İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL'DA KENTSEL YAYILMANIN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hakan ÖZCAN

Anabilim Dalı: ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMASI

Programı: BÖLGE PLANLAMA

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL'DA KENTSEL YAYILMANIN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hakan ÖZCAN
(502041864)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2008

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Handan TÜRKOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Gülden ERKUT
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Böyle bir çalışma yapma fırsatını bana sağladığı için İstanbul Teknik Üniversitesi'ne,

Yüksek lisans eğitimim süresince hiç bir desteği esirgemeyen, birlikte yaptığımız tez çalışması boyunca her türlü yardımı sağlayan ve fikir aşamasından sonuçların değerledirilmesine kadar tüm gelişmeleri büyük bir hevesle takip eden, değerli bilim adamı, danışman hocam Prof. Dr. Handan TÜRKOĞLU'na,

Bölüm tercihi ve tez çalışma konusu için beni yüreklendiren, verdiği derslerde çalışmamın şekillenmesinde katkıda bulunan değerli akademisyen Prof. Dr. Gülden ERKUT'a,

Çalışmanın tamamlanması sürecinde fikir alışverişinde bulunduğum Alper'e, yazım ve düzenleme aşamasında yardımcı olan Gonca'ya, sadece katkılarıyla değil varlığıyla bile bu çalışmayı tamamlamamda katkısı büyük olan, çalışma boyunca en yoğun zamanlarda kıyılarında huzur bulduğum Nazlı Deniz'e,

Ve herşeyin başlangıcı olan sevgili aileme,

Sonsuz şükran ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Haziran, 2007

Hakan ÖZCAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ **ii**

KISALTMALAR **iv**

TABLO LİSTESİ **v**

ŞEKİL LİSTESİ **vi**

ÖZET **viii**

SUMMARY **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı 1

2. KENTSEL YAYILMA, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (GIS) ve YAPAY SİNİR AĞLARI (ANN) **3**

2.1. Kentsel Yayılma 3

2.2 İstanbul'da Kentsel Yayılma 5

2.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) 9

2.4. Yapay Sinir Ağları (ANN) 11

2.4.1 Yapay Sinir Ağlarının gelişim süreci 11

2.4.2 Yapay Sinir Ağlarının yapısı 12

2.4.3 Yapay Sinir Ağlarının performansı 17

2.5. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yapay Sinir Ağları ile yapılan çalışmalar 17

3. İSTANBUL'DA KENTSEL YAYILMANIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (GIS) VE YAPAY SİNİR AĞLARI (ANN) İLE MODELLENMESİ **20**

3.1. Veri tabanının oluşturulması 20

3.2. Yapay Sinir Ağı modelinin kurulması 43

3.3. Modelin sonuçları 47

4. ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ **50**

KAYNAKLAR **53**

ÖZGEÇMİŞ **57**

KISALTMALAR

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri

YSA : Yapay Sinir Ağları

TABLO LİSTESİ **Sayfa No**

Tablo 2.1 : Örnek verilerle ağın çalışması 15

Tablo 3.1 : Merkezlere uzaklık parametresi için belirlenen mesafe skalası 30

Tablo 3.2 : Kategorik nüfus verisi için kullanılan skala 40

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa No**

Şekil 2.1 : Uzaktan algılama yöntemi [44] 5

Şekil 2.2 : 1995-2000 yıllarında İstanbul nüfusu [40] 7

Şekil 2.3 : 1975, 1995 ve 2005 yılları arasında İstanbul'daki yayılmanın uydu görüntüleri analizi (Landsat ve Iconos uydu görüntülerinden yararlanılmıştır) [45] 8

Şekil 2.4 : Üst üste bindirilerek oluşturulan katmanlar 10

Şekil 2.5 : Biyolojik sinir ağı hücresi 13

Şekil 2.6 : Yapay sinir ağı hücresi 13

Şekil 2.7 : Perceptronun yapısı 14

Şekil 2.8 : Sinir ağının katmanları 15

Şekil 3.1 : Referans bölgelerin dağılımı 21

Şekil 3.2 : Referans bölgelerin Haliç çevresinde detay görünümü 21

Şekil 3.3 : 1975 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Landsat uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45] 23

