tez yönetim diyagramı	23
Şekil 3.8 Kullanılan girdi ve çıktı verileri	27
Şekil 3.9 Yıllara ait NDVI haritaları	28
Şekil 3.10 Emissivite haritaları	29
Şekil 3.11 Yıllara göre oluşturulan birleşik termal etki indeksi	31
Şekil 3.12 2010 ve 2011 yıllarına ait yüzey sıcaklık haritaları	31
Şekil 3.13 Orijinal 2017 yılı yüzey sıcaklık haritası	32
Şekil 3.14 DEM haritası	33
Şekil 3.15 Yola uzaklık haritaları	33
Şekil 3.16 Kıyıya uzaklık haritası	34
Şekil 3.17 Ormana uzaklık haritaları	35
Şekil 3.18 Veri tabanı	36
Şekil 3.19 Simülasyon iş akış diyagramı	37
Şekil 3.20 Simülasyon ağı	38
Şekil 3.21 Uygulanan senaryo modelleri	39
Şekil 4.1 Orijinal yüzey sıcaklığı 2017 yılı (yukarıdaki), simülasyon yüzey sıcaklığı 2017 yılı (aşağıdaki)	41
Şekil 4.2 Senaryoların simülasyon sonuçları (1-2-3)	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 YSA ile yapılmış iklimsel simülasyon örnekleri.....	15
Çizelge 3.1 Uydu görüntülerine ait emissivite değerleri	25
Çizelge 3.2 Bitki örtüsü sınıflandırılması (Kuşçu Şimşek, 2013)	28
Çizelge 3.3 Landsat 7 için Tasselled Cap Dönüşüm Katsayıları.....	30
Çizelge 3.4 Landsat 8 için Tasselled Cap Dönüşüm Katsayıları.....	30
Çizelge 4.1 Korelasyon sonuçları	40



SİMGELER DİZİNİ

Lλ	Radyans bant N değeri, DN
L_{max}λ	Radyans bant N max değeri, DN
L_{min}λ	Radyans bant N min değeri, DN
Q_{cal}	Piksel değeri, DN
Q_{cal}_{max}	Maksimum kalibre piksel değeri, DN
Q_{cal}_{min}	Minimum kalibre piksel değeri, DN
M_I	Bandın radyans çarpımsal ölçeklendirme değeri, DN
A_I	Bandın radyans katkı ölçeklendirme değeri, DN
Pλ	TOA yansıtma bandına dönüştürme değeri, DN
E_{sun}λ	Ortalama güneş eksoatmosferik ışınlama değeri, Watts/m ² * μ m
L_{max}μ	Bandın yansıtma maksimum değeri, μ m
d	Günlük dünya güneş mesafesi, m
Q_{SE}	Güneş yükseklik açısı, grad
NDVI_{min}	Kabul edilen minimum bitki indeksi değeri, μ m
NDVI_{max}	Kabul edilen maksimum bitki indeksi değeri, μ m
P_v	Bitki örtüsü fraksiyonu, μ m
NIR	Yakın kızılötesi bant, μ m
RED	Kırmızı bant, μ m
NDVI	Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi farkı, μ m
NDVI_s	Çıplak toprak NDVI değeri, μ m
NDVI_v	Bitki örtüsü NDVI değeri, μ m
Eλ	Yüzey ürünleri emissivitesi, μ m
E_w	Su emissivitesi, μ m
E_s	Çıplak toprak emissivitesi, μ m
E_v	Bitki örtüsü emissivitesi, μ m
T_s	Yüzey sıcaklığı, derece
Lλ_{atm}\downarrow	Uydu geçiş anı düşük parlaklık değeri, μ m
Lλ_{atm}\uparrow	Uydu geçiş anı yüksek parlaklık değeri, μ m
τ	Ortalama atmosferik değer, μ m
K₁	Kalibrasyon sabiti 1, Watts/m ² *ster* μ m
K₂	Kalibrasyon sabiti 2, Watts/m ² *ster* μ m
°C	Celcius, derece
T	Piksel sıcaklık değeri, derece
T_{ort}	Piksellerin ortalama sıcaklık değeri, derece
CO₂	Karbondioksit, atm

KISALTMALAR DİZİNİ

SCÜ	: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ABTD	: Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu
NDVI	: Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Konferansı
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
DN	: Dijital Değer
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
NDBI	: Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi
SAVI	: Çıplak Toprak Yansıtım Vejetasyon İndeksi
EBBI	: Zenginleştirilmiş Yapay Alan ve Boş Alan İndeksi

1. GİRİŞ

Dünyada değişen küresel ekonomik ilişkiler ile birlikte kentlerin önemi giderek artmakta ve artan bu dünya nüfusu kentlerde yığılmaktadır. 1800'lü yıllarda kentlerde yaşayan dünya nüfusu %3 iken (ECOSOC, 2011), bugün dünya nüfusunun %55'i kentlerde yaşamakta, 2050'de ise dünya nüfusunun %67'ye yakınının kentlerde yaşaması beklenmektedir (UN, 2014). Kentleşmenin en fazla görüldüğü ülkelerin kentsel nüfus oranları incelendiğinde; nüfusunun %82'si kentsel alanlarda yaşayan Kuzey Amerika'yı, %81'lik oranıyla Latin Amerika, %74'lük oran ile Avrupa'nın izlediği görülmektedir. Asya'da ise bu oran %50'ye yaklaşmaktadır (UN, 2014). Kentsel alanda meydana gelen nüfus artışı, hızlı, düzensiz ve plansız kentleşme sorunlarını ve bunlarla beraber; hava kirliliği, su kirliliği, gürültü kirliliği gibi çevre problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bütün bunlara bağlı olarak, insan nüfusunun %50'sinden fazlasının kentlerde yaşaması ile meydana gelen kentleşmenin de önemli bir etken olduğu küresel iklim değişikliği, 21. Yüzyılın kritik sorunu haline gelmiştir (Wilby, 2007; Sanders ve Phillipson, 2003).

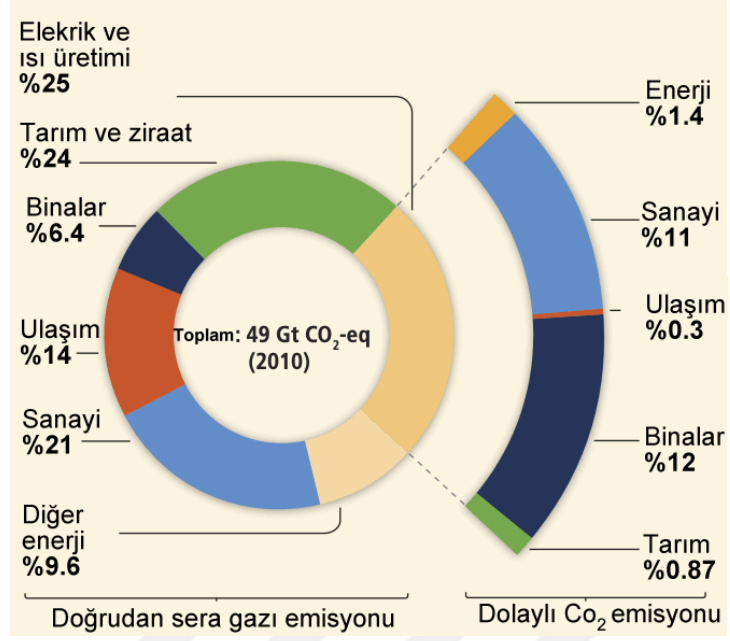
Dünya tarihsel açıdan ele alındığında, belirli dönemlerde doğal dengenin bozulmasına bağlı olarak, iklim sisteminde değişimler yaşandığı görülmektedir. Özellikle, yeryüzünde meydana gelen buzul hareketler ile yaşanan deniz seviyesi değişimleri bu iklimsel değişimlerde önemli rol oynamıştır (Türkeş, 2008; Öztürk, 2002). Günümüzde ise, iklim değişimlerinin bu doğal nedenlerden daha çok insan faaliyetlerinin de etkisi olduğu görülmektedir (Öztürk, 2002).

19. yüzyılın sonlarından bu yana görülen küresel ısınma problemi, günümüz dünyasının ve kentlerin en önemli problemleri arasında bulunmaktadır. Bu küresel ısınma probleminin en önemli sebepleri arasında, artış gösteren insan nüfusu ile birlikte yaşanan insansal etkiler bulunmaktadır (Chen vd., 2006; Owen vd., 1998). Bu durum, iklim değişimini tehdit ederken aynı zamanda birçok çevre ve sağlık problemlerini tetikleyerek insan sağlığını etkilemektedir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Nüfus artışı ile meydana gelen çevresel problemler

Küresel ısınmaya bağlı olan iklim değişikliği, doğal dengenin bozulmasına sebep olarak ekosistemi, insan sağlığını ve sosyoekonomik yapıyı doğrudan ya da dolaylı yollardan etkilemektedir (Korkmaz, 2007). Şekil 1.2’de verilmiş olan küresel ısınmaya etki eden faktörler incelendiğinde, ağırlıklı olarak insan etkisinin bulunduğu görülmektedir. İnsan faaliyetleri ile ortaya çıkan iklimsel değişimler, “*antropojenik etki*” tanımı ile açıklanmaktadır (Emmanuel, 2005). Bunlar insan kaynaklı olarak ortaya çıkan; arazi kullanımındaki değişiklikler, ormansızlaşma, kentleşme, sanayileşme, atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artması, fosil yakıtların kullanılması gibi faktörlerdir. Antropojenik etkilerin 21. yüzyılda, iklim değişikliği üzerinde daha da etkili hale gelmesi ise insanların tüketim alışkanlıklarının ve enerji tüketimlerinin çoğunun fosil yakıtlara bağlı hale gelmesi ile açıklanabilmektedir.



Şekil 1.2 Küresel ısınmaya etki eden faktörler (IPCC, 2007)

Sanayi devriminden sonra artan nüfusa ve kentleşmeye de bağlı olarak, enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanımının artması, tarım ve toprak politikalarındaki yanlış uygulamalar, yeşil alanların tahribatı vb. nedenler atmosferdeki karbon miktarını daha da arttırmıştır (Sağlam, 2007). Ayrıca kentleşmenin artması, sera gazı etkisini daha da arttırmakta ve bu da dünyanın yüzey sıcaklığında artış görülmesine neden olmaktadır (Demir vd., 2007).

Sanayi devrimine kadar 10.000 yıl boyunca Dünya'nın ısı yüksek oranlarda sabit bir şekilde ilerlemiştir (ABTD, 2010). İnsan etkinliklerine bağlı olarak, 19. yüzyılın sonlarında sanayileşme ile artan sıcaklık, 1980'li yıllarla birlikte daha da belirginleşmiş ve bundan sonraki hemen hemen her yıl bir önceki yıla göre daha da ısınarak, küresel sıcaklık rekorları kırmıştır (Solomon vd., 2007; Türkeş, 2003; WMO, 1999; IPCC,2001; Türkeş, 2004). Kentlerde ölçümlerin düzenli ve doğru bir şekilde alınmaya başlandığı 1850 yılından beri sıcaklık 0,76 °C artış göstermiştir (IPCC, 2007). Dünyadaki ısınmanın Sanayi Devrimine göre 2°C'den daha fazlasına yükselmesi durumunda, iklim değişikliğinin geri döndürülemez hale geleceği düşünülmektedir (Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, 2010).

IPCC'nin (2018) hazırlamış olduğu iklim değişimi sonuç raporuna göre deniz seviyelerinde artış, su kıtlığı, aşırı ısınma ve ani hava değişimlerinin yaşanması beklenmektedir. Bu durum karşısında ülke ekonomileri ise, değişkenli iklim tipleriyle

baş etmenin getireceği yüksek maliyetler ile çökme durumuna gelecektir (Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, 2010).

İklim değişimi ile kentler arasında karşılıklı bir ilişki bulunmaktadır. Kentlerin, sahip oldukları faaliyetler nedeniyle, doğal çevreye ve iklime ciddi bir etkisi bulunurken, iklim değişimi sonucunda meydana gelecek sonuçların da kentler üzerinde etkisi bulunmaktadır (Çobanyılmaz ve Yüksel, 2013). Buna bağlı olarak gelişen, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kentleri birbirleri ile ilişkilendirme ihtiyacı, iklim değişikliği literatüründe gittikçe yaygınlaşmaktadır (Swart vd., 2003; Vural, 2017; Burch, 2010).

İklim, insanların refahını ve sağlığını çeşitli yollardan etkilemektedir. Geçmişten günümüze insanlar yaşama yerlerini, yiyeceklerini ve enerji tüketimlerini iklim ve çevre koşullarıyla uyumlu bir şekilde yürütmüşlerdir (Türkeş, 2003). Kentlerdeki iklim değişiklikleri, küresel iklim değişikliği ile beraber daha baskın bir şekilde hissedilmektedir (Kuşçu Şimşek, 2013). İklim değişikliği ile gündeme gelen sıcak hava dalgaları ve ani hava değişimleri gibi nedenler insanların yaşam konforuyla birebir ilişki içindedir (Çelik vd., 2008). Meydana gelebilecek iklimsel değişiklikler insan sağlığı üzerinde birçok tehlikeyi beraberinde getirmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 İklim değişiminin insan sağlığı üzerindeki etkisi (HIP, 2016)

Kentsel iklim, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından, ısı kirliliğine ve hava kirliliğine sebep olan emisyonları içeren kentleşmiş alanlar ile o bölge iklimi arasındaki etkileşimler tarafından değiştirilen yerel iklim olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2004). Kent ikliminin oluşumundaki temel etkenler, rüzgâr yönü ve hızı, bölge topografyası, kentteki bina ve caddelerin özellikleri ve konumlanmalarıdır (Kuşçu Şimşek, 2013) (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Kent ikliminin oluşumundaki etkenler (Kuşçu Şimşek, 2013)

Kentler, insan yaşamı ile beraber, sınırlarını ve nüfuslarını daima genişletmektedir. Bu nedenle iklimsel bakış açısında, insanlık tarihi, kentleşme tarihini de birlikte taşımaktadır (Kuşçu Şimşek, 2013). Günümüzde iklimsel yapı, sanayileşme ve kentsel gelişim ile birlikte bina sayısındaki artış ve beraberinde getirdiği enerji tüketiminden, önemli ölçüde etkilenmektedir (Santamouris, 2014).

Kent fonksiyonlarının yaratmış olduğu ekolojik problemlerde, hava-su kirliliğinin yanında kentsel iklim değişimleri ve kentsel ısınma da yer almaktadır ve insan bu problemlerin etki arttırıcı bir faktördür (Dhakal, 2004). Kentsel iklim değişimlerinin, insan yaşam konforu üzerindeki etkisi ve insan faaliyetlerinin kentsel ısıyı arttırdığı göz önünde bulundurulduğu durumda, bu iki faktörün birbirleri ile karşılıklı bir etkileşim içinde olduğu söylenebilmektedir. Nüfus artışı ile beraber, arazi kullanımları daha yoğun hale gelmekte ve enerji tüketimleri artmaktadır. Bu durum gelişmiş

lkelerde daha çok etki göstermektedir (Klok vd., 2012). Arazi kullanımlarının yoğun hale gelmesi ile kentsel alanlardaki genişlemeler; doğal arazi örtüsünün, beton ya da metal gibi geçirimsiz yüzeyler ile yer değiştirmesine neden olmaktadır, bunun sonucunda ise yüzey enerji dengesinde bozulmalar meydana gelmekte ve yüzey sıcaklığında artış yaşanmaktadır (Stull, 2012).

Oke (2004) tarafından hazırlanmış WMO rehberinde, kentsel iklimi etkileyen dört faktör tanımlanmıştır. Bunlar:

1. Kentsel yapı
 - Binaların boyutları ve aralarındaki mesafeler
 - Cadde genişlikleri
2. Kentsel yapı malzemeler
 - İnşaat veya doğal malzemeler
3. Kentsel yüzeyler
 - Yapılaşmış alanlar
 - Çıplak toprak
 - Su
4. Kentsel metabolizma
 - Su, ısı ve insan faaliyetleri nedenli kirlenmeler

lke ekonomileri bakımından, iklim değişimleri kentsel alanlarda çok pahalı ve yıkıcı sorunlara neden olmaya başlamıştır (Tuğaç, 2018).

Kentsel iklim değişimine karşı alınacak önlemlerin başında; kent ikliminin güncel teknoloji ve disiplinler arası çalışmalar ile takip edilmesi, yapılması planlanan projeler ve yaratacağı kentsel etkilere dair projeksiyonlar ile iklim değişiminin izlenmesi ve buradan elde edilmiş sonuçlar dikkate alınarak planlama çalışmalarının yapılması gelmektedir.

Bu alışmada İstanbul'un, kuzey bölgesinde meydana gelmesi muhtemel kentsel değişimlerin oluşturacağı yüzey sıcaklığı değişimleri, yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

İstanbul, dünyanın önemli metropol kentleri arasında bulunmaktadır. Son yıllarda, hızla artan nüfus ve kentleşmesi ile doğal arazi yüzeylerinin antropojenik etkilere maruz kalarak tahrip edilmesi, yeşil alanların azalması ve betonlaşmanın artışı gibi

etkiler şehrin iklimsel yapısındaki değişimleri gündeme getirmektedir (Kuşçu Şimşek ve Şengezer, 2012). İstanbul kenti üzerinden yapılan iklimsel çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların üst ölçekte meteorolojik ya da daha alt ölçekte mimari detayda yapıldıkları görülmekte ve kentsel planlama çalışmaları için uygun ölçekte yapılan sınırlı sayıda çalışma görülmektedir.

Bu tez çalışmasında planlamaya bütüncül yaklaşımın sağlanması, çoklu verilerin birbirleri ile ilişkisinin kurulabilmesi ve verilerin güncel olarak saklanabilmesi açısından, verilerin elde edilmesi ve veri tabanının hazırlanması aşamalarında, CBS ve uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılması tercih edilmiştir.

Uzaktan algılama tekniğinin temel amacı, uçaklara veya uydulara takılan pasif veya aktif alıcılar ile yer yüzeyi verilerinin gözlemlenmesini içermektedir. Bu yöntem bölgesel ölçekte kentleşme ile ilişkili arazi örtüsü değişiminin izlenmesi bakımında en güvenli yollarından birisidir (Henry vd., 1989). Uzaktan algılama ile düzenli olarak elde edilebilir olan termal veriler, iklimsel simülasyon çalışmalarında kullanıma olanak tanımaktadır (Bozorgi vd., 2018). Tüm yüzeyler (bina, kaldırım, yol, orman vb.) farklı bir yansıtım özelliğine sahiptir. Uzaktan algılama ile beraber yüzeylerdeki ısı değişimleri, buharlaşma vd., yüzey atmosferik değişimler izlenebilmektedir (Kuşçu Şimşek, 2013).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), verilerin toplanması, çoklu veri entegrasyonu, analiz ve değerlendirme işlemlerinin yapılması ve kullanıcıya sunulması gibi işlevlerin bütünleştirildiği, konumsal bir veri tabanı uygulamasıdır (Esri, 2019; Güler ve Kara, 2007). Planlamada önemli bir araç olan CBS, dünyada birçok kurum ve kuruluş tarafından planlama ve doğru analiz yapabilmek amacı ile kullanılmaktadır (Kuşçu Şimşek, 2013). Bu çalışmada ise CBS kullanımının amacı, kentsel analizleri daha kontrollü bir şekilde yapmak ve verilerin birbirleri ile ilişkilendirilmesinde veri karmaşasını en aza indirebilmektir.