Şekil 3.4 : 1995 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Landsat uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45] 23

Şekil 3.5 : 2005 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Iconos uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45] 24

Şekil 3.6 : Grid üzerine yerleşim parametre değerlerinin atanması 25

Şekil 3.7 : 1995 yılı referans bölgelerinin dağılımı 25

Şekil 3.8 : 2005 yılı referans bölgelerinin dağılımı 26

Şekil 3.9 : İstanbul sınırlarında ekolojik ve jeolojik açıdan hassas bölgeler [45] 27

Şekil 3.10 : Tüm yıllar için ekolojik ve jeolojik açıdan hassas bölgeler verisinin referans bölgelerinde dağılımı 27

Şekil 3.11 : 1995 yılında birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45] 28

Şekil 3.12 : 2005 yılında birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45] 29

Şekil 3.13 : 2015 yılında tahmini birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45] 29

Şekil 3.14 : 1995 yılında referans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı 30

Şekil 3.15 : 1995 yılında refans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı . 31

Şekil 3.16 : 1995 yılında referans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı 31
Şekil 3.17 : 2005 yılında refans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı 32
Şekil 3.18 : 2005 yılında refans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı . 32
Şekil 3.19 : 2005 yılında referans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı 33
Şekil 3.20 : 2015 yılında referans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı 33
Şekil 3.21 : 2015 yılında referans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı 34
Şekil 3.22 : 2015 yılında refans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı 34
Şekil 3.23 : 1995 yılı ana ulaşım aksları [45] 35
Şekil 3.24 : 2005 yılı ana ulaşım aksları [45] 35
Şekil 3.25 : 2015 yılı tahmini ana ulaşım aksları [45] 36
Şekil 3.26 : 1995 yılında referans bölgelerinin ana ulaşım akslarına uzaklığı .. 36
Şekil 3.27 : 2005 yılında referans bölgelerinin ana ulaşım akslarına uzaklığı .. 37
Şekil 3.28 : 2015 yılında referans bölgelerinin tahmini ana ulaşım akslarına uzaklığı 37
Şekil 3.29 : İstanbul sınırlarında orman alanları [45] 38
Şekil 3.30 : Tüm yıllar için orman alanları verisinin referans bölgelerinde dağılımı 38
Şekil 3.31 : İstanbul sınırlarında eğimi %20 den fazla olan alanlar [45] 39
Şekil 3.32 : Tüm yıllar için eğim verisinin referans bölgelerinde dağılımı 39
Şekil 3.33 : 1995 Yılı için nüfus verisi dağılımı [40,43] 41
Şekil 3.34 : 2005 Yılı için nüfus projeksiyon verisi dağılımı 42
Şekil 3.35 : 2015 Yılı için nüfus projeksiyon verisi dağılımı 42
Şekil 3.36 : Düzenlenen datanın Arcmap veri tabanı 43
Şekil 3.37 : Düzenlenen datanın Statistica veri tabanı 43
Şekil 3.38 : Input ve Output parametrelerinin sisteme tanıtılması, bölümlendirilmesi ve eşik değerlerinin belirlenmesi..... 44
Şekil 3.39 : Ağın yapılandırılması ve çalışma kapsamının belirlenmesi 44
Şekil 3.40 : Bulunan modellerin listesi ve en yüksek performanslı modelin konfigürasyonu 45
Şekil 3.41 : En yüksek performanslı modelin fiziksel yapısı 45
Şekil 3.42 : En yüksek performansı gösteren modelin kullandığı parametreler 46
Şekil 3.43 : En yüksek performansı gösteren modelin sınıflandırma tablosu ... 46
Şekil 3.44 : 2015 yılına ait referans bölgelerinin yerleşim tahminlerini taşıyan veri tabanı 46
Şekil 3.45 : 2015 yılı referans bölgelerinin dağılımı 47
Şekil 3.46 : 2005 ve 2015 yılı kentsel yayılma deseninin karşılaştırılması 48
Şekil 3.47 : 1975, 1995, 2005 ve 2015(öngörü) yılları arasında İstanbul'da kentsel yayılma 49

ÖZET

İSTANBUL'DA KENTSEL YAYILMANIN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ÖNGÖRÜLERİ

Kentlerin yaşam döngüsünün doğal bir süreci olan yayılmanın olumlu sonuçlarından ziyade plansız ve kontrolsüz bir şekilde başlayan ve devam eden durumlarda olumsuz sonuçları göze çarpmaktadır. Geçtiğimiz yıllar içerisinde dünya çapında şehir ve bölge plancılarının, çevrecilerin ve yerel yöneticilerin dikkatle üzerinde durdukları kentsel yayılma gelişen dünyanın karşılaşmakta olduğu ve gelecek yıllarda etkisini daha da fazla hissettirebilecek bir problem olarak gündeme gelmiştir.

Planlı bir büyüme ve yayılma için gerekli tedbirleri almak adına öngörülerde bulunabilmek yayılmayı kontrol altına almak kentsel yayılmanın olumsuz yanlarını bertaraf etmek adına atılabilecek en önemli adımlardan biridir. Bir çok değişik faktörün etkisi altında olan yayılma dinamiği, geçmiş verinin incelenmesi sayesinde analiz edilebilirse gelecek yıllara yönelik olarak yayılmanın yönü ve şiddeti tespit edilebilir.

Bu çalışmada, farklı bilim dalları tarafından farklı yönlerden incelenen kentsel yayılma olgusu hakkında öngörülerde bulunabilmek için coğrafi bilgi sistemleri desteğinde yapay zekanın bir uzantısı olan yapay sinir ağları modellemesi kullanılmıştır.

Uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen, 1975, 1995 ve 2005 yıllarına ait yerleşim, ekolojik ve jeolojik bakımdan sakıncalı bölge, şehir merkezlerine uzaklık, ana ulaşım akslarına uzaklık, orman arazisi, eğimli alan ve nüfus verisi ArcGis yazılımı ile analiz edilerek, kurulacak yapay sinir ağı modeline uygulanabilecek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen veri tabanı, Statistica Neural Networks yazılımı ile kurulan yapay sinir ağı modelinde işlenerek 2015 yılına ait tahmini yerleşim sonuçları üretilmiş, çıkan sonuçlar tekrar Arcgis yazılımı ile analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonuçları doğrultusunda, genel yayılma eğiliminin korunmasının yanısıra bazı belirgin alanların ön plana çıkması öngörülmektedir. Buna göre Avrupa yakasında Silivri, Küçük Çekmece, Güngören ve Esenler çevresinde, Anadolu yakasında ise Tuzla ve Maltepe civarında belirgin bir yayılma söz konusudur.

SUMMARY

URBAN SPRAWL PREDICTION IN ISTANBUL USING NEURAL NETWORKS

Beside the advantages of urban sprawl as an ordinary circumstance for the most of the cities, there are lots of disadvantages stand out especially when the sprawl is unbounded. In the last decades , urban sprawl was a challenging problem and apperantly seems to be more challenging in the near future according to urban and regional planners, environmentalists and local governors.

In order to take steps for a regular growth and sprawl, without arguing, there is a need of prediction for coming years. Analysing the trends in the previous years, It is possible to predict the direction and intencity of the sprawl which actually depends on lots of diffrent parametres.

In this study, geographical information systems and neural networks which is an extension of artificial intelligence is used in order to make a prediction about urban sprawl in coming years which is analysed in different ways with different methods by different disciplines so far.

A database is composed in ArcGis software by analysing the settling, ecological and jeological disadvantageous zones, distance to city centers, distance to main roads, forest zones, downgrades and population data belongs to the years 1975,1995 and 2005 is gathered using remote sense. The database, then, applied to a neural network model which is structred in Statistica Neural Networks tool and predictions are generated for the year 2015. In the last stage, predictions are analysed in ArcGis.