2. YAPAY SİNİR AĞLARI

2.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Tanımları ve Yapısı

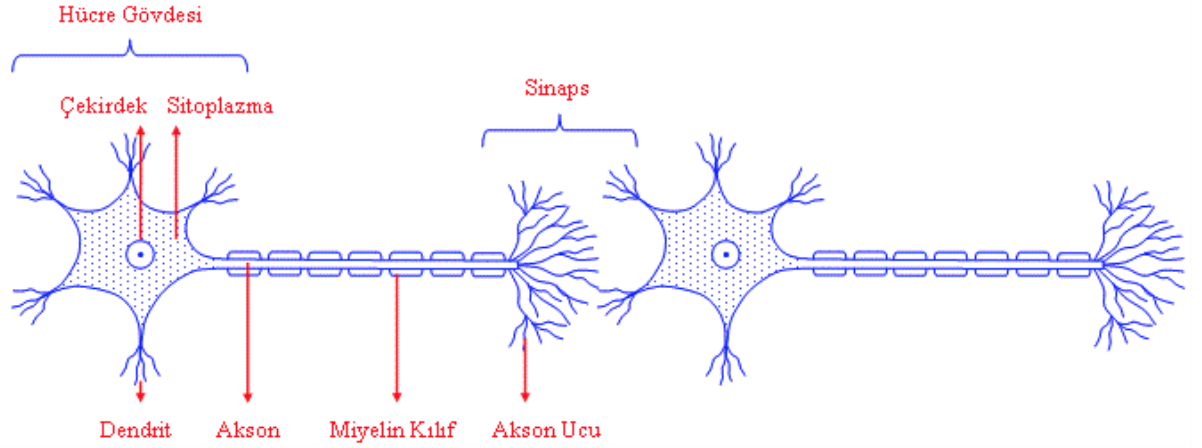
Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin genel özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler oluşturabilme, yeni bilgiler türetebilme ve keşfedilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2003).

YSA insan beyninin öğrenme ve akıl yürütme özelliklerini temel alan, esnek ve parametrik olmayan bir modelleme aracıdır (Negnevitsky, 2005; Tang ve Chi, 2005). Ağa öğrenme özelliği, örnek veriler gösterilerek ve eğitim yapılarak kazandırılmaktadır. Eğitim sonucunda ağın üreteceği çıktıya göre ağırlıklar oluşmaktadır. Buna ağırlık matrisi denilmektedir. Yapay sinir ağlarında bulunan her bilgi bu ağırlık matrislerinde saklanmaktadır. Öğrenme sürecinde daha doğru bir çıktı üretebilmek için ağ ağırlıkları ayarlanmalıdır (Werbos, 1998).

1980'li yıllardan bu zamana, zaman serilerine ilişkin tahmin yapmak için kullanılan yöntemlerden birisi de yapay sinir ağlarıdır (Ataseven, 2013). YSA günümüzde mühendislikten finansal hesaplamalara birçok alanda kullanılmaktadır. YSA metodolojisi veriden öğrenebilme, genelleme yapabilme, sınırsız sayıda değişkenle çalışabilme vb. birçok önemli özelliğe sahiptir (Ataseven, 2013). YSA; tahmin etme, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, yorumlama, teşhis etme, tanıma ve eşleştirme amaçları ile kullanılmaktadır.

2.2. YSA'nın Yapısı

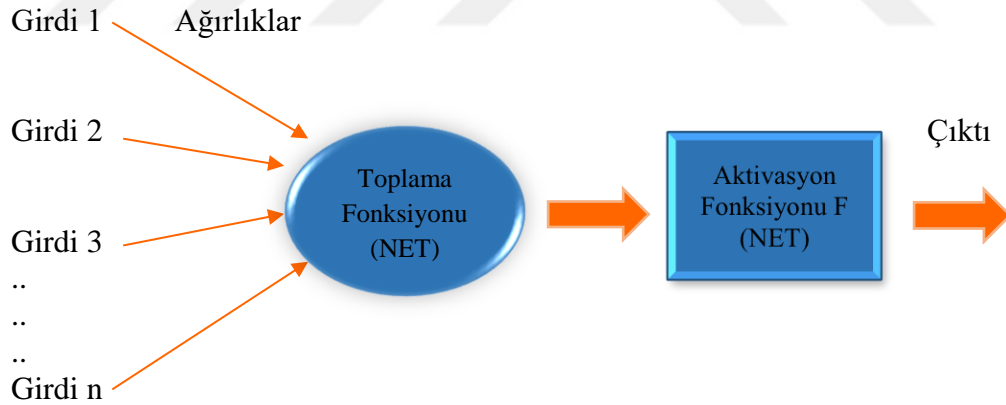
YSA tamamen insan beyninin özellikleri taklit edilerek geliştirilmiş bir algoritmadır. Bu özellikler beynin; öğrenme, hatırlama ve düşünmesidir (Ergezer vd., 2003). YSA'nın bu yeteneklerinin temelinde ise insan beyninin sinir hücreleri yer almaktadır. YSA'nın çalışma prensibini anlayabilmek, insan beyninin nasıl çalıştığını anlamakla aynıdır. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi temel bir sinir hücresi dendritler, sinapsler, akson ve hücre gövdesinden oluşmaktadır. Sinapslerin sinir hücresine bağlantısı var gibi görünmektedir fakat aslında bunlar elektrik sinyallerinin geçmesini sağlayan boşluklardır (Öztemel, 2003).



Şekil 2.1 Sinir hücresi örneği (Kahraman, 2018)

Dendritler, gelen sinyalleri algılamakta, hücre gövdesinde bu sinyalleri işleme tabi tutarak sinapslere iletmektedir. Sinapslerden ise diğer hücelere bu sinyaller gönderilmektedir.

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da sinir hücreleri bulunmaktadır. Bu hücreler proses elemanları olarak adlandırılmaktadır ve beş temel elemanı vardır (Şekil 2.2) (Öztemel, 2003).



Şekil 2.2 Yapay sinir hücresinin yapısı (Öztemel, 2003)

1. Girdiler: Yapay sinir ağlarının öğrenmesi istenilen bilgiler girdi olarak verilmektedir. Bu girdi verileri dışarıdan sağlanan verilerdir.

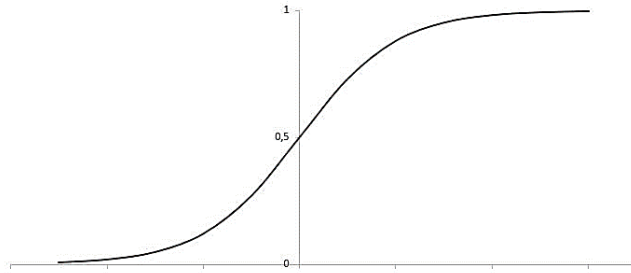
2. Ağırlıklar: Ağırlık, kullanılan girdilerin çıktı üzerindeki etkisini belirtmektedir. Ağırlıkların yüksek ya da düşük olması önemli ya da önemsiz olduğu anlamına gelmemektedir. Bir ağırlığın sıfır olması o ağıdaki en önemli olay olabilmektedir. Ağırlık değerlerinin pozitif ya da negatif olması ise o girdi parametresinin etkisinin pozitif ya da negatif yönlü olduğunu göstermektedir (Öztemel, 2003).

3. Toplama Fonksiyonu: Bu proste, hücreye gelen net girdi hesaplanmaktadır. Toplama fonksiyonu genellikle deneme yanılma yolu ile elde edilmektedir (Öztemel, 2003). En yaygın toplama fonksiyonu girdi değerleri ile ağırlıkların çarpılarak toplanması yöntemidir (Formül 2.1). Böylece ağı gelen net girdi hesaplanmış olmaktadır.

$$NET = \sum_i^n GiAi \quad [2.1]$$

Formülde; G girdileri, A ağırlıkları n ise bir hücreye gelen toplam girdi sayısını göstermektedir.

4. Aktivasyon Fonksiyonu: Bu fonksiyonda hücreye gelen girdiler işlenerek, bu girdilere karşı üretilecek çıktıyı belirlemektedir. Bu çıktının belirlenmesi aşamasında farklı fonksiyonlar kullanılmaktadır. Genelde bu fonksiyonlar doğrusal olmayan fonksiyonlardır. Bazı modellerde bu fonksiyonların türevinin alınabilir bir fonksiyon olması şart koşulmaktadır (Öztemel, 2003). Çünkü aktivasyon fonksiyonunun türevinin alınabilmesi eğitim süresini azaltan bir faktördür. En yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonu türevinin alınabilmesi ve sürekli olmasından dolayı sigmoid fonksiyonudur (Agatonovic-Kustrin ve Beresford, 2000). Bu fonksiyon ile sadece pozitif değerler türetilmektedir (Şekil 2.3).



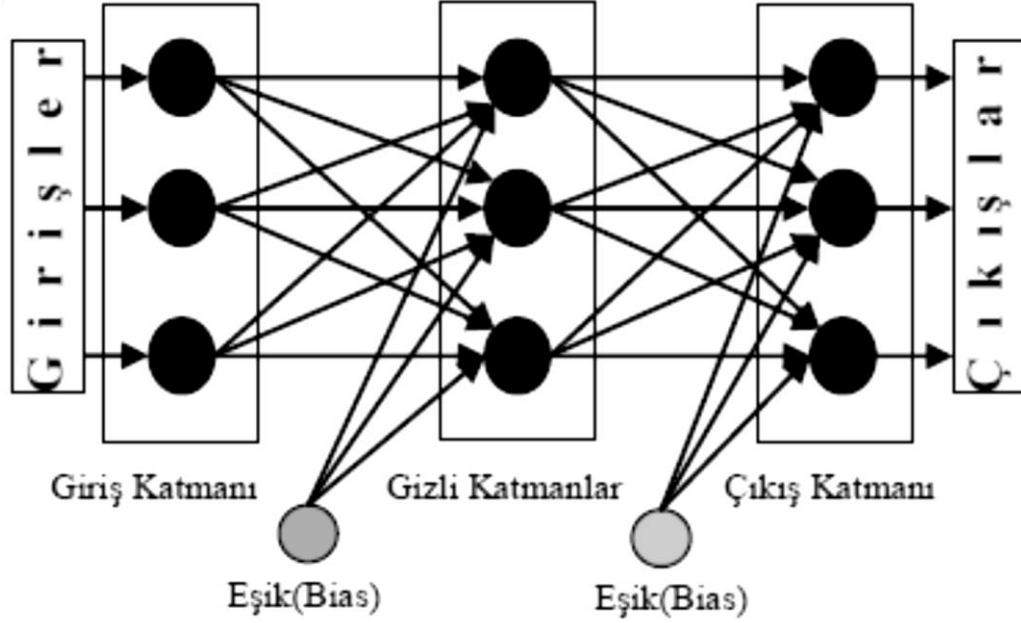
Şekil 2.3 Sigmoid fonksiyonunun grafiği

5. Hücrenin çıktısı: Girdi katmanlarının ağırlıkları ile çarpılarak elde edilen toplam fonksiyonundan sonra bunlar aktivasyon fonksiyonunda işlenerek bir sonraki katman olan çıkış katmanına iletilir. Bu üretilen veri, dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilebileceği gibi hücre kendi çıktısını tekrardan girdi olarak da işleyebilmektedir (Öztemel, 2003).

Sinir hücrelerinin taklit edilerek bir araya gelmesiyle oluşan yapay sinir ağıları 3 katmandan oluşmaktadır (Palmer vd., 2006). Bunlar; girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır

(Şekil 2.4). Girdi katmanı ağı YSA'nın yapısındaki ilk katmandır ve dışarıdan gelen bilgilerin ara katmanlara iletilmesinde görevlidir. Bu katmanda dış dünyadan gelecek olan parametre sayısı kadar nöron bulunmaktadır (Suzuki, 2011). Ara (gizli) katmanda ise gelen bilgiler işlenmekte ve çıktı katmanına gönderilmektedir. YSA'da ağı temel işlevini gören katman gizli katmanlardır ve gizli katman sayısı amaca göre ağdan ağa sayı olarak değişim göstermektedir (Fırat ve Güngör, 2002). Çıktı katmanında ise verilen girdi örneklerine göre üretilmesi gereken çıktı üretilmektedir. Böylece çıktı katmanı ile verilerin dışa aktarılması sağlanmaktadır.

YSA kullanarak herhangi bir problemi modellemede en önemli nokta, o probleme en iyi çözümü verecek YSA yapısını, YSA'nın girdi ve gizli katmanlarındaki işlem elemanı sayılarının belirlenmesidir (Hawley vd., 1990).



Şekil 2.4 Yapay sinir ağı örneği

2.3. Yapay Sinir Ağlarının Mimarilerine Göre Sınıflandırılması

Yapay sinir ağları nöronların arasındaki bağlantı yönüne göre ve ağ içerisindeki işaret akış yönlerine göre ikiye ayrılmaktadır (Ataseven, 2013). Bunlar ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlardır.

2.3.1. İleri Beslemeli Ağlar

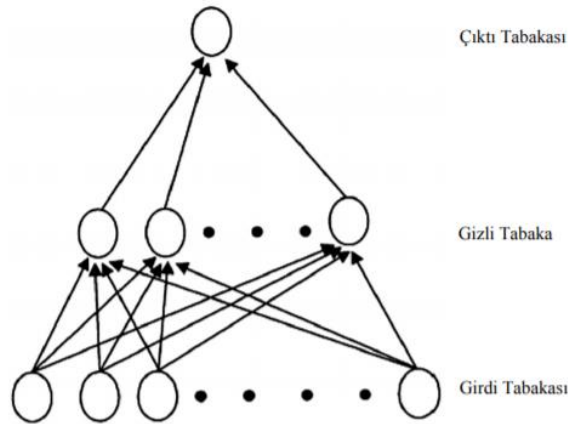
İleri beslemeli ağ modeli üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar girdi katmanı, ara (gizli) katman ve çıktı katmanıdır. Ayrıca bu YSA mimarisi tek katman ya da birden fazla

katman içerebilmektedir. Tek katmanlı ileri beslemeli ağda, girdi ve çıktı katmanından bir adet bulunurken, çok katmanlı ağ modelinde ise birden fazla girdi ve çıktı bulunabilmektedir (Kaynar ve Taştan, 2009). Şekil 2.5’de çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli gösterilmiştir. Katmanlar nöron adı verilen birimlerden oluşmaktadır ve bu nöronlar da birbirlerine ağırlıklar ile bağlıdır (Erilli vd., 2010).

Bu ağ modelinde elde edilen çıktılar bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden girdi olarak yeniden verilebilmektedir. Bu nedenle bu YSA modelinin bir diğer ismi de “geri yayımlı ağ modeli”dir.

Giriş katmanı, dış ortamlardan bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki hücrelere iletir. Bilgi gizli katmanda işlenir ve ağın çıkışı belirlenir (Rojas, 2013). Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında çok katmanlı ileri beslemeli ağ modeli kullanılmıştır.

Ağın yapısında giriş ve çıkış katmanındaki nöron sayıları ele alınan probleme göre belirlenmektedir fakat gizli katman sayısını ve nöron sayısını belirleme işlemi deneme yanılma yolu ile yapılmaktadır. Bu sayıyı belirlemek için herhangi bir formül yoktur (Efe ve Kaynak, 2000).

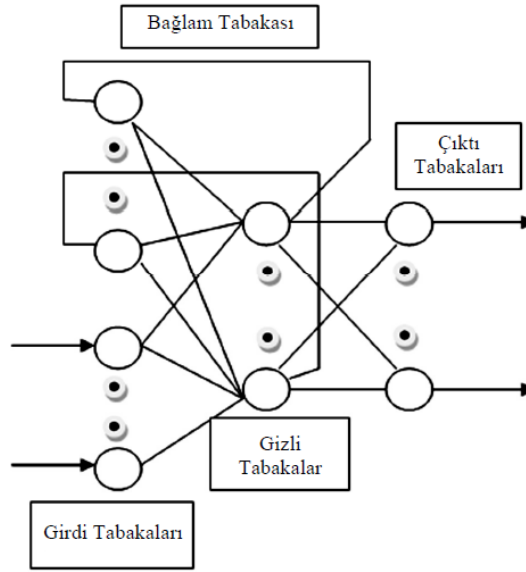


Şekil 2.5 İleri beslemeli ağ (Erilli vd., 2010)

2.3.2. Geri Beslemeli Ağlar

Bu ağın ileri beslemeli ağlardan farkı, ileri beslemeli ağlarda elde edilen çıktı, girdi katmanına tekrar giriş olarak verilebilirken, geri beslemeli ağlarda ise elde edilen çıktı verisi kendisine veya diğer hücrelere giriş olarak verilebilmektedir (Şekil 2.6). Ayrıca geri besleme bir katmanda hücreler arasında yapılabılırken aynı zamanda katmanlar

arasındaki hücreler arasında da olabilmektedir. Bu geri besleme genellikle bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır (Alataş, 2006).



Şekil 2.6 Geri beslemeli ağ (Erilli vd., 2010)

2.4. YSA Öğrenme Türleri

YSA'lar performanslarını kendisine verilen örneklerden öğrenen sistemlerdir ve farklı öğrenme türleri bulunmaktadır. Kullanılan öğrenme algoritması ise bu öğrenme türlerine göre değişim göstermektedir. YSA'da üç tip öğrenme stratejisi bulunmaktadır. Bunlar; öğretmenli öğrenme, destekleyici öğrenme ve öğretmensiz öğrenmedir (Öztemel, 2003).

2.4.1. Öğretmenli Öğrenme

Bu öğrenme türünde YSA'nın problemi öğrenebilmesi için sisteme kullanıcı yardım etmektedir. Kullanıcı, sisteme öğrenilmesi gereken problemle ilgili örnek girdi ve çıktıları vermektedir. Yani, örnek girdiler karşısında sistemin oluşturulması gereken çıktılar gösterilmektedir. Öğrenme bitiminden sonra ise ağda, ağırlık değerleri değişmemektedir. Böylece test sürecindeki veriler için bu ağırlıklar kullanılarak çıktı alınabilmektedir. Öğretmenli öğrenme en sık kullanılan öğrenme türleri arasında yer almaktadır.