According to results, it seems that the regular sprawl trend is maintained however there are some regions loom large considering previous years. The prediction says that there may be a noteworthy sprawl around Silivri, Küçük Çekmece, Güngören and Esenler in Eurpian side and around Tuzla and Maltepe in Asian side.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

İnsanların yerleşik hayata geçmesinden bu yana kurdukları en küçük yerleşim birimlerinden günümüzün metropollerine uzanan süreçte yerleşimler genişleyerek yayılma göstermişlerdir. Bu süreçte büyüyen kentlerin bir kısmı zaman içerisinde ortadan kaybolurken bir kısma hızla büyümeye devam etmiş, günümüzün dev şehirlerini oluşturmuşlardır. Bu büyüme nüfus, altyapı, üstyapı, ulaşım ve yerleşim gibi fiziksel boyutların yansıra, üretim, tüketim ve finans gibi ekonomik boyutlarda da kendini göstermektedir.

Kentsel büyüme çok bileşenli, dinamik ve değişken yapısı ile çözümlenmesi ve yorumlanması güç bir olgu haline gelmişken; eldeki kaynakların, mevcut durumun ve ileriye yönelik planlamanın önemi, büyüme ile birlikte gelen sorunların ortaya konmasında ve ortadan kaldırılmasında birer basamak olarak kullanılması gerektiği göze çarpmaktadır [9].

Geçtiğimiz yıllar içerisinde dünya çapında şehir ve bölge plancılarının, çevrecilerin ve yerel yöneticilerin dikkatle üzerinde durdukları kentsel yayılma da bu büyümenin gözle görülebilir bir yansıması, gelişen dünyanın karşılaşmakta olduğu ve gelecek yıllarda etkisini daha da fazla hissettirebilecek bir problem olarak gündeme gelmiştir. Kentsel yayılma, katkıda bulunduğu olumlu etkilerinin yanı sıra daha çok dezavantajları ile çalışmalara konu olmaktadır. 2050'lere doğru dünya nüfusunun %50'den fazlasının şehirlerde yaşayacağı öngörüsü, şehirleşmenin diğer yan etkilerinin peşi sıra gelecek olan yayılma etkilerinin de bölgesel planlama çalışmaları arasında özenle incelenmesini gerektirmektedir. Planlı bir büyüme ve yayılma için gerekli tedbirleri almak adına öngörülerde bulunabilmek yayılmayı kontrol altına almak, atılabilecek en önemli adımlardan biridir.

Bir çok değişik faktörün etkisi altında olan yayılma dinamiği, geçmiş verinin incelenmesi sayesinde analiz edilebilirse gelecek yıllara yönelik olarak yayılmanın yönü ve şiddeti tespit edilebilir. Bu tespitler değişik yötemlerlerle ve belirli doğruluk payı ile yapılabilmektedir. "Cellular Automata" adı verilen simülasyon aracı ile tahmin planlama yapabilmek mümkündür ancak basit modelleme teknikleri ve zaman boyutunun eksik oluşu bu yöntemin tercih edilebilirliğini azaltmaktadır. Bir diğer yöntem olarak kullanılan "Faktör Tabanlı Modelleme" yayılmaya yön veren farklı faktörler bir arada incelenebilir fakat bu yöntem daha çok küçük ölçekli soyut araştırmalar için kullanılmaktadır. "Mekansal İstatistik Modelleri" ise normal dağılım tutarsızlıkları, doğrusallık ve bağımsız değişkenler nedeniyle sonuçlarda hata payını yüksek vermektedirler [6]. İşte bu nokta tüm bu yöntemlerin dezavantajlarını bertaraf edecek bir yöntem olarak "Yapay Sinir Ağları" (Artificial Neural Networks) gündeme gelmiştir.

YSA (Yapay Sinir Ağları), parametreler arasındaki karmaşık ilişkileri; faktör analizi, seri analizi gibi diğer matematiksel yöntemlerden daha kolay kontrol altında tutabildiği için güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir. Yapay Sinir Ağlarına destek olarak, hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin kentsel yayılmayı takip etmek için etkin yöntemler olarak kullanılmaya başlamasından bu yana elde edilen verileri işlemek için kullanılan CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) sistemlerinden faydalanılması, elde edilen verinin işlemesi ve sonuçların değerlendirilmesi adına etkin bir yöntem olarak ele alınabilir. Bu çalışmada, farklı yerlerde farklı amaçlar için kullanılmış bu iki konsepti bir araya getirerek, daha önceden yapılmış çalışmalar ışığında İstanbul için benzer bir öngörünün yapılması amaçlanmaktadır. Bu sayede geçmişten günümüze kadarki yayılmaları analiz ederek dinamikleri saptamak ve geleceğe dönük yayılma tahminleri yaparak olası düzensizlikleri uygun planlama stratejileriyle bertaraf edebilmek adına yeni bir yöntem izlenebilmektedir.

2. KENTSEL YAYILMA, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) ve YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)

2.1 Kentsel Yayılma

Nüfusun kırsal bölgeden çıkarak kentsel bölgelere yerleşmesi yeni yüzyılda hızla artan bir gelişme olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm dünya üzerinde yaygın olan bu gelişme özellikle gelişmiş ülkelerde kendini göstermektedir. Günümüzde şehirlerde yaşayan 3 Milyarlık nüfus bir yana, 2030 yılında şehirlerde yaşayacağı tahmin edilen nüfus tüm dünyanın %60 ı kadardır. Şehirleşme oranı gelişmiş ülkeler için %0.3 ile %0.8 arasında değişirken Afrika için bu oran %1.6 ya kadar çıkabilmektedir [41].

Literatüre "Los Angelization" olarak geçen durum, bahsi geçen büyümeyi tanımlamak için güzel bir örnek olarak verilebilir. Los Angeles kenti dünyanın ilk düşük yoğunluklu kentsel bölgelerinden birisidir. Amerikan Nüfus İdaresinin verisine göre kentin nüfusu 1950 den 2000 yılına kadar 1,5 katı artarak mil kareye 7068 kişi ile Amerikan en yoğun kenti haline gelmiştir. 5309 kişilik yoğunluk ile New York'la karşılaştırıldığında fark açıkça ortaya çıkmaktadır. New York'un yığılmış yoğunluğuna karşın Los Angeles'ın yoğunluğu kırsal yayılmanın fazlalığından kaynaklanmaktadır [42] .

Dünyada kentleşmenin en fazla olduğu kıtalardan olan Avrupa'da nüfusun yaklaşık %75'i kentlerde yaşamaktadır. Bununla birlikte Avrupa'da kentlerin geleceği, zihinleri fazlaca meşgul etmektedir. Avrupa Birliği topraklarının dörtte birinden fazlası kentsel yayılmanın etkisi altındır. 2020 yılı itibarıyla, Avrupalıların yaklaşık %80'i kentsel alanlarda yaşıyor olacaktır. Buna bağlı olarak, kentlerde ve kentlerin çevresindeki toprak gereksinimi artmaktadır [39].