2.4.2. Destekleyici Öğrenme

Bu öğrenme türünde, sisteme bir kullanıcı tarafından yardım edilmektedir. Fakat öğretmenli öğrenme türünden farkı, problemde girdilerin gösterilip çıktı verilerinin

gösterilmemesidir. Bunun yerine verilen girdi setinin doğru sonuçlar üretmesi beklenmektedir. Sisteme ise oluşan çıktı değerlerinin doğru veya yanlış olduğunu gösteren sinyaller üreterek yardım etmektedir.

2.4.3. Öğretmensiz Öğrenme

Bu öğrenme türünde sisteme sadece girdi verileri verilerek, çıktı verisini üretmesi beklenmektedir. Sistemin problemi kendi kendine öğrenmesi beklenir. Bu öğrenme türü çoğunlukla sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır.

2.5. YSA Uygulamalarının Avantajları

- YSA ile matematik olarak modellenmesi mümkün olmayan karmaşık problemler modellenmektedir (Öztemel, 2003).
- Fazla veri ile çalışabilmektedir.
- Pratik ve maliyet bakımından uygundur.
- YSA'nın çalışması geleneksel sistemlere göre daha hızlıdır.
- Öğrenmesi eğitimler ile olan YSA'na yeni bilgiler eklenince sistem yeniden eğitilebilmektedir.
- Daha önce görülmemiş örnekler hakkında, genelleme yapma özellikleri sayesinde bilgi üretebilmektedir.

2.6. YSA Uygulamalarının Dezavantajları

- Yapay sinir ağlarında, modelin oluşturulmasında herhangi bir kural yoktur (Öztemel, 2003). Kullanıcı, kullanacağı örnek veri setleri ile uygun ağ modelini bulana kadar deneme yapması gerekmektedir.
- Ağın eğitilmesi üstte anlatılan nedenden dolayı uzun sürebilmektedir.
- YSA'da aynı problem farklı şekiller ile çözülebilmektedir. Fakat her birinde, performansta ve sonuç doğruluğunda değişimler görülebilmektedir. En doğru tahmini yapmak kullanıcının tecrübesine bağlıdır (Öztemel, 2003).
- Çözülecek problemi, doğru temsil eden eğitim setleri olmaması durumunda, problemlere sağlıklı çözüm üretebilmek mümkün olmamaktadır.
- Sonuçlar her zaman optimum olmamaktadır.
- Nümerik veriler ile çalışmaktadırlar ve bu nedenle kullanılacak veriler eğitim seti olarak tanıtılırken nümerik değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir.

- YSA kara kutu mantığı ile çalışmaktadır. Bu nedenle bir sonuç elde edildiği zaman bunun nasıl elde edildiği bilinmemektedir.

2.7. YSA ile yapılmış iklimsel simülasyon örnekleri

Çizelge 2.1 YSA ile yapılmış iklimsel simülasyon örnekleri

Çalışmanın Adı	Yazar Adı ve Çalışma Yılı	Veriler	Metodoloji	Elde Edilen Sonuçlar
Land surface temperature estimating in urbanized landscapes using artificial neural networks	Bozorgi, M., Nejadkoorki, F., Mousavi, M. B. (2018)	Yeşil bitki örtüsü indeksi (NDVI), bina indeksi (NDBI), yeşil kaplı alan yüzdesi	Uzaktan algılama ve YSA	Elde edilen yüzey sıcaklığı simülasyonlarına göre yüzey sıcaklığının azaltılması çalışmalarında, yeşil bitki örtüsü alanlarının artırılmasının, binalardan daha etkili olduğu görülmüştür.
Prediction of changes in urban micro-climate using remote sensing data and artificial neural network model	Kumar, K. S., Bhaskar, D. P. U., Padma, K. (2015)	Arazi kullanımı, çalışma alanının enlem ve boylamı, yükseklik	Uzaktan algılama ve YSA	Çalışmada geçmişe ait iki yılın arazi kullanım değişim verilerinden (LULC), yararlanılarak 2015 yılı yüzey sıcaklığı tahmin edilmiştir. Çalışmanın verimi %81.621 olarak elde edilmiştir.
Urban heat island growth modeling using artificial neural networks and support vector regression: A case study of Tehran, Iran	Sherafati, S. H. A., Saradjian, M. R., Niazmardi, S. (2013)	Arazi kullanım örtüsü, yükseklik, eğim, bakı, ulaşım ağı	Uzaktan algılama, Hüresel Otomat, YSA, Destek vektör regresyonu (SVR)	Çalışmada 2007 yılı yüzey sıcaklığı, YSA ve SVR modelleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüzey sıcaklığı tahmin etmede, YSA yöntemi ile $r=0.843$, SVR yöntemi ile $r=0.856$ 'lık ilişki saptanmıştır.
Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh	Ahmed, B., Kamruzzaman, M., Zhu, X., Rahman, M., Choi, K. (2013)	NDVI, NDBI, Normalize edilmiş su indeksi (NDWI), Normalize edilmiş arazi çıplaklık indeksi (NDBaI)	Uzaktan algılama, Çok katmanlı algılayıcı (MLP) Markov Modeli	Çalışmada yüzey indeksleri ile 2019 ve 2029 yıllarına ait yüzey sıcaklığı simülasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüzeyde meydana gelecek olan arazi değişikliğinin yüzey sıcaklığında, değişikliğe sebep olacağı kanıtlanmıştır.

Simulation and Prediction of Land Surface Temperature (LST) Dynamics within Ikom City in Nigeria Using Artificial Neural Network (ANN)	Maduako, I. D., Yun, Z., Patrick, B. (2016)	Geçmiş yıllara ait yüzey sıcaklıkları (1986, 1993, 2000, 2007 ve 2014), enlem ve boylam	Uzaktan algılama ve YSA	Çalışmada 1986-2014 yılları arası 7 yıl dönem aralıkları ile girdi verisi olarak YSA modeline verilerek bir zaman serisi oluşturulmuş ve t+7 yıl sonrasına ait yüzey sıcaklığı tahmin edilmiştir. YSA modeli ile Ikom şehrinde, 2028 ve 2042 yıllarında sıcaklığın yükselmeye devam edeceği sonucuna varılmıştır.
The application of a prediction model on land surface temperature using Artificial Neural Network and Scenario	Lee W.S., Jung S.G. (2014)	Yüzey sıcaklığı, NDVI, NDBI, arazi kullanımı	Uzaktan algılama ve YSA	Yüzey sıcaklığı tahmininde elde edilen sonuçlara göre bina ve yol gibi yapay yüzeylerin artışı ile yüzey sıcaklığında artış yaşanacağı gözlemlenmiştir. Ayrıca yüzey sıcaklığının yüksek olduğu sanayi gibi bölgelerde yapılacak olan yeşillendirme çalışmalarının yüzey sıcaklığını azaltacağı tespit edilmiştir.

3. METODOLOJİ VE UYGULAMA

3.1. Problemin Tanımı

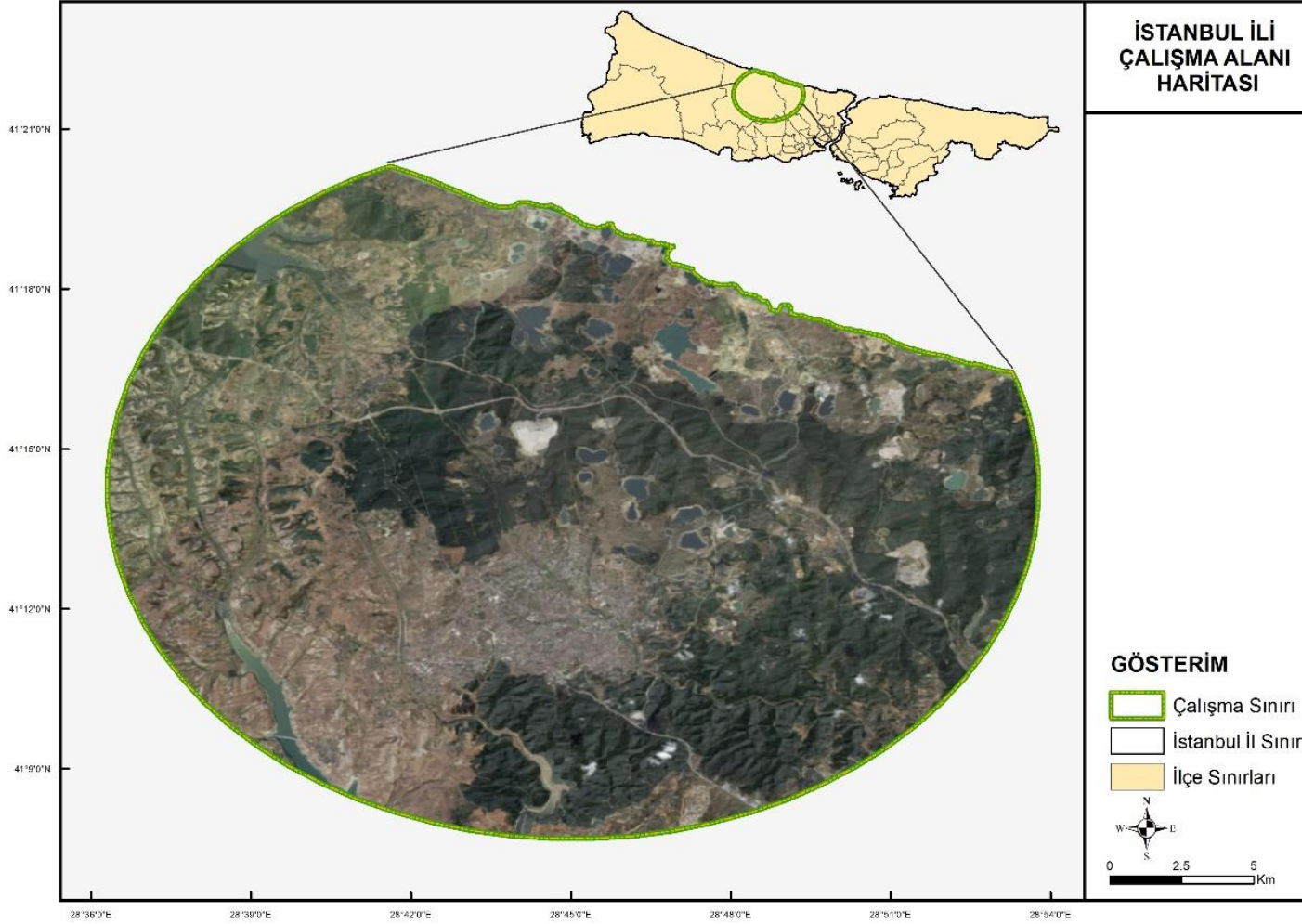
İklim, günlük yaşantıda insanların her türlü sosyal ve ekonomik faaliyetlerini, nüfus ve yerleşmeyi, bitki örtüsünü, tarım ürünlerini, ticareti ve ulaşımı doğrudan ya da dolaylı yoldan etkileyen bir faktördür. Günümüzde, artan nüfus ile birlikte kentleşmenin de hızlı bir şekilde artmasına bağlı olarak, geçirimsiz yüzeylerin artması, düzensiz kentsel geometrilerin oluşması, bitki ve orman yüzeylerin tahribi, iklimsel değişimleri tetiklemektedir. Bu da ani sıcaklık değişimlerini, ekstrem hava olaylarını ve fazla yağışlara bağlı taşkın ve sel felaketlerini gündeme getirmektedir.

Orta enlem kuşağı ülkelerden birisi olan Türkiye, küresel ısınmaya bağlı olarak yaşanacak iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir (Öztürk, 2002). Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul ili (İBB, 2018), artan kentleşme ile birlikte doğal arazi yüzeylerinin antropojenik etkilere maruz kalması sebebi ile kentsel iklim değişim tehlikesi altındadır. Yapılan 3. Havalimanı, 3.Köprü ve bağlantı yolları ile İstanbul'daki kentleşme kuzey yönüne yönelmiştir. Bölgedeki kentsel alanın kuzey yönüne doğru genişlemesi, orman alanlarının tahribine sebep olacak, bu da kentsel iklim değişimini tetikleyecektir. Bu tehlikelere karşı yeterli bir politikası bulunmayan İstanbul kenti, iklim değişimi karşısında korumasız kalmaktadır.

Yapılacak olan bu çalışmada, iklim değişim tehlikesine erken önlem alabilmek için İstanbul kenti ile iklimi arasındaki ilişkinin iyi bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

3.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak son yıllarda en fazla kentsel değişimin yaşandığı İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan Arnavutköy bölgesi seçilmiştir (Şekil 3.1). Bölge içerisinde yeni açılan İstanbul Havalimanı ve Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nün devamı olan bağlantı yolları bulunmaktadır. Doğusunda Eyüp Sultan'a, batısında Çatalca'ya, güneyinde Büyükçekmece ilçelerine, kuzeyinde ise Karadeniz'e komşudur.



Şekil 3.1 Çalışma alanı

İstanbul, iklimi bakımından incelenirse, üç tarafının denizlerle çevrili olması, su havzaları, boğazı, ormanlık alanları ve değişken yükselti yapıları ile oldukça özgün bir iklim sergilemektedir. Bu nedenle kentte yapılacak iklimsel çalışmalara birçok parametrenin etken olduğu görülmektedir.

İstanbul'un iklimi Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş özelliği göstermektedir. Bu nedenle daha çok ılıman yapı sergilemektedir. Güneyde, Marmara Denizi kıyılarında, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık geçerken, kuzeye çıkıldıkça, Karadeniz kıyılarında yazlar daha ılık ve yağışlı, kışlar serin geçmektedir.

Kentin kuzeyinde bulunan orman alanlarından dolayı iklim kuzey ve güney yönlü olarak değişim göstermektedir. Şehrin kuzey tarafında orman bitki örtüsü yaygın olduğundan, yazları daha serin özellik göstermektedir. Fakat yapılmış olan 3. Havalimanı, 3. Köprü, bağlantı yolları ile bunlara bağlı olarak kentleşmenin bu yönde ilerleyeceği beklentisi, iklimsel anlamda İstanbul'da önemli değişikliklerin olacağını haber vermektedir.

3.3. Yöntem

Kentsel iklim, kentlerin barındırdığı birçok parametreye de bağlı olarak, oldukça karmaşık yapı sergilemektedir. Bu sistemin sağlıklı bir şekilde ele alınıp modellenmesi için çağımızın getirdiği teknolojilerden yararlanmakla birlikte disiplinler arası ortak çalışmaları da arttırmak gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılacak verilerin güncel olması ve izlenecek yöntemler elde edilecek başarıyı da etkilemektedir (Bugs vd., 2010; Özşahin ve Kaymaz, 2015). Bu nedenle, yapılacak olan planlama çalışmalarında CBS, uzaktan algılama ve simülasyon yöntemlerinin kullanılması, çağımızın gereği olarak kaçınılmaz hale gelmiştir.

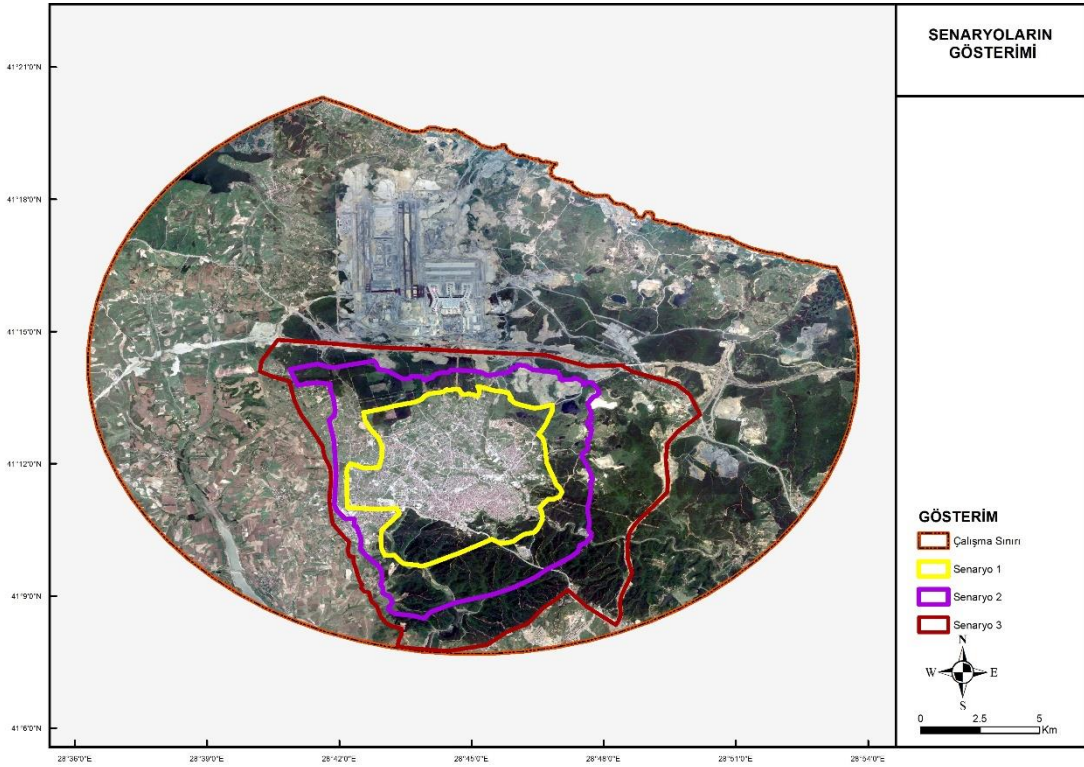
Bu tezde 3. Havalimanı ve 3.Köprü bağlantı yollarının Arnavutköy bölgesinde yaratacağı kentsel iklim değişikliğinin tahmin edilmesinde kullanılacak parametreler ile yüzey sıcaklığı arasındaki doğrusal olmayan ilişkinin araştırılabilmesi için yapay sinir ağı (YSA) algoritması kullanılmıştır. Simülasyon dört aşamalı olarak uygulanmıştır. İlk simülasyonda, havalimanı yapılmadan önceki yıllardan yararlanılarak 2017 yılına ait tahmini yüzey sıcaklığı elde edilmiştir. Ardından elde edilen bu tahmini yüzey sıcaklığı ile orijinal yüzey sıcaklığı karşılaştırılarak aralarındaki korelasyona bakılmıştır. Böylece simülasyonun başarısı test edilmiştir. Elde edilmiş en başarılı simülasyon sonucuna ait parametreler, gelecek senaryolarına ait simülasyonlarda kullanılmak üzere saklanmıştır.

Daha sonra 3.Havalimanı ve 3.Köprü bağlantı yollarıyla kentin şekil 3.2’de verilmiş olan yönlerdeki gibi genişleyeceği tahmin edilmiştir.

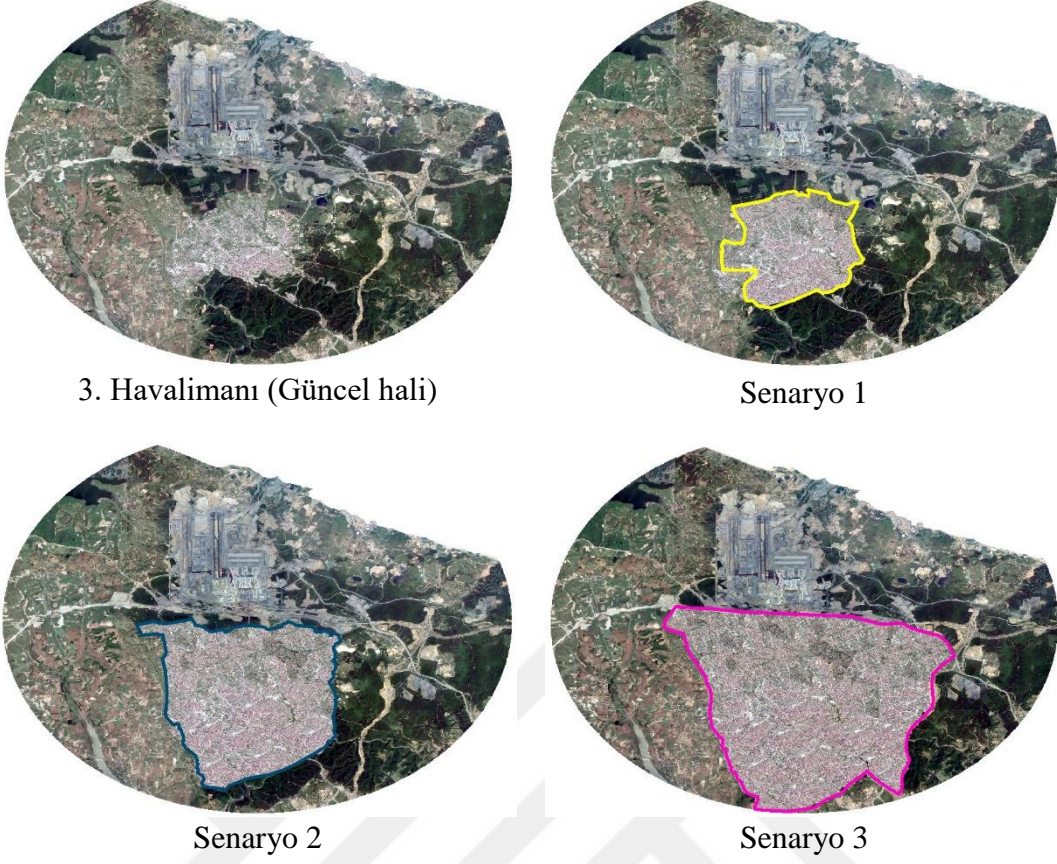


Şekil 3.2 Kentin genişleme yönü

Kentin bu genişlemesi üç senaryo ile tanımlanmıştır. Tanımlanmış olan bu senaryolar şekil 3.3’te gösterilmiştir. Bu senaryolara göre kentsel doku nakilleri yapılmış ve her senaryo için ayrı bir simülasyon yapılmıştır. Uygulanan bu kentsel doku nakilleri ise şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Senaryoların gösterimi



Şekil 3.4 Senaryolar (1-2-3)

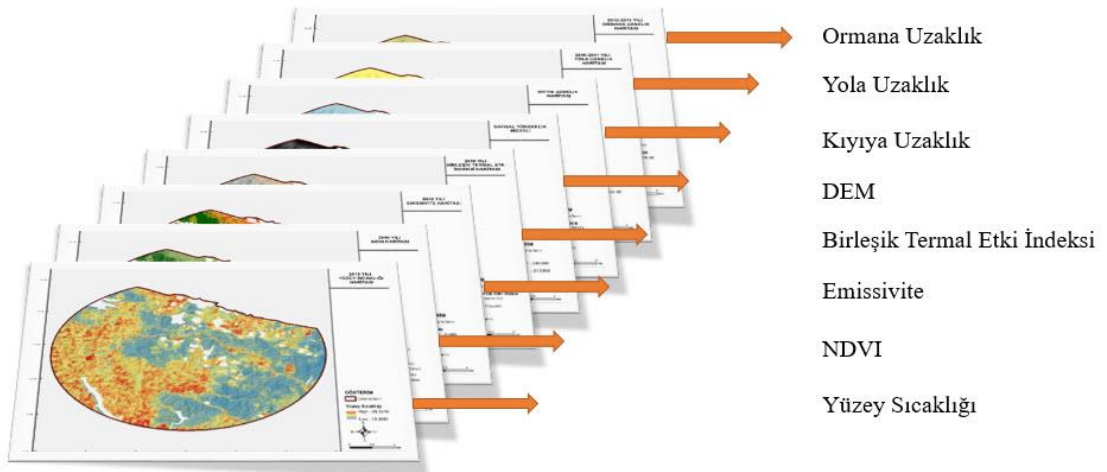
Kentsel doku tipi taşınma işlemi yapılırken ilk olarak kentin nereye genişleyeceği tanımlanmış ardından kentsel doku tipinin yüzey özellikleri kopyalanarak değişecek bölgeye taşınmıştır (Şekil 3.5). Bu işlem yapılırken, değişecek noktaların coğrafi durumu olan yükseklik bilgisi, yola, kıyıya ve ormana uzaklık bilgileri değiştirilmemiş; yüzey bilgisi olan NDVI, emissivite ve birleşik termal etki indeksleri değiştirilecek bölgelere taşınmıştır.

Çalışma tekniği olarak planlamaya bütüncül bir yaklaşım göstermek, çoklu ve güncellenebilir bir veri entegrasyonu sağlayabilmek için verilerin elde edilmesinde uzaktan algılama ve CBS yöntemler; iklim simülasyonu yapılırken de yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.5 Doku taşıması

Simülasyonda girdi ve çıktı olarak Şekil 3.6’ de verilen; yüzey sıcaklığı, normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI), emissivite, birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli, kıyıya, yola ve ormana olan uzaklık verileri kullanılmıştır.



Şekil 3.6 Kullanılan veri altlıkları

Tezin yönetimi aşağıdaki (Şekil 3.7) gibi belirlenmiştir;



Şekil 3.7 Tez yönetim diyagramı

3.4. Parametrelerin Veri Altyapısı

Bu tez kapsamında, iklimsel simülasyon yapmada kullanılan parametreler; yeşil bitki örtüsü indeksi (NDVI), yüzey özelliklerini ortaya çıkaran emissivite ve birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli, ormana, yola ve deniz kıyısına uzaklık verileridir.

Bu çalışmada yüzey sıcaklıkları, NDVI, emissivite ve birleşik termal etki indeksinin oluşturulmasında uzaktan algılama teknikleri; sayısal yükseklik modeli, yola, kıyıya ve ormana olan uzaklıkların elde edilmesinde ise CBS altlıkları kullanılmıştır.

3.5. Uydu Görüntülerinin İşlenmesi

Yüzey sıcaklıkları, NDVI, emissivite ve birleşik termal etki indeksi uydu görüntülerinden işlenerek elde edilmiştir. Uydu görüntüleri olarak yaz dönemi 12.06.2010, 17.07.2011 ve 09.07.2017'ye ait Landsat 7 ve Landsat 8 verileri kullanılmıştır.

Uydu görüntülerine ait piksel değerleri, dijital değerlerle (DN) ya da parlaklık değerleri ile ifade edilmektedir. Her bir algılayıcıda farklı bir radyans değerini temsil eden dijital numaraların anlamlı hale gelebilmesi için aşağıda verilen Landsat 7 (Chander vd., 2009; USGS, 2016) için (3.1), Landsat 8 (USGS,2018) için ise (3.2) formülleri kullanılarak radyometrik düzeltmeleri yapılmıştır.

$$L\lambda = \frac{L \max \lambda \cdot L \min \lambda}{Q_{cal \max} - Q_{cal \min}} \cdot (Q_{cal} - Q_{cal \min}) + L \min \lambda \quad [3.1]$$

($Q_{cal \max}=255$, $Q_{cal \min}=0$)

$$L\lambda = Ml \cdot Q_{cal} + Al \quad [3.2]$$

Bantların radyans düzeltmesinin yapılmasının ardından, aşağıdaki [3.3] formülden yararlanılarak reflektans dönüşümü yapılmıştır. Bu reflektans dönüşümünün üç avantajı vardır. İlki, verilerin toplanma tarihleri arasında, zaman değişimi olmasından kaynaklı, farklı güneş açılarının kosinüs etkisini ortadan kaldırmasıdır. İkincisi, reflektansa dönüşüm ile spektral bant farklılıklarından kaynaklanan, atmosferin dışındaki farklı güneş ısınım değerlerini dengelemesidir. Üçüncüsü ise farklı veri toplama tarihleri arasındaki Dünya – Güneş arasındaki mesafe değişimini düzeltmesidir (Chander vd., 2009; USGS, 2016).

$$P\lambda = \frac{\pi \cdot L\lambda \cdot d^2}{E_{sun\lambda} \cdot \cos(Q_{SZ})} \quad [3.3]$$

$$Q_{SZ} = 90 - Q_{SE}$$

$$E_{sun\lambda} = \frac{\pi \cdot L \max \lambda \cdot d^2}{L \max \mu}$$

Bantların radyans ve reflektans dönüşümleri yapıldıktan sonra yüzey sıcaklığının hesaplanabilmesi için yüzey yansıtım karakterini ortaya çıkaran NDVI ve emissivite değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Farklı arazi türlerinin tespitinde kullanılan NDVI aşağıdaki [3.4] formüle göre hesaplanmıştır (Jeevalakshmi vd., 2017). Emissivite'nin elde edilmesinde ise NDVI'a ek olarak bitki örtüsü oranı (P_v) gerekmektedir (Enric ve Vicente, 1996). P_v , NDVI'nın saf piksel değerleri ile temsil edilen bitki örtüsü ($NDVI_v = 0.5$) ile çıplak toprak ($NDVI_s = 0.2$) oranıdır ve aşağıdaki [3.5] formül kullanılarak hesaplanmıştır (Jeevalakshmi vd., 2017).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [3.4]$$

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad [3.5]$$

Emissivite (ϵ), siyah cisim ışınlamını (Planck yasası), yayılan ışınlamı tahmin etmek için ölçeklendiren bir orantılılık faktörüdür. Bu nedenle yüzey sıcaklığının elde edilmesinde bilinmesi gereken bir parametredir (Jiménez-Muñoz vd., 2006). Emissivite aşağıda [3.6] verilen formüle göre hesaplanmıştır. Formüle göre ϵ_w , ϵ_v , ϵ_s sırasıyla su, bitki ve çıplak toprak emissivitesidir ve bu değerler Landsat 7 ve Landsat 8 uydu görüntülerinde farklı olmaktadır. Landsat 7 (Mallick vd., 2008) ve Landsat 8 için (Jeevalakshmi vd., 2017) emissivite değerleri olarak Çizelge 3.1’deki değerler kullanılmıştır. Formüldeki C değeri ise sabit olup 0.005 alınmaktadır. Emissivite hesabında dört ana arazi örtüsü yansıtımının Landsat 8 için bant 10’da Landsat 7’de ise bant 6’da olduğu düşünülmektedir. Buna göre; NDVI’nin 0’dan küçük olduğu yerler su emissivitesi (ϵ_w), 0 ile 0.2 ($NDVI_s$) arasında olduğu yerler çıplak toprak (ϵ_s), 0.2’den büyük eşit, 0.5’den ($NDVI_v$) küçük olduğu yerler ise bitki örtüsü ve çıplak toprak örtüsü karışımı olarak düşünülür ve [3.6] daki eşitlik kullanılmaktadır. Son olarak ise NDVI’nin 0.5 den büyük olduğu alanlar, bitki örtüsü olarak kabul edilmektedir (Jeevalakshmi vd., 2017).

$$\epsilon_{\lambda} = \begin{cases} \epsilon_{w\lambda} & NDVI < 0 \\ \epsilon_{s\lambda} & NDVI < NDVI_s \\ \epsilon_{v\lambda}P_v + \epsilon_{s\lambda}(1 - P_v) + C & NDVI_s \leq NDVI < NDVI_v \\ \epsilon_{v\lambda} + C & NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad [3.6]$$

Çizelge 3.1 Uydu görüntülerine ait emissivite değerleri

	Landsat 7	Landsat 8
ϵ_w	0,989	0,991
ϵ_s	0,914	0,966
ϵ_v	0,978	0,973

Yüzey sıcaklık (T_s) değerini elde etmek için gerekli olan radyasyon parlaklığı $L\lambda(T_s)$ değeri aşağıdaki [3.7] formülünden elde edilmiştir (Adu vd., 2005). Formüldeki $L\lambda_{atm\uparrow}$ ve $L\lambda_{atm\downarrow}$ değerleri atmosferik aşağı ve yukarı radyasyon değerlerini ve τ değeri ise atmosferik geçirgenliği ifade etmektedir. Bu değerler, kullanılan uydu görüntülerinin tarihleri ile saatlerinin kullanılması ile NASA’nın internet sitesinden alınmıştır.

$$L\lambda(T_s) = \left(\frac{L\lambda - L\lambda_{atm\uparrow}}{\tau \cdot \epsilon\lambda} \right) - \left(\frac{1 - \epsilon\lambda}{\epsilon\lambda} \cdot L\lambda_{atm\downarrow} \right) \quad [3.7]$$

Bu işlem aşamalarının ardından, yüzey sıcaklık değeri aşağıdaki sadeleştirilmiş formül 3.8'den elde edilmiştir (Adu vd., 2005). Formüldeki bant n değeri, kullanılan uydu görüntülerindeki termal bantların sabit değerleridir. Bu termal bantlar, Landsat 7 için bant 6, Landsat 8 için ise bant 10 dur.

$$Ts = \frac{K2 \text{ Bant}N}{\ln\left(\frac{K1 \text{ Bant}N}{L\lambda Ts} + 1\right)} \quad [3.8]$$

Elde edilen yüzey sıcaklık değeri kelvin birimindedir, bu yüzden celcius birimine dönüşümü yapılmıştır.

Uydu görüntülerinin işlenmesinin ardından, simülasyonda kullanılacak olan NDVI, emissivite, birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli ve yüzey sıcaklığı gibi raster veriler ile kıyıya, yola ve ormana olan uzaklık gibi coğrafi (vektör) verileri ilişkilendirmek için normalize edilmiş bitki örtüsü indeksini gösteren raster, nokta verisine dönüştürülmüştür. Böylece her bir piksel nokta veri tabanında ifade edilmiş ve diğer veriler ile ilişkilendirilmiştir.

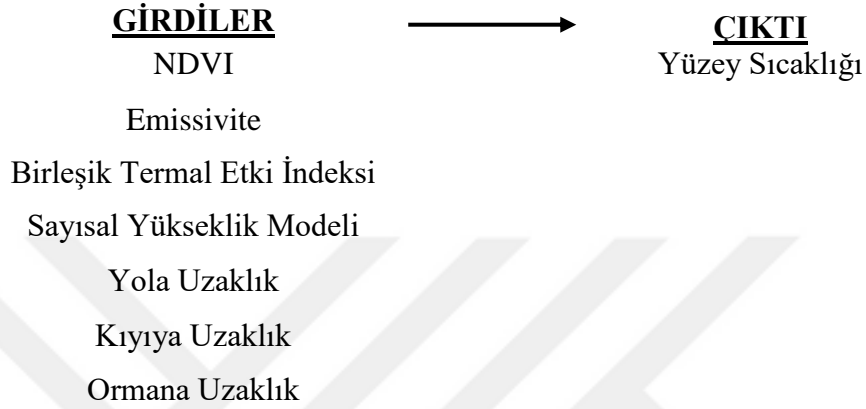
3.6. CBS Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritaların Hazırlanması

Son yıllarda hızla gelişen kentler ile birlikte, yapılacak olan kentsel planlamaların yapıları gereği karmaşık olmasından dolayı olabildiğince kapsamlı, güncel araç ve yöntemler kullanılarak yapılması gerekmektedir (Bugs vd., 2010). Günümüzde daha sağlıklı planlamalar yapmak ve daha doğru kararlar alabilmek için CBS tekniklerinden yararlanılmaktadır (Özşahin ve Kaymaz, 2015).

Kent iklimini daha iyi anlamak, kentleşmeyle birlikte olabilecek iklim değişikliğini daha iyi tahmin etmek için, kent yüzeyini ve mekânsal ilişkisini tanımlamak çok önemlidir. CBS ise kentsel yüzey karmaşasını analiz etmek ve göstermek için oldukça kullanılabilir bir sistemdir. (Crawford vd., 2004)

Birçok kurum ve kuruluş tarafından yaygın olarak kullanılan CBS, kentsel planlamaya yönelik çalışmalarda çok sayıda imkân sunmaktadır. CBS; verilerin toplanabildiği, saklanabildiği, analiz edilebildiği ve daha birçok avantajı bulunan bir sistemdir. Bu sistem hem mekânsal verilerin hem de sözel verilerin birlikte düzenlenmesini ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Böylece kullanıcılara, veriler arası ilişki kurmasını ve modellemeler yapmasını sağlayarak daha kolay kullanımı olan bir sistem sunmaktadır.

Bu tezde simülasyonda kullanılacak olan veri altlıklarının ve veri tabanının hazırlanmasında CBS yöntemi kullanılmıştır. Simülasyonda girdi ve çıktı olarak Şekil 3.8 de sunulan normalize edilmiş bitki endeksi (NDVI), emissivite, birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli, yola, kıyıya ve ormana olan uzaklık verileri girdi olarak, yüzey sıcaklığı ise çıktı olarak kullanılmıştır. Verilerin oluşturulması ve veri tabanının hazırlanması aşağıda anlatılmıştır.



Şekil 3.8 Kullanılan girdi ve çıktı verileri

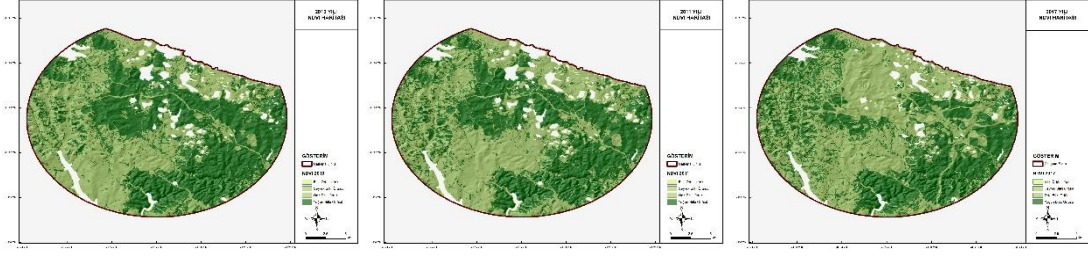
3.6.1. Veriler

3.6.1.1. Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Uzaktan algılama görüntüleri ile elde edilen spektral bitki örtüsü indeksleri arasında en yaygın kullanılanı normalize edilmiş bitki örtüsü indeksidir (NDVI) (Tucker, 1979). Aşağıda hesaplama formülü [3.9] verilmiştir (Di vd., 1994).

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red) \quad [3.9]$$

Yukarıdaki formüle göre NIR kızılötesi bantın spektral değeri Red ise kırmızı bantın spektral değeridir. Aşağıda simülasyonda kullanılan yıllara ait oluşturulan NDVI haritaları sunulmuştur (Şekil 3.9) Bu haritalara göre bölgede 2010 yılından 2017 yılına bitki örtüsü yoğunluğunda azalma görülmektedir.



Şekil 3.9 Yıllara ait NDVI haritaları

NDVI, temel olarak büyüyen bitki örtüsünde bulunan, klorofil ve diğer pigmentlerin soğurma yapmasıyla oluşan düşük kırmızı yansıtıma, yeşil yaprakların ise içerdiği mezofil yapısının, iç yansımalar yapması ile yüksek kızılötesi yansıtımına dayanmaktadır (Gausman, 1985). NDVI -1 ile +1 değerleri arasındadır. Burada negatif değerler bitkilerin yoksun olduğu bölgeleri, pozitif değerler ise bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeleri temsil etmektedir (Myneni, 1995).

Bitki örtüsü, kızılötesinde yüksek bir şekilde yansıtıma sahipken kırmızı bölgede ise daha düşük bir yansıtıma sahiptir. Bu nedenle indeks pozitifdir. NDVI'in 0.5 den büyük olduğu değer aralığı sıkı bitki örtüsüne sahipken orman gibi, 0.2 ile 0.5 aralığı daha seyrek bitki örtüsüne sahiptir. Çıplak kaya, asfalt, beton gibi yüzeylerin kırmızı ve kızılötesi yansıtımı neredeyse eşittir. Bu yüzden NDVI değerleri 0'a yaklaşmaktadır.

Su yüzeyleri ise yüksek kırmızı yansıtıma ve düşük kızılötesi yansıtıma sahiptir. Bu nedenle değer -1'e yaklaşmaktadır. Böylece her hücrede su, birikme ve vejetasyon yüzeylerinin oranı bu indeks ile belirlenebilir (Balazs vd., 2009). Kentsel ortamdaki bitkisel yoğunluk sınıflandırılması 3.2 nolu çizelgede gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 Bitki örtüsü sınıflandırılması (Kuşçu Şimşek, 2013)

NDVI Aralık Değerler	Yüzey Tipi
$NDVI < 0$	Bitki örtüsü yok
$0 \leq NDVI < 0.2$	Seyrek bitki örtüsü
$0.2 \leq NDVI < 0.5$	Orta bitki örtüsü
$NDVI \geq 0.5$	Yoğun bitki örtüsü

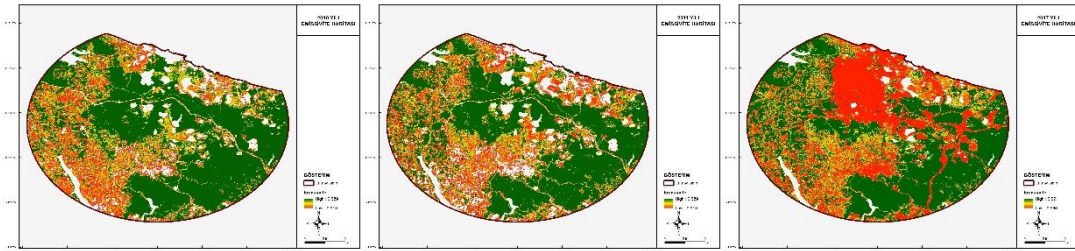
NDVI, bitki örtüsü olan yeşilliğin ve canlılığın genel bir göstergesi olarak kullanılabilir (Lenney vd., 1996). İklim faktörleri olan yağış ve sıcaklığın bir bölgedeki farklılıkları, NDVI'deki değişimler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Wang vd., 2003). Bu nedenle diyebiliriz ki bitki örtüsü ile kent iklimi arasında bir korelasyon vardır. Kentlerdeki yeşil

alan yoğunluğun artırılmasının, kentsel sıcaklığın iyileştirilmesinde etkili ve ekonomik bir yol olduğu gösterilmiştir (Yu ve Hien, 2006; Qui vd., 2017)

Yeşil alanların kent iklimi üzerindeki bu etkileri dikkate alındığında, bu çalışmada bir yeşil alan indeksi olan NDVI'nin kullanımı tercih edilmiştir. Simülasyonda 2017 yılının ve kentsel büyüme senaryoları sonucunda değişecek yüzey sıcaklığının tahmin edilmesinde, girdi verilerinden birisi NDVI seçilmiştir.

3.6.1.2. Emissivite Verisi

Emissivite, kara cisim ışımasını (Planck yasası) ölçeklendirerek yüzeyde yayılan ışımayı tahmin ederek, yüzeydeki termal enerjiyi atmosfere iletmektedir. Bu nedenle yüzey sıcaklığının doğru bir şekilde hesaplanmasında emissivite önemli bir faktördür (Vaughan vd., 2003). Yukarıda [3.6] daki formülde nasıl elde edildiği açıklanmıştır. Simülasyonda kullanılan yılların emissivite haritaları aşağıda (Şekil 3.10) sunulmuştur. Bu haritalardaki değişime göre 2010 ve 2011 yıllarında yeşil renkle temsil edilen bitki örtüsünün yerini 2017 yılında, ağırlıklı olarak 3. Havalimanına yakın olan bölgelerde kırmızı ile gösterilen çıplak yüzey ve betonlar almıştır.



Şekil 3.10 Emissivite haritaları

Emissivite dalga boyuna bağlı, spektral özellikteki farklılıklarında içermekte ve buna bağlı olarak yüzey özelliği belirlenebilmektedir. Bu yüzden emissivite yüzey malzemelerinin haritalanmasında da kullanılabilir (Vaughan vd., 2003). Bu çalışmada da emissivite aralıklarından yararlanarak yüzey su içeriği, toprak içeriği, seyrek bitki örtüsü (toprak ve bitki örtüsü karışımı) ve yoğun bitki örtüsü olarak tanımlanmıştır.

3.6.1.3. Birleşik Termal Etki İndeksi

Birleşik termal etki indeksi, Tasseled cap verileri kullanılarak elde edilmiştir. Tasseled cap dönüşümü, spektral verileri birkaç bantta sıkıştırarak, fiziksel karakteristiklerini ortaya çıkartmak için kullanılan bir araçtır (Crist ve Cicone, 1984). Bu fiziksel özellikler cisimlerin parlaklığı, yeşilliği ve ıslaklığıdır. Bu çalışmada landsat 7 için (Crist, 1985)

kullanmış olduğu çizelge 3.2 ve Landsat 8 için (Baig vd., 2014) kullanmış olduğu çizelge 3.3 tasseled cap'e dönüşüm katsayıları kullanılmış ve formül 3.10 ve 3.11'e göre gerekli hesaplamalar yapılarak bu indeks elde edilmiştir.

Çizelge 3.3 Landsat 7 için Tasseled Cap Dönüşüm Katsayıları

İndeks	Bant 1	Bant 2	Bant 3	Bant 4	Bant 5	Bant 7
Parlaklık (P)	0.3561	0.3972	0.3904	0.6966	0.2286	0.1596
Yeşillik (G)	0.3344	0.3544	0.4556	0.6966	0.0242	0.2630
Islaklık (W)	0.2626	0.2141	0.0926	0.0656	0.7629	0.5388

$$P = B1 * 0.3561 + B2 * 0.3972 + B3 * 0.3904 + B4 * 0.6966 + B5 * 0.2286 + B7 * 0.1596$$

$$G = B1 * 0.3344 + B2 * 0.3544 + B3 * 0.4556 + B4 * 0.6966 + B5 * 0.0242 + B7 * 0.2630$$

$$W = B1 * 0.2626 + B2 * 0.2141 + B3 * 0.0926 + B4 * 0.0656 + B5 * 0.7629 + B7 * 0.5388$$

(Formül 3.10)

Çizelge 3.4 Landsat 8 için Tasseled Cap Dönüşüm Katsayıları

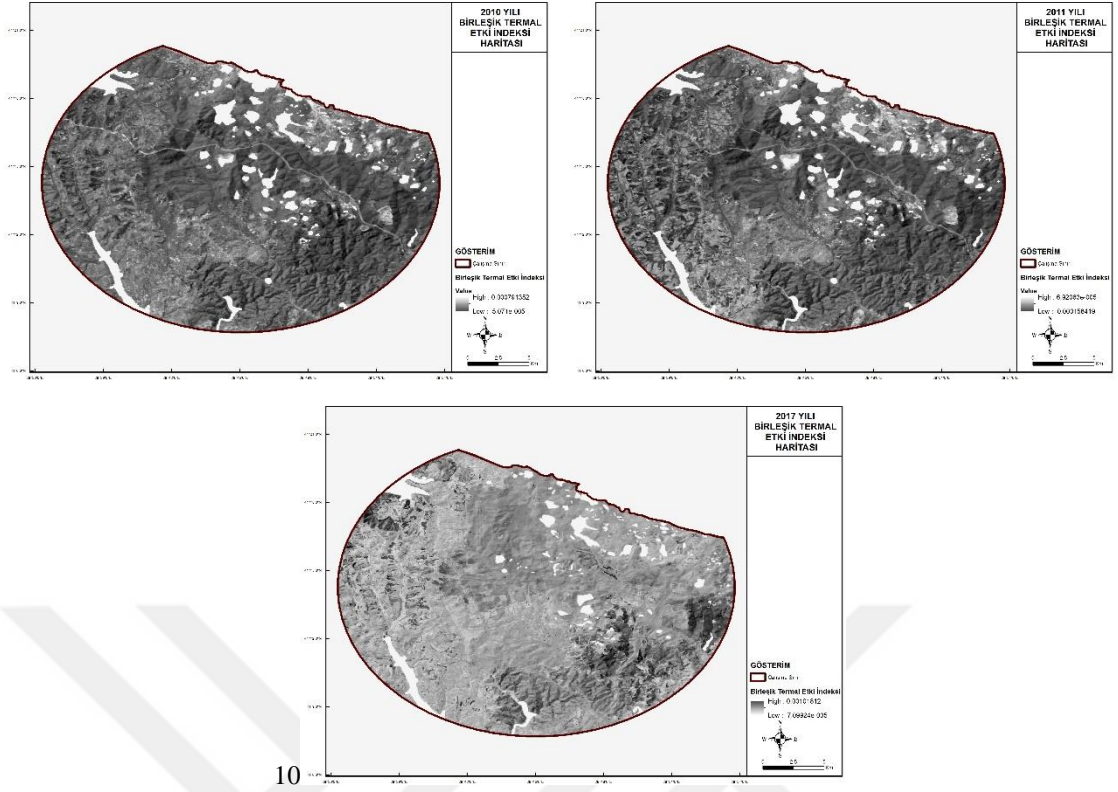
İndeks	Bant 2	Bant 3	Bant 4	Bant 5	Bant 6	Bant 7
Parlaklık (P)	0.3029	0.2786	0.4733	0.5599	0.5080	0.1872
Yeşillik (G)	-0.2941	-0.2430	-0.5424	0.7276	0.0713	-0.1608
Islaklık (W)	0.1511	0.1973	0.3283	0.3407	-0.7117	-0.4559

$$P = B2 * 0.3029 + B3 * 0.2786 + B4 * 0.4733 + B5 * 0.5599 + B6 * 0.5080 + B7 * 0.1872$$

$$G = B2 * (-0.2941) + B3 * (-0.2430) + B4 * (-0.5424) + B5 * 0.7276 + B6 * 0.0713 + B7 * (-0.1608)$$

$$W = B2 * 0.1511 + B3 * 0.1973 + B4 * 0.3283 + B5 * 0.3407 + B6 * (-0.7117) + B7 * (-0.4559)$$

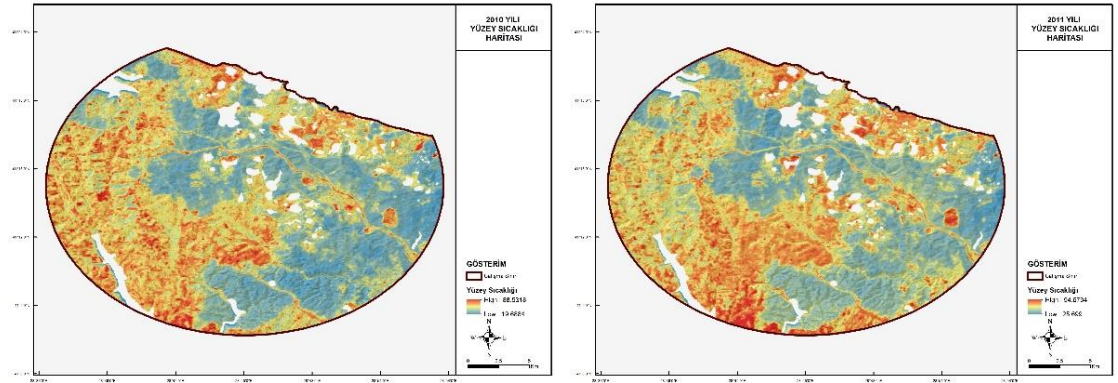
(Formül 3.11)



Şekil 3.11 Yıllara göre oluşturulan birleşik termal etki indeksi

3.6.1.4. Yüzey Sıcaklık Verisi

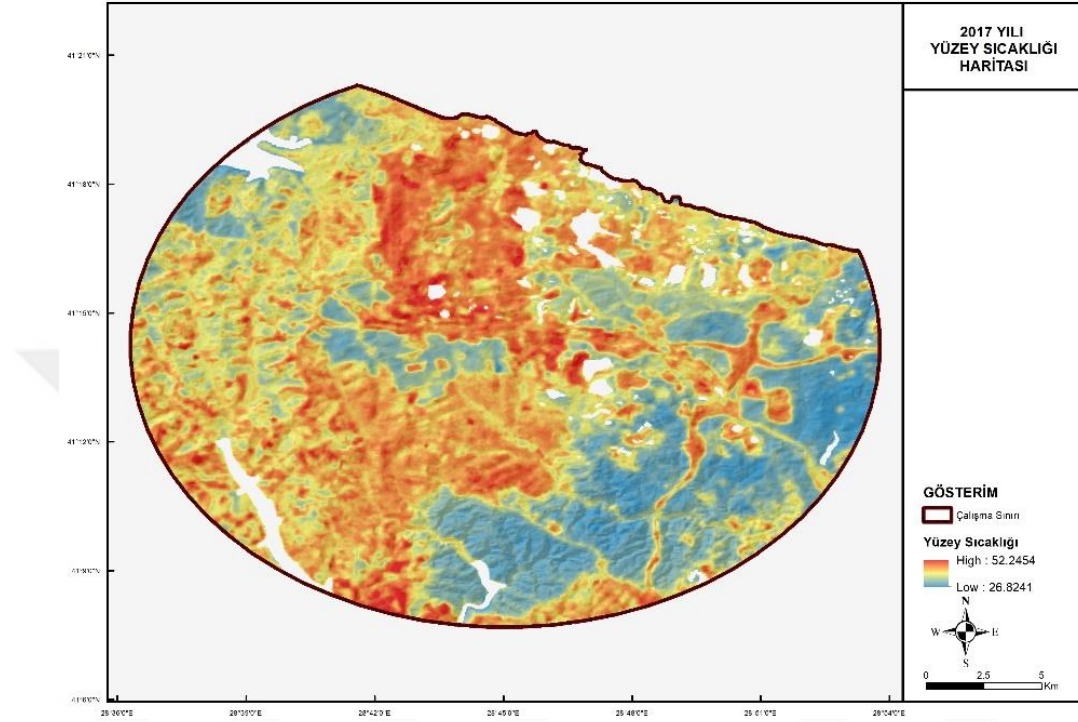
Yüzey sıcaklık değerleri uzaktan algılama teknikleri ile elde edilmiştir ve formül 3.8' de verilmiştir. Bu formüle göre elde edilen yüzey sıcaklık haritaları aşağıya eklenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 2010 ve 2011 yıllarına ait yüzey sıcaklık haritaları

Yüzey sıcaklık verilerinin oluşturulmasında 2010 ve 2011 yılları, sinir ağının eğitilmesi için girdi olarak verilmiştir. 2017 yılına ait orijinal yüzey sıcaklık verisi ise simülasyonu yapılarak tahmin edilen 2017 yılı yüzey sıcaklığı ile karşılaştırılabilmesi ve aralarındaki korelasyonun incelenebilmesi için oluşturulmuştur. Aşağıda orijinal 2017 yılı yüzey

sıcaklık haritası eklenmiştir (Şekil 3.13). Oluşturulan bu haritalarda, 2017 yılının yüzey sıcaklığı ile 2010 ve 2011 yıllarına ait yüzey sıcaklıkları arasında, 3. Havalimanı ve 3.Köprü bağlantı yollarının olduğu bölgelerde bir değişim görülmektedir. Bu değişim ise kentsel ısınmanın arttığı yönündedir.



Şekil 3.13 Orijinal 2017 yılı yüzey sıcaklık haritası

İklim tahmini yapılırken çözülmesi gereken temel problem, çalışmada kullanılan yıllardaki günlük sıcaklık değişimlerinin iklim değişimini vermemesidir. Bu sıcaklık değişimleri o günün meteorolojik koşullarını ifade etmektedir. Yani bugün hava sıcaklığı 25 iken yarın hava sıcaklığının 32 olması iklim değişimini ifade etmemektedir, bu nedenle de karşılaştırma yapılamamaktadır. Sıcaklık verilerinin karşılaştırılabilir hale getirilmesi için, yüzey sıcaklıkları kullanılırken orijinal değerleri kullanmak yerine bir oran kullanılmıştır. Bu oran, termal görüntüdeki her pikselin sıcaklık değerinin o günkü ortalama sıcaklık değerine bölünmesi ile hesaplanmıştır (Formül 3.12).

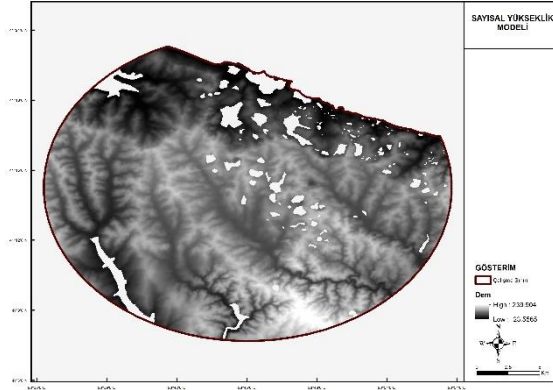
$$T_{oran} = \frac{T}{T_{ort}} \quad [3.12]$$

T=Piksel sıcaklık değeri, T_{ort} = Tüm piksellerin ortalama sıcaklık değeri

Bu formüle göre t yılında ortalamanın altında kalan bölge t+1 yılında ortalamanın üstünde kalıyorsa bölgenin ısındığı, tam tersi durumda ise bölgenin soğuduğu kabul edilmiştir.

3.6.1.5. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

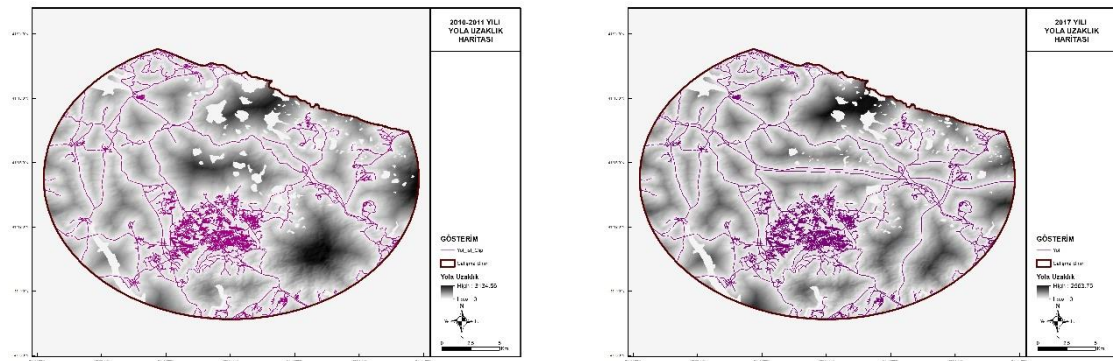
Yükseklik topografya ile ilgili bir kavramdır. İklim üzerinde de topografyanın etkisi olması nedeniyle, simülasyonda girdi verisi olarak sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Aşağıda sayısal yükseklik modeli haritası verilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 DEM haritası

3.6.1.6. Yola Olan Uzaklık

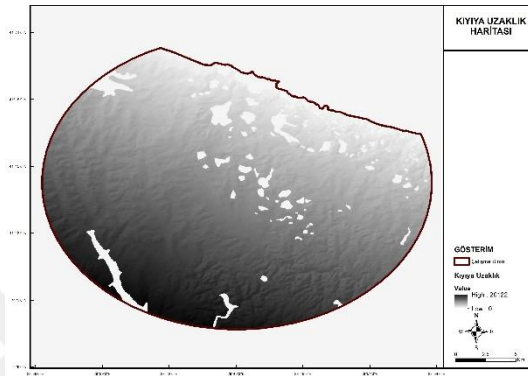
Kentsel alanda yapmış oldukları (Chen vd., 2006), çalışma sonuçlarına göre şehirde en yüksek sıcaklıkların sırasıyla yollarda, yerleşim yerlerinde daha sonra rekreasyon alanlarında (golf sahası gibi) ve yol boyunca dağılmış olan alanlarda olduğu görülmüştür. Bu bilgidenden de yola çıkarak, bu çalışmada, yola yakınlık bilgileri faktör olarak kullanılmıştır. Her bir nokta verisinin yola olan mesafesi ArcGIS programı yardımı ile en yakın uzaklık analizi kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmada 2 adet yol verisi hazırlanmıştır. İlki 2010 ve 2011 yılları için diğeri ise havalimanının yapılması ve mevcut yollara yenilerinin eklenmesi ile oluşturulan 2017 yılına ait yol verisidir. Oluşturulan yola uzaklık haritaları aşağıda verilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Yola uzaklık haritaları

3.6.1.7. Deniz Kıyısına Olan Uzaklık

Çalışma alanı olan İstanbul, coğrafi olarak 3 tarafı denizlerle çevrilidir (Karadeniz, Marmara Denizi ve bu denizleri birbirine bağlayan boğaza sahiptir). Dolayısıyla, deniz esintilerine açık bir coğrafi yapı sergilemektedir. Kıyıdan gelen esintilerin oluşturacağı iklimsel farkın göz önünde bulundurulması için kıyıya olan uzaklık, faktör olarak alınmıştır. Kıyı çizgisi oluşturulduktan sonra en yakın uzaklık analizi yapılarak her bir noktanın kıyıya uzaklığı üzerinden kıyıya uzaklık haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Kıyıya uzaklık haritası

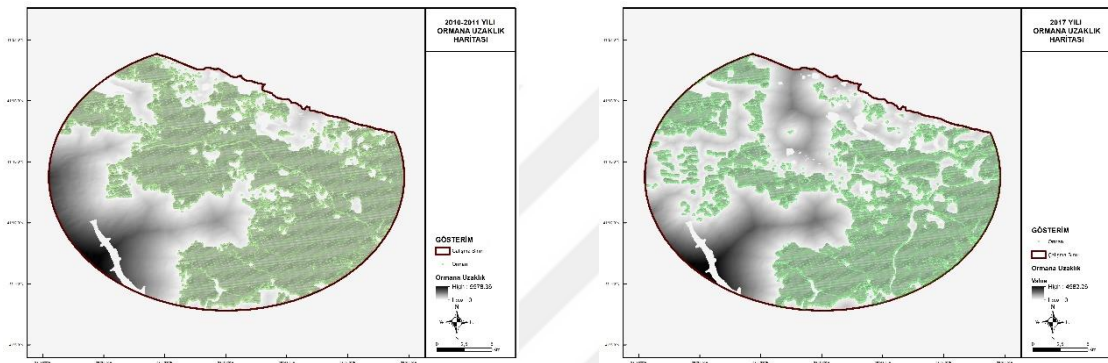
3.6.1.8. Ormana Uzaklık

İstanbul'un kuzeyinde yer alan orman alanları, kentin akciğerleri görevini yerine getirerek hem hava kirliliğini hem de kent iklimini düzenlemektedir. Boğazlar, haliçler, lagünler ve vadiler, deniz ve ormanları bağlayarak, kentin ısınısını düşüren ve havasının temizlenmesinde rol oynayan önemli doğal kaynaklardır (Kuşçu Şimşek, 2013).

Son dönemde yapılan üçüncü köprü, üçüncü havalimanı ve kuzeye yönelen yüksek katlı prestij projelerinin, orman alanlarının ve su havzalarının tahribine neden olmasının yanı sıra; metropolün bir dünya kenti olmasında, yaşam konforu açısından en önemli özelliklerinin biri olan iklim avantajı için de tehdit oluşturmaktadır (Kuşçu Şimşek ve Şengezer, 2012). Ormanların iklim üzerindeki etkisi düşünülerek bu çalışmada ormana olan uzaklık verisi parametre olarak kullanılmıştır.

Veri oluşturulurken çizelge 3.2'deki NDVI göre olan bitki yoğunluğu aralıkları dikkate alınmıştır. Buna göre $NDVI \geq 0.5$ olduğu aralık yoğun bitki örtüsü orman olarak kabul edilmiştir. NDVI'nın 0.5'den büyük eşit olduğu alanlar seçilirken, bu seçim kent içindeki küçük parkları ya da yeşillik alanları da gösterebilmektedir. Bunlar dikkate alınarak sadece ormanlık alanlar seçilmiştir. Ormanlık alanlar elde edildikten sonra en yakın

uzaklık analizi yapılarak veri tabanına eklenmiştir. Çalışmanın ilk simülasyonu olan 2017 yılı yüzey sıcaklığının tahmin edilmesinde üç adet orman verisi hazırlanmıştır. Bunlar, havalimanı yapılmadan önceki 2010 ve 2011 yılları ile 3. Havalimanı yapıldıktan sonraki 2017 yılına ait olan orman verileridir. Hazırlanan ormana uzaklık haritaları Şekil 3.17’de gösterilmektedir. Bu haritalara göre çalışma alanının kuzey bölgesinde ormana olan uzaklığın arttığı görülmektedir. Ayrıca kentsel büyüme senaryoları uygulanırken “üç senaryo” için genişleyecek olan kent göz önünde bulundurularak, o bölgelerdeki ormanlık alanlar çıkarılmış ve noktaların ormana uzaklığı yeniden güncellenmiştir. Bu işlemlerde her senaryo için ayrı bir orman sınır verisi oluşturulmuştur.



Şekil 3.17 Ormana uzaklık haritaları

3.6.2. Verilerin İlişkilendirilmesi Aşaması

Uydu görüntüsü üzerinden uzaktan algılama tekniği yardımıyla elde edilen çalışma alanına ait seçilmiş olan bir görüntü üzerinden nokta verisi elde edilmiş, bunlar diğer veriler ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada nokta verisi kullanılmasının amacı simülasyon için gerekli olan matrisi oluşturabilmektir. Çalışmadaki yola ve kıyıya uzaklık gibi vektörel veriler CBS yardımıyla veri tabanına eklenmiştir. Emissivite, birleşik termal etki indeksi ve yüzey sıcaklığı gibi raster verilerin ise piksel değerleri nokta veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 3.18).

Çalışma alanı içerisinde birçok su havzası bulunmaktadır. Suyun yansıtım değeri yüzey yansıtım değerinden farklı olduğu için çalışma alanı içerisinde bulunan su havzaları veri tabanından çıkarılmıştır.

OBJECTID	Shape	pointid	NDVI	Emissivity	Birlesik T. Etki İnd	Yüzev S. Ort.	DEM	Kıyı Uzaklığı	Yol Uzaklığı	Orman Uzaklığı
1	Point	1	0,101275	0,9668	-0,000001	0,890959	0,977716	30	266,392943	254,558441
2	Point	2	0,113405	0,9668	0	0,866836	0,654009	0	272,177692	276,586334
3	Point	3	0,129934	0,9668	-0,000001	0,833667	0,381084	0	254,833437	271,661554
4	Point	4	-0,240399	0,991	-0,000002	0,775158	0,219231	0	232,062501	270
5	Point	5	0,131709	0,9668	0,000002	0,99049	2,801447	94,86833	234,957277	192,093727
6	Point	6	0,148353	0,9668	0	0,975422	2,42667	67,082039	233,923958	212,132034
7	Point	7	0,142217	0,9668	-0,000001	0,960721	1,826184	42,426407	236,719062	234,30749
8	Point	8	0,141747	0,9668	0	0,941664	1,221562	30	243,210629	247,386338
9	Point	9	0,131373	0,9668	0	0,915349	0,711792	30	235,30181	241,867732
10	Point	10	0,052773	0,9668	-0,000004	0,878741	0,409481	21,213203	212,530873	240
11	Point	11	-0,08229	0,991	-0,000006	0,819229	0,10717	0	189,759937	241,867732
12	Point	12	-0,249949	0,991	-0,000005	0,789169	-0,19514	0	166,989001	247,386338
13	Point	13	0,300984	0,974009	-0,000009	0,995595	4,930875	161,554944	220,101441	134,164079
14	Point	14	0,269245	0,972839	-0,000005	1,00288	4,707604	134,164079	210,618471	150

Şekil 3.18 Veri tabanı

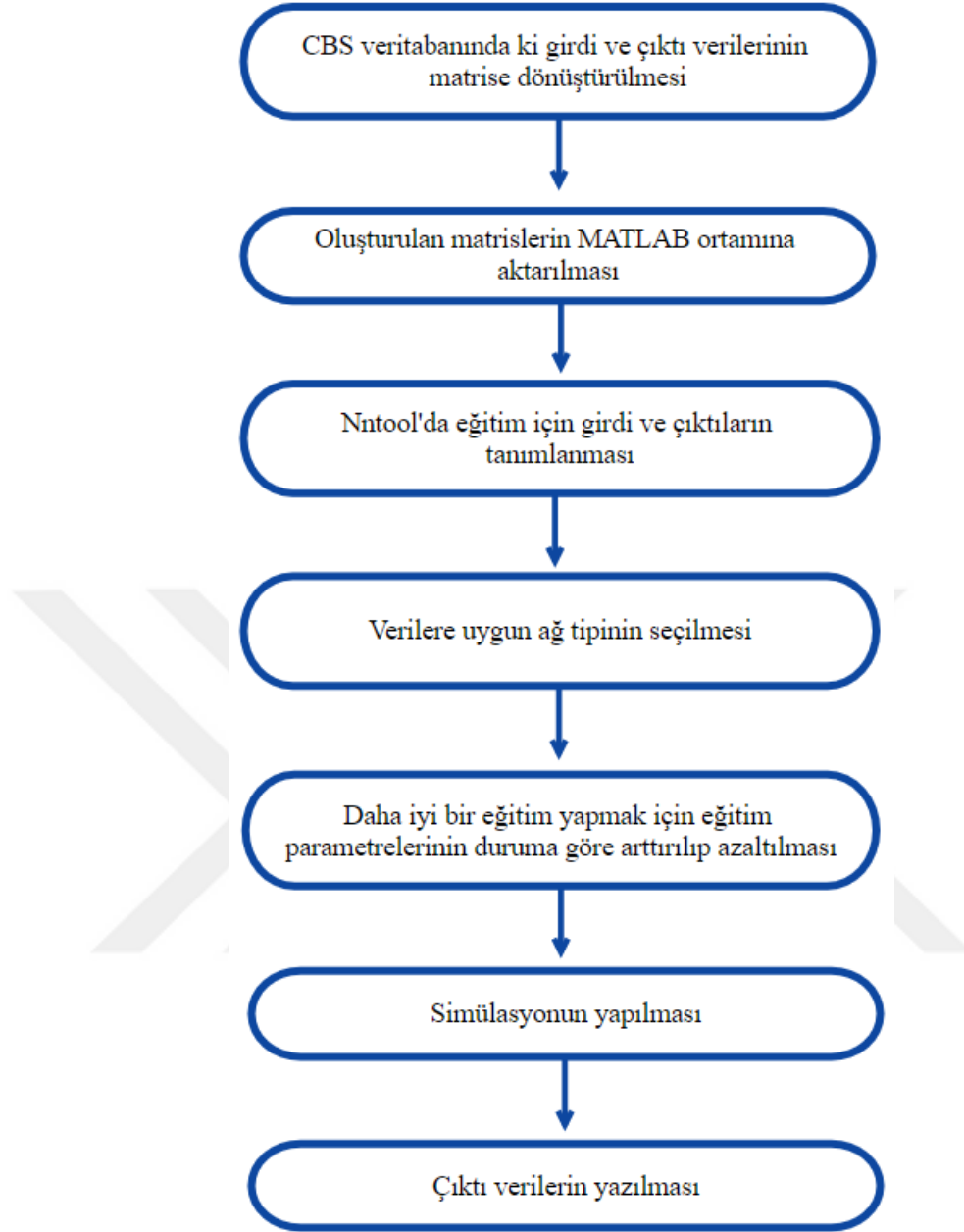
3.7 Yapay Sinir Ağları ile Simülasyonun Yapılması

Bu çalışmada iklim simülasyonu yapılırken MATLAB programındaki yapay sinir ağları ara yüzünden faydalanılmıştır. Simülasyonun yapılmasında aşağıdaki işlem adımları izlenmiştir (Şekil 3.19).

Yapılan simülasyonda eğitim seti olarak 2010 ve 2011 yıllarının girdi ve çıktı matrisleri, simüle edilecek yıl olarak ise 2017 yılının sadece girdi verisi seçilmiştir. Çalışmada YSA parametreleri değiştirilerek birçok model denenmiştir. Veri tipine en uygun ağ tipi olarak ileri beslemeli geri yayılım, transfer fonksiyon olarak ise kullanılan verilerin doğrusal olmaması nedeniyle logaritmik fonksiyon olan logsig seçilmiştir. Oluşturulan simülasyon ağı şekil 3.20’de sunulmuştur.

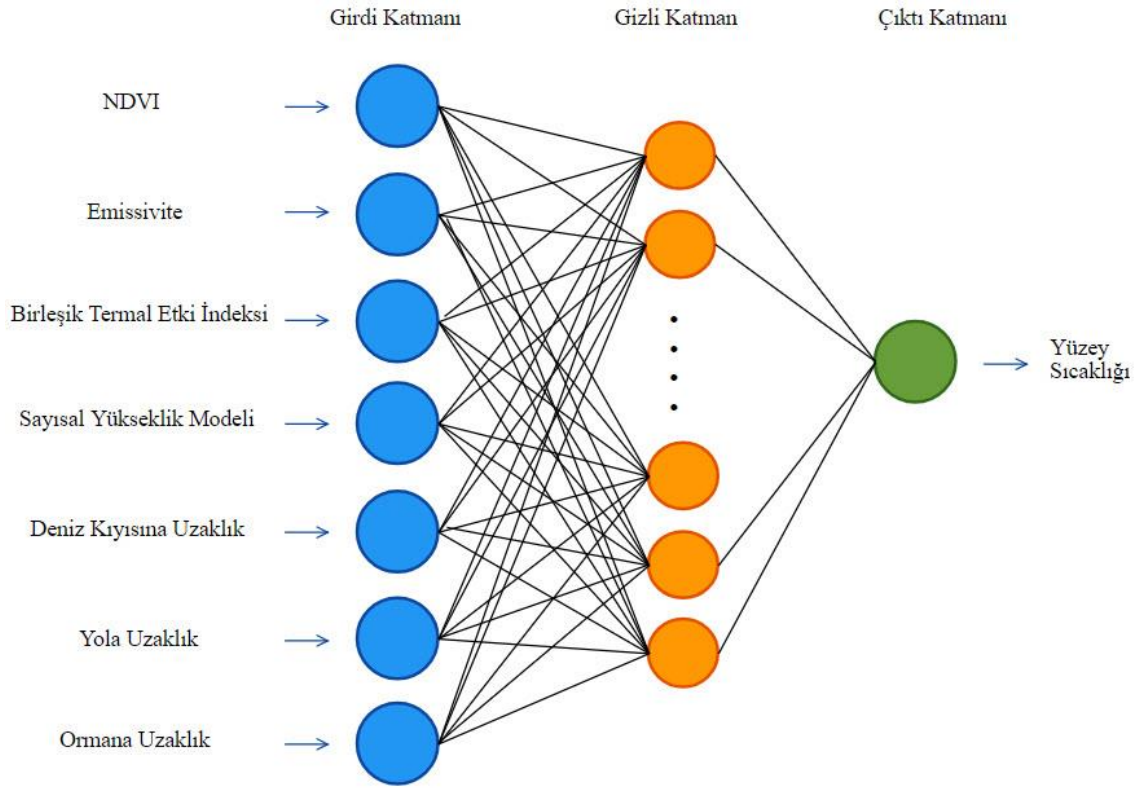
Eğitimin yapılma aşamasında, yapay sinir ağlarında nöron sayısı seçiminde Panchal ve Panchal (2014) yaptığı çalışma esas alınarak birçok deneme yapılmıştır. Panchal ve Panchal (2014) oluşturduğu doğru nöron sayısını seçerken dikkat edilecek temel kurallar;

- Gizli nöronların sayısı girdi katman sayısı ile çıktı katman sayısı arasında olmalıdır,
- Gizli nöronların sayısı girdi katman sayısının 2/3’ü artı çıktı katman sayısı kadar olmalıdır,
- Gizli nöronların sayısı girdi katman sayısının iki katından az olmalıdır.



Şekil 3.19 Simülasyon iş akış diyagramı

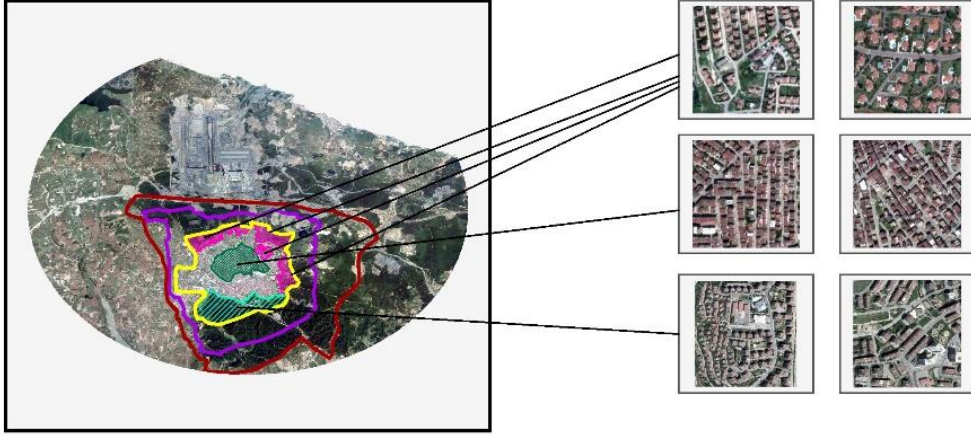
Pancal ve Panchal'ın (2014) vermiş oldukları kurallar dikkate alınarak pek çok nöron ve gizli katman sayısı denenmiştir. Yapılan eğitimler sonucunda, kullanılan parametrelerin çıktı üzerindeki etkisi ağırlık matrisi olarak görüntülenmektedir. Eğitim sonucunda elde edilen bu ağırlık matrisi kullanılarak 2017 yılı girdi verileri için simülasyon yapılmıştır. Ardından simülasyon sonucu yazdırılmış ve orijinal 2017 yılı yüzey sıcaklığı ile korelasyonuna bakılmıştır. Elde edilmiş bu korelasyon sonuçlarından yararlanılarak, hangi parametrelerin yüzey sıcaklığı tahmin etmede kullanılabileceğine karar verilmiştir.



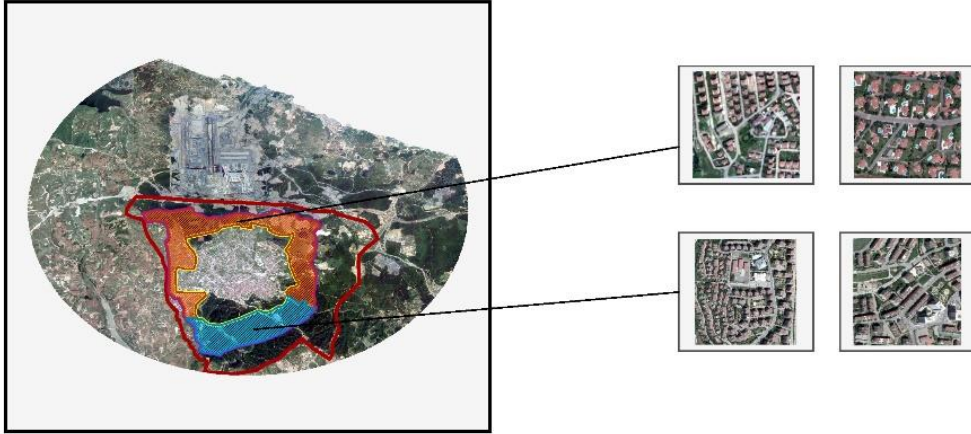
Şekil 3.20 Simülasyon ağı

Ardından bölgedeki kentsel genişleme senaryoları uygulanmıştır. Bu senaryolara göre kent genişlerken, kendine yakın olan doku tipi gibi genişleyeceği kabul edilmiştir. Örneğin, bölgede villa tipi gibi konutlar var ise villa doku tipinde, yüksek katlı konut tipleri var ise yüksek katlı doku tipinde ya da 3, 4 katlı binalar var ise o doku tipinde büyüyeceği kabul edilmiştir. Bu senaryolar yapılırken de havalimanına yakın olan bölgelere düşük katlı binaların geleceği göz önüne alınarak, yüksek kat doku tiplerinin kullanılmasından kaçınılmıştır. Kullanılan örnek doku tipleri şekil 3.21’de gösterilmiştir.

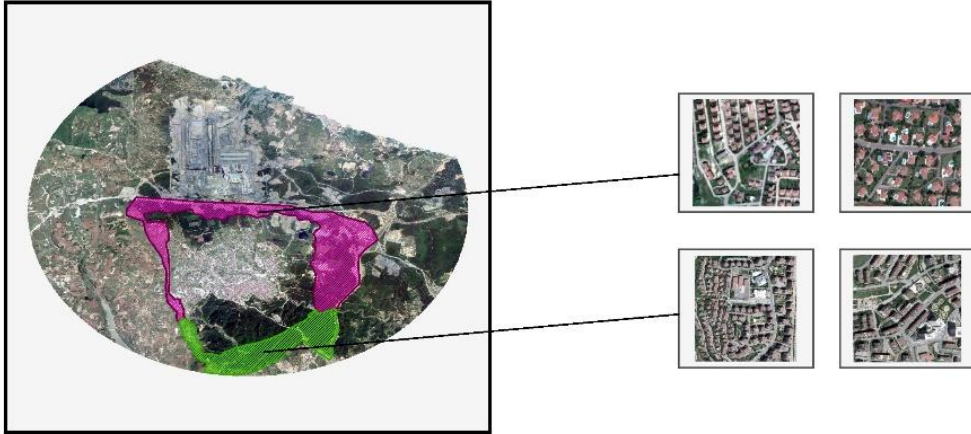
Senaryo 1 için Yapılan Bölge Değişimleri



Senaryo 2 için Yapılan Bölge Değişimleri



Senaryo 3 için Yapılan Bölge Değişimleri



Şekil 3.21 Uygulanan senaryo modelleri

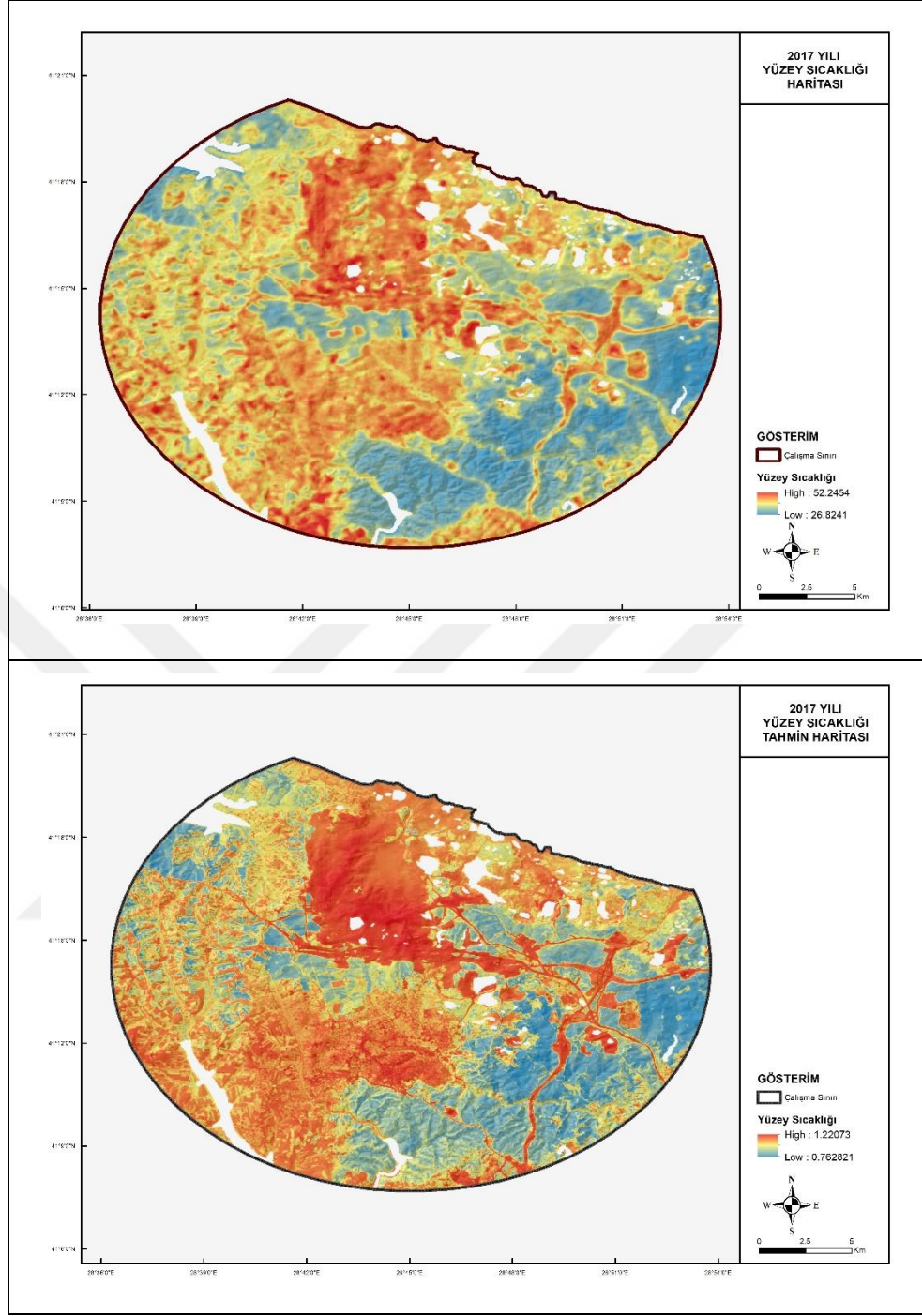
4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında NDVI, emissivite, birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli, kıyıya, yola ve ormana uzaklık verileri kullanılarak yedi parametre ile yüzey sıcaklığı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (NDBI), zenginleştirilmiş yapay alan ve boş alan indeksi (EBBI), toprak yansımalarını dikkate alan vejetasyon indeksi (SAVI) de denenmiştir fakat yüzey sıcaklığı tahmin etmede çok etkisi olmadığı görülmüş bu nedenle kullanılmamıştır.

Yapılan simülasyonlarda denenen nöronlar ve bu nöronlara bağlı olarak değişen korelasyon sonuçları çizelge 4.1’de sunulmuştur. Denenen katsayılar göre orijinal 2017 yılı yüzey sıcaklığı ile tahmin edilen 2017 yılı yüzey sıcaklığı arasındaki en yüksek korelasyon 0.855’dir. Bu korelasyon üç katman ve sekiz nöron sayısı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen tahmini 2017 yılı yüzey sıcaklığı ile orijinal yüzey sıcaklığının karşılaştırılması şekil 4.1’de gösterilmiştir.

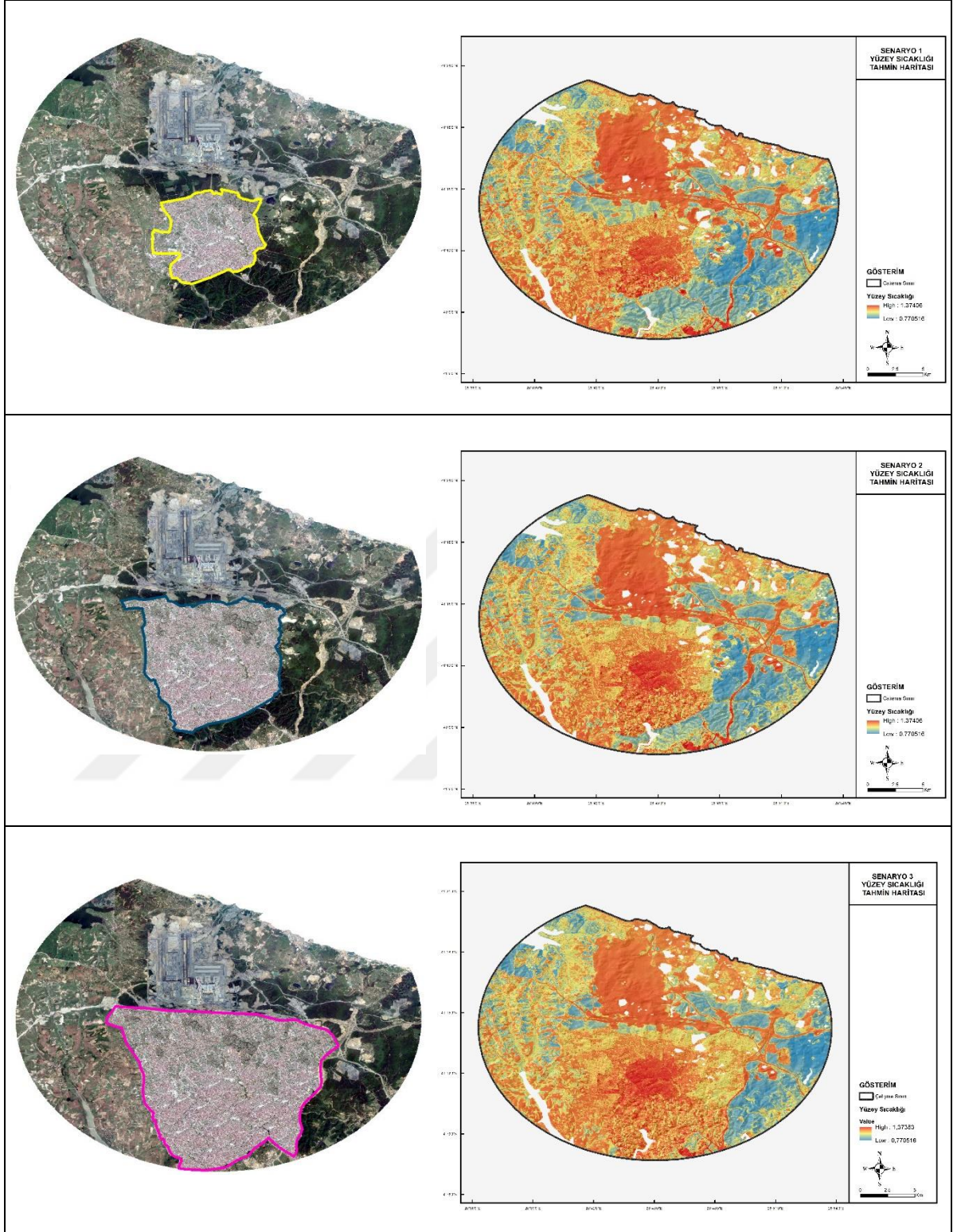
Çizelge 4.1 Korelasyon sonuçları

	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	Epok	Orijinal ile Tahmin Arasındaki Korelasyon
D1	2	5	10000	0.854
D2	2	5	20000	0.843
D3	2	6	10000	0.848
D4	2	6	20000	0.851
D5	2	6	30000	0.850
D6	2	6	40000	0.849
D7	2	8	10000	0.840
D8	2	8	20000	0.849
D9	3	5	10000	0.847
D10	3	5	15000	0.848
D11	3	5	20000	0.849
D12	3	6	10000	0.846
D13	3	6	20000	0.854
D14	3	6	30000	0.851
D15	3	7	10000	0.851
D16	3	7	20000	0.853
D17	3	8	10000	0.855
D18	3	8	20000	0.843
D19	3	9	10000	0.845
D20	3	9	20000	0.835



Şekil 4.1 Orijinal yüzey sıcaklığı 2017 yılı (yukarıdaki), simülasyon yüzey sıcaklığı 2017 yılı (aşağıdaki)

Elde edilen korelasyon ve görsel sonuçlara göre simülasyonda kullanılan girdi parametrelerinin, yüzey sıcaklığı tahmin etmede kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre kentsel büyüme senaryoları uygulanmıştır. Bu kentsel büyüme senaryoları üç adımda uygulanmıştır ve örnek doku tipleri şekil 3.20'deki gibi seçilmiştir. Senaryolara göre elde edilen tahmini yüzey sıcaklık değişimleri şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Senaryoların simülasyon sonuçları (1-2-3)

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bugün dünyamız küresel iklim değişimi problemi ile karşı karşıyadır ve buna neden olan antropojenik etkiler azaltılmadığı sürece, dünya daha büyük -yaşamsal- sorunlarla karşı karşıya kalacaktır. Küresel iklim değişimi ve kentsel iklim değişimi insan yaşam konforunu etkileyen önemli faktörlerdir ve yaşanan değişimler insan sağlığını ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, mevcut kentsel gelişme stratejilerine müdahale edilmeden uygulamalara devam edilmesi durumunda, kentsel iklimdeki bozulmanın giderek artacağını ortaya koymaktadır. Hızla büyüyen kentleri iklimsel değişimler açısından kontrol altına alabilmenin yolu ise sürdürülebilir kentlerin sağlanabilmesinden geçmektedir. Özellikle teknolojinin bir getirisi olarak yaygınlaşan simülasyon tekniklerinin kullanımı bunun sağlanabilmesi için imkanlar sunmaktadır. Bu tekniklerin en güncellerinden birisi yapay sinir ağlarıdır.

Son yıllarda iklim simülasyonlarında yapay sinir ağlarının kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır ancak yeteri kadar örnek bulunmamaktadır. Yapılmış olan bu çalışmanın, literatürdeki diğer örnekler ile karşılaştırıldığında kullanılan parametreler bakımından daha kapsamlı ele alındığı görülmektedir. Bu durum sonuç doğruluğunun artmasında etkili olmuştur. Örneğin literatürde, Bozorgi ve arkadaşlarının (2018), yapmış oldukları çalışmada NDVI, yeşil bitki örtüsü kaplı piksel yüzdesi ve NDBI parametreleri kullanılarak, kent boşluklarının, yeşil bitki örtüsü veya beton ile kaplanması sonucunda, yüzey sıcaklığında meydana gelecek değişim tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kentsel yüzey sıcaklığının azaltılmasında, kent boşluklarının yeşil ile kaplanmasının, beton yüzeylere göre (bina gibi) daha etkili olduğu görülmüştür. Bir başka çalışma olan Kumar ve arkadaşlarının (2015) yapmış oldukları çalışmada YSA modeli ile 2001 yılının, arazi kullanımı, kentnin enlem-boylamı ve yükseklik verisi kullanılarak 2010 yılının yüzey sıcaklığı tahmini yapılmıştır. Elde edilen sonucun başarısı %81.621 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan model ile yapılacak olan tahmini yüzey sıcaklıklarının, ısı adalarının olumsuz etkilerini hafifletmek için şehir plancıları tarafından kullanılması önerilmiştir.

Bu çalışmada ise yüzey sıcaklığının tahmin edilmesinde YSA modeli kullanılmıştır. Parametre olarak; NDVI, emissivite, birleşik termal etki indeksi, sayısal yükseklik modeli, yola, kıyıya ve ormana uzaklık verileri kullanılmıştır. Elde edilen en yüksek

korelasyon başarısı 0.855'dir. Bu da oldukça yüksek bir doğruluktur. Çalışmada detayın fazla olması nedeni ile daha çok parametre ile daha karmaşık bir problem çözülmeye çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasının sonuçları değerlendirilirse;

- Kentlerde meydana gelebilecek yüzey değişimlerinin, kent iklimine olan etkisinin, yapay sinir ağları algoritması ile tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur.
- Yapılacak olan bu tip iklim tahmini çalışmaları ile kentlerde yapılması planlanan büyük projelerin, iklim üzerindeki etkisini tahmin edilebileceği ve olası problemler karşısında erken önlemler alınabileceği görülmüştür.
- Çalışmada kullanılmış olan uydu görüntüleri üzerinde uygulanan doku naklinin, özellikle kentsel alanda meydana gelecek değişikliklerin YSA ile tahmin edilmesinde kullanılabilir uygun bir yöntem olduğu ortaya çıkmıştır.
- Çalışmadaki kentsel büyüme senaryolarının simülasyon sonuçlarına göre, ormanların tahrip edilmesi ile kentsel iklimin daha çok bozulacağı ve yüzey ısınmalarının artacağı ortaya çıkmıştır.

Diğer taraftan, tez çalışmasında yöntem olarak kullanılmış olan YSA'nın iklimsel simülasyon araştırmaları için yarattığı avantaj ve dezavantajları değerlendirilirse;

- Mikro iklimsel araştırmalarda kullanılan Envi-met, Rayman ve SOLWEIG gibi programlar daha çok lokal alanlarda kullanılabilenken YSA, hem lokal alanlarda hem de uzaktan algılama ile elde edilebilen daha büyük alanlarda kullanılabilir.
- YSA ile yapılan çalışmalarda, çalışma alanının genişlemesi ile daha doğru sonuçlar elde edilmektedir. Küçük alanlarda çalışılması durumunda ise çalışma doğruluğunu arttırabilmek için yüksek çözünürlükte verilerin kullanılması gerekmektedir.
- YSA ile yapılacak simülasyonda en doğru parametrelerin seçilmesi ve eğitimi aşamasında nöron, gizli katman ve iterasyon sayılarına karar vermede, uzman görüşü oldukça önemlidir.

Ayrıca mevcut imkanlar dahilinde yapılmış olan bu tez çalışmasının öz eleştirisi yapılırsa, yapılan kentsel büyüme senaryolarının tahminler üzerinden yapıldığı unutulmamalıdır. Bu kentsel büyüme senaryolarının, kentsel büyüme simülasyonları (SLEUTH, Cellular

Automata) ile elde edilen sonuçlar üzerinden, yapılacak olan iklim değişim tahminlerinin daha doğru sonuç verebileceği unutulmamalıdır. Ayrıca çalışmaya parametre olarak eklenebilecek rüzgar ve güncel yapı verilerinin simülasyon doğruluğunu arttıracakı düşünölmektedir. Fakat rüzgar verisi için çalışma ölçeğine uygun yeterli istasyon bulunmaması, yapı verisi için ise geçmiş yıllara ait verilere ulaşılamamasından dolayı bu veriler kullanılamamıştır. Bazı veri eksikliklerine rağmen bu çalışmadaki avantaj, yüzey sıcaklık değişiminde etkisi olan parametrelerin, uzman görüşüne bağlı kalınarak daha bilimsel seçilmesi olmuştur. Böylece orijinal yüzey sıcaklığı ile simülasyon sonucu tahmin edilen yüzey sıcaklığı arasında ki korelasyon 0.855 bulunarak, yüksek bir doğruluk elde edilmiştir.

Tez sonucunda elde edilen bulguların, kentsel iklim değişimi ile mücadelede büyük fayda sağlayacakı düşünölmektedir. Özellikle planlama çalışmalarında, geleceğe yönelik doğru stratejilerin geliştirilmesi için simülasyonların büyük önem taşıdığı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Adu, G., Yunhao, C., Jing, L. and Zhijun, C.** (2005). Study on urban land surface temperature retrieval based on landsat TM remote sensing images in Beijing. *In Proceedings. 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005. IGARSS'05.* Vol. 5, pp. 3258-3261.
- Agatonovic-Kustrin, S. and Beresford, R.** (2000). Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 22(5), 717-727.
- Ahmed, B., Kamruzzaman, M., Zhu, X., Rahman, M. and Choi, K.** (2013). Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh. *Remote Sensing*, 5(11), 5969-5998.
- Alataş, B.** Sinirsel ağlar.
(www.firat.edu.tr/akademik/fakulteler/muhendislik/bilgisayar/balatas/SinirselAglar.pdf). Erişim tarihi:16.09.2006.
- Ataseven, B.** (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellenmesi. *Öneri Dergisi*, 10(39), 101- 115.
- Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu (ABTD).** (2010). AB öncülüğünde iklim değişikliği ile mücadele, Lüksemburg: Avrupa Birliği resmi yayınlar ofisi, 24p, Lüksemburg.
- Baig, M. H. A., Zhang, L., Shuai, T. and Tong, Q.** (2014). Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 8 at-satellite reflectance. *Remote Sensing Letters*, 5(5), 423-431.
- Balázs, B., Unger, J., Gál, T., Sümeghy, Z., Geiger, J. and Szegedi, S.** (2009). Simulation of the mean urban heat island using 2D surface parameters: empirical modelling, verification and extension. *Meteorological Applications*, 16(3), 275-287.
- Bozorgi, M., Nejadkoorki, F. and Mousavi, M. B.** (2018). Land surface temperature estimating in urbanized landscapes using artificial neural networks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(4), 250.
- Bugs, G., Granell, C., Fonts, O., Huerta, J. and Painho, M.** (2010). An assessment of public participation GIS and Web 2.0 technologies in urban planning practice in Canela, Brazil. *Cities*, 27(3), 172-181.
- Burch, S.** (2010). Transforming barriers into enablers of action on climate change: insights from three municipal case studies in British Columbia, Canada. *Global Environmental Change*, 20(2), 287-297.
- Chander, G., Markham, B. L. and Helder, D. L.** (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113, 893–903.
- Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X. and Yin, Z. Y.** (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing Of Environment*, 104(2), 133-146.
- Crawford, B., Grimmond, C.S.B., Hom, J., Offerle, B. and Golub, D.** (2004). Surface characteristics and carbon dioxide fluxes in a suburban area of Baltimore, Md: A GIS based methodology. *In Fifth Conference on Urban Environment*, pp. 23-26.
- Crist, E. P., Cicone, R. C.** (1984). A physically-based transformation of Thematic Mapper data---The TM Tasseled Cap. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 3, 256-263.

- Crist, E. P.** (1985). A TM tasseled cap equivalent transformation for reflectance factor data. *Remote Sensing of Environment*, 17(3), 301–306.
- Çelik, S., Bacanlı, H. ve Görgeç, H.** (2008). Küresel iklim değişikliği ve insan sağlığına etkileri. DMİ Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü.
- Çobanyılmaz, P., Yüksel, Ü. D.** (2013). Kentlerin iklim değişikliğinden zarar görebilirliğinin belirlenmesi: Ankara örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 39-50.
- Demir, İ., Kiliç, G. ve Coşkun, M.** (2007). Türkiye ve bölgesi için PRECIS bölgesel iklim modeli çalışmaları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 11-17.
- Dhakal, S.** (2004). Urban energy use and greenhouse gas emissions in Asian mega-cities. *Institute for Global Environmental Strategies*, Kitakyushu, Japan.
- Di, L., Rundquist, D. C. and Han, L.** (1994). Modelling relationships between NDVI and precipitation during vegetative growth cycles. *International Journal of Remote Sensing*, 15(10), 2121-2136.
- ECOSOC.** (2011). (<http://www.un.org/en/ecosoc/index.shtml>). Erişim tarihi: 22.02.2019.
- Efe, M., Kaynak, O.** (2000). Yapay sinir ağları ve uygulamaları. *Boğaziçi Üniversitesi Yayınları*, 148s.
- Emmanuel, M.R.** (2005). An urban approach to climate sensitive design: strategies for the tropics, *Taylor&Francis Group*, 208p, London.
- Enric, V., Vicente, C.** (1996). Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American Areas. *Remote Sensing of Environment* 57(3):167-184.
- Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir E.** (2003). Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri. *Pivolka*, 2(6), 14-17.
- Erilli, N. A., Eğrioğlu, E., Yolcu, U., Aladağ, Ç. H. ve Uslu, V. R.** (2010). Türkiye’de enflasyonun ileri ve geri beslemeli yapay sinir ağlarının melez yaklaşımı ile öngörüsü. *Dogus University Journal*, 11(1).
- Fırat, M., Güngör, M.** (2002). Askı madde konsantrasyonu ve miktarının yapay sinir ağları ile belirlenmesi. *İMO Teknik Dergisi*, 3267-3282.
- Gausman, H. W.** (1985). Plant Leaf optical properties in visible and near-infrared Light. Texas Tech University (PhD Thesis), 78p, Texas.
- Hawley, D.D., Johson, J.D. and Raina, D.** (1990). Artificial neural systems: A New tool for financial decision making, *Financial Analysts Journal*, 46(6): 63-72.
- Henry, J. A., Dicks, S. E., Wetterquist, O. F. and Roguski, S. J.** (1989). Comparison of satellite, ground-based, and modeling techniques for analyzing the urban heat island. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55, 69-76.
- HIP.** (2016). Planning for the Public Health Impacts of Climate Change in Northampton, Massachusetts. (<https://humanimpact.org/wp-content/uploads/2016/02/Climate-Health-Northampton-2.3.2016-final-report.pdf>). Erişim tarihi: 01.06.2019.
- IPCC.** (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basic - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC.** (2007). Climate change 2007: synthesis report. *Intergovernmental panel on climate change*, 45-54.
- İBB** (İstanbul Büyükşehir Belediyesi), (<https://www.iklim.istanbul/wpcontent/uploads/FinalRaporu.pdf>). Erişim Tarihi:03.06.2019.

- Jeevalakshmi, D., Reddy, S. N. and Manikiam, B.** (2017). Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT data using Emissivity Estimation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(20), 9679-9687.
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Gillespie, A., Sabol, D. and Gustafson, W. T.** (2006). Improved land surface emissivities over agricultural areas using ASTER NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 103(4), 474-487.
- Kahraman, H.T.** (2018). Yapay sinir ağları sunumu. (<https://medium.com/@yasinguzel/yapay-zeka-ders-notlar%C4%B1-03-biyolojik-sinir-sistemi-ve-yapay-sinir-a%C4%9F%C4%B1-h%C3%BCcresi-6555add68d80>). Erişim tarihi: 16.05.2019.
- Kara, T., Guler, M.** (2007). Agro-ecological zoning by GIS: a case study of the Bafra and Carsamba plains in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 19(3), 2277-2284.
- Kaynar, O., Taştan, S.** (2009). Zaman serisi analizinde mlp yapay sinir ağları ve arıma modelinin karşılaştırılması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (33), 161-172.
- Klok, L., Zwart, S., Verhagen, H. and Mauri, E.** (2012). The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 23-29.
- Korkmaz, K.** (2007). Küresel ısınma ve tarımsal uygulamalara etkisi. *Alatırım Dergisi*, 6(2), 43-49.
- Kumar, K. S., Bhaskar, D. P. U. and Padma, K.** (2015). Prediction of changes in urban micro-climate using remote sensing data and artificial neural network model. *Wulfenia Journal*, 22(12), 91-112.
- Kuşçu, Şimşek, Ç.** (2013). İstanbul'da kentsel iklim üzerine antropojenik etkiler: kent ısı adalarının incelenmesi. *Yıldız teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı, Şehir Planlama Programı (Doktora Tezi)*, 238s, İstanbul.
- Kuşçu, Şimşek, Ç., Şengezer, B.** (2012). İstanbul Metropolitan Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi. *Megaron*, 7 (2), 116-128.
- Lee, W.S., Jung, S.G.** (2014). The Application of a prediction model on land surface temperature using artificial neural network and scenario. *Journal of Korea Planning Association*, 49(1), 263-280.
- Lenney, M. P., Woodcock, C. E., Collins, J. B. and Hamdi, H.** (1996). The Status of Agricultural Lands in Egypt: The Use of Multitemporal NDVI Features Derived from Landsat TM. *Remote Sensing of Environment*, 56(1), 8-20.
- Maduako, I. D., Yun, Z. and Patrick, B.** (2016). Simulation and prediction of land surface temperature (LST) dynamics within Ikom City in Nigeria using Artificial Neural Network (ANN). *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(1), 1-7.
- Mallick, J., Kant, Y. and Bharath, B. D.** (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *J. Ind. Geophys. Union*, 12(3), 131-140.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R. and Connors, S.** (2018). IPCC, 2018: summary for policymakers. *Global warming of*, 1.
- Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J. and Marshak, A. L.** (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33(2), 481-486.
- Negnevitsky, M.** (2005). Artificial Intelligence: A guide to intelligent systems. 2nd edition. 435p.
- Oke, T.R.** (2004). Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites, WMO Instruments and observing methods Report

No.81, Geneva, (<http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>) Erişim tarihi: 01.06.2019.

- Özşahin, E., Kaymaz, Ç.** (2015). Cbs ve Ahs kullanılarak doğal çevre bileşenleri açısından kentsel mekânın yerleşime uygunluk analizine bir örnek: Antakya (Hatay). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 111-134.
- Öztürk, K.** (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.
- Owen, T. W., Carlson, T. N. and Gillies, R. R.** (1998). An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International journal of remote sensing*, 19(9), 1663-1681.
- Öztemel, E.** (2003). Yapay sinir ağları. *Papatya Yayıncılık*, İstanbul. 232p.
- Palmer, A., Montano, J. J. and Sese, A.** (2006). Designing an artificial neural network for forecasting tourism time series. *Tourism Management*, 27, 781-790.
- Panchal, F. S., Panchal, M.** (2014). Review on methods of selecting number of hidden nodes in artificial neural network. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(11), 455-464.
- Qiu, G. Y., Zou, Z., Li, X., Li, H., Guo, Q., Yan, C. and Tan, S.** (2017). Experimental studies on the effects of green space and evapotranspiration on urban heat island in a subtropical megacity in China. *Habitat international*, 68, 30-42.
- Rojas, R.** (2013). Neural networks: a systematic introduction. *Springer Science & Business Media*. 502p.
- Sağlam, R.** (2007). Megakentler: dünü, bugünü, geleceği ve İstanbul, *TMMOB İstanbul Kent Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 57-69.
- Sanders, C. H., Phillipson, M.** (2003). UK adaptation strategy and technical measures: the impacts of climate change on buildings. *Building Research & Information*, 31(3-4), 210-221.
- Santamouris, M.** (2014). Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar energy*, 103, 682-703.
- Sherafati, S. H. A., Saradjian, M. R. and Niazmardi, S.** (2013). Urban heat island growth modeling using artificial neural networks and support vector regression : a case study of Tehran, Iran. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, W3.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B. and Miller, H. L.** (2007). The physical science basis: Contribution of working group 1 to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University, 996.
- Stull, R. B.** (2012). An introduction to boundary layer meteorology. *Kluwer, Dordrecht*, 666 pp.
- Suzuki, K.** (2011). Artificial Neural networks-methodological advances and biomedical applications. *BoD-Books on Demand*. 362p.
- Swart, R., Robinson, J. and Cohen, S.** (2003). Climate change and sustainable development: expanding the options. *Climate policy*, 3(1), S19-S40.
- Tang, T. C., Chi, L. C.** (2005). Neural networks analysis in business failure prediction of chinese importers: a between-countries approach. *Expert Systems with Applications*, 29, 244-255.
- Tucker, C. J.** (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.

- Tuğaç, Ç.** (2018). Türkiye İçin İklim Değişikliğine Dayanıklı Kentsel Planlama Modeli Önerisi: Eko-Kompakt Kentler. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(4), 1047-1068.
- Türkeş, M.** (2003). Küresel iklim değişikliği ve gelecekteki iklimimiz, *23 Mart Dünya Meteoroloji Günü kutlaması gelecekteki iklimimiz paneli, bildiriler kitabı*, 12-37.
- Türkeş, M.** (2004). Küresel iklim değişikliği ve olası sonuçları, *Hava kuvvetleri dergisi*, 348, 70-77.
- Türkeş, M.** (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- UN.** (2014). World Urbanization Prospects. The 2014 Revision; UN: New York, NY, USA. (<https://esa.un.org/unpd/wup/publicaitons/files/wup2014-highlights.pdf>). Erişim tarihi: 22.02.2019.
- United Statement Geological Survey (USGS).** (2016). Landsat 7 (LT7) Data Users Handbook, LSDS-1927 Version 1.0.
- United Statement Geological Survey (USGS).** (2018). Landsat 8 (LT8) Data Users Handbook, LSDS-1574 Version 3.0.
- Url-1** <<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>>, alındığı tarih: 01.06.2019.
- Vaughan, R. G., Calvin, W. M. and Taranik, J. V.** (2003). SEBASS hyperspectral thermal infrared data: surface emissivity measurement and mineral mapping. *Remote Sensing of Environment*, 85(1), 48-63.
- Vural, B. M. A.** (2017). Türkiye’de İklim Değişikliğine Karşı “Kent Ve Su” Arasındaki Koruma Kullanma Dengesinin Sağlanmasına Yönelik Stratejiler. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, 3(1), 67-91.
- Wang, J., Rich, P. M. and Price, K. P.** (2003). Temporal Responses of NDVI to Precipitation and Temperature in the Central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 24(11), 2345-2364.
- Werbos, P. J.** (1998). Generalization of backpropagation with application to a recurrent gas market models. *Neural Network*, 339-356.
- Wilby, R. L.** (2007). A review of climate change impacts on the built environment. *Built Environment*, 33(1), 31-35.
- WMO.** (1999). WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO No. 896, World Meteorological Organization, Geneva.
- World Health Organization (WHO).** (2004). Urban bioclimatology, heat waves: risks and responses. *Health and Global Environmental Change Series*, No. 2, WHO Regional Office for Europe, Denmark.
- Yu, C., Hien, W. N.** (2006). Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, 38, 105-120.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Derya IŞIK
Doğum Yeri ve Tarihi Kayseri, 12.06.1994
Medeni Hali Bekar
Yabancı Dil İngilizce
E-posta Adresi dryaisik@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Kılıçarslan Anadolu Lisesi, 2008-2012
Lisans Erciyes Üniversitesi, 2012-2017
Yüksek Lisans Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2018 - ...

İş Tecrübesi

Emay Uluslararası Harita Mühendisi, 2018-Devam ediyor
Mühendislik ve
Müşavirlik Firması A.Ş.

Kongreler ve Bildiriler

Uluslararası
IŞIK DERYA, KUŞÇU ŞİMŞEK ÇAĞDAŞ. (2019), Urban climate change prediction by using artificial neural networks: a case study of 3rd Bosphorus Bridge, Production of Bridge, Production of Climate Responsive Urban Built Environment, İstanbul. (Bildiri Kitabı Basım Aşamasında).