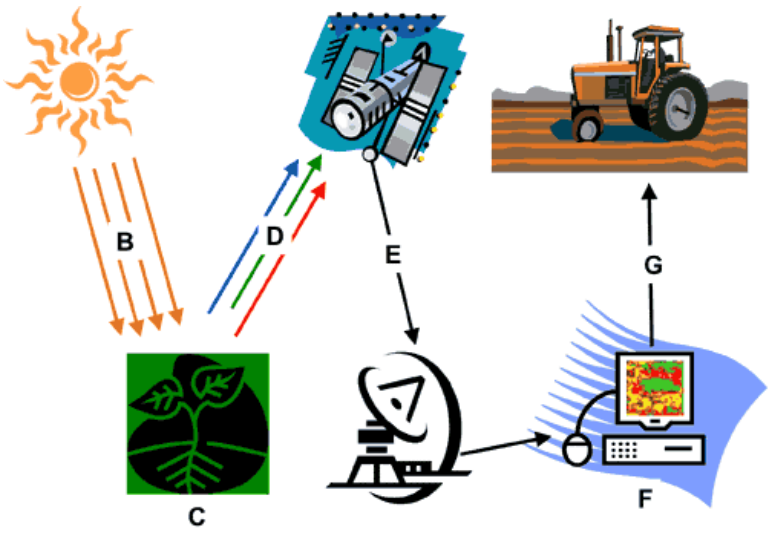
Her gün arazi kullanımında hızlı, gözle görülür değişiklikler meydana gelirken; bu farklılaşmalar doğayı da şekillendirmektedir. Kentler yayılırken, kentler arasındaki mesafeler azalmaktadır. Değişen yaşam tarzı ve tüketim biçimleri ile alevlenen bu kentsel genişleme Avrupa'da dağınık biçimde görülmekte ve kentsel yayılmanın tanımına tam olarak uymaktadır. Eldeki veriler Avrupa'da son 50 yılda kentsel yayılımın kentsel büyüme ile birlikte geliştiğini göstermektedir [39].

Klasik kentleşme ve kent coğrafyasını tanımlayan merkez ve çeper, iç ve dış, kent ve kır gibi kavramlar, çağdaş kentsel alanların çok kutuplu ve yayılan formları karşısında giderek "tuhaf" kaçmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte toplu olarak hareket etme olanağı artan insan, mal, atık madde, bilgi, hizmet, fikir, imaj, sermaye ve işgücü gibi unsurlar sınır kavramını ortadan kaldırmaktadır. Bu gelişmeler, kentsel planlamanın işlevsel tekil birimlere odaklı değerlendirilmesine engel olmaktadır [24].

Yayılmanın bazı temel nedenleri arasında nüfus artışı, gelir seviyesindeki yükselme, altyapının gelişmesi ve daralan yaşam alanı sayılabilir. Bununla beraber gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki kentlerde yayılmanın dinamikleri birbirinden farklıdır. Kentin kalabalığından kaçan insanların meydana getirdiği yayılma kentin planlama politikalarıyla desteklendiğinde ortaya çıkan figür ile işsizlik, eğitim yetersizliği gibi nedenlerle kentleri doldurup taşıran kırsal kesimin neden olduğu yayılmayla ortaya çıkan figür birbiriyle örtüşmese de plansız ve kontrolsüz meydana gelen yayılma sonuç olarak aynı problemleri beraberinde getirir.

Hava fotoğraflarının ve özellikle uydu görüntülerinin kentsel yayılmayı takip etmek için etkin yöntemler olarak kullanılmaya başlamasından bu yana elde edilen verileri işlemek için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) den faydalanılmaya başlamasıyla beraber daha detaylı ve tutarlı analizler yapılabilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte coğrafi verinin dijital olarak kaydedilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması ile haritalandırma, arazi kullanımlarının tespit edilmesi, doğal kaynakların kaynakların bulunması ve kullanımlarının takip edilmesi uzaktan algılama ve CBS sistemleri sayesinde yüksek perfomansla gerçekleştirilebilmektedir. Aynı şekilde kentler için alt yapı ve üst yapı tesisleri, nüfus dağılımları, yerleşim yeri tercihleri ve kentsel yayılma gibi konularda yalnizca coğrafi bilginin kalitesini artirmakla kalmayıp aynı zamanda üretilmesi zor olan bilgilere güncel bir şekilde erişim

sağlayabilmesi itibari ile şehir ve bölge planlamacılıkta da özellikle tercih edilen bir yöntem olmuştur [3]. Uzaktan algılama yönteminin çalışma prensibi basit olarak yeryüzünden yansıyan görünür veya diğer dalga boylarındaki enerjinin yerin üzerinden, uydularla tesbit edilip kaydedilmesidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Uzaktan algılama yöntemi [44]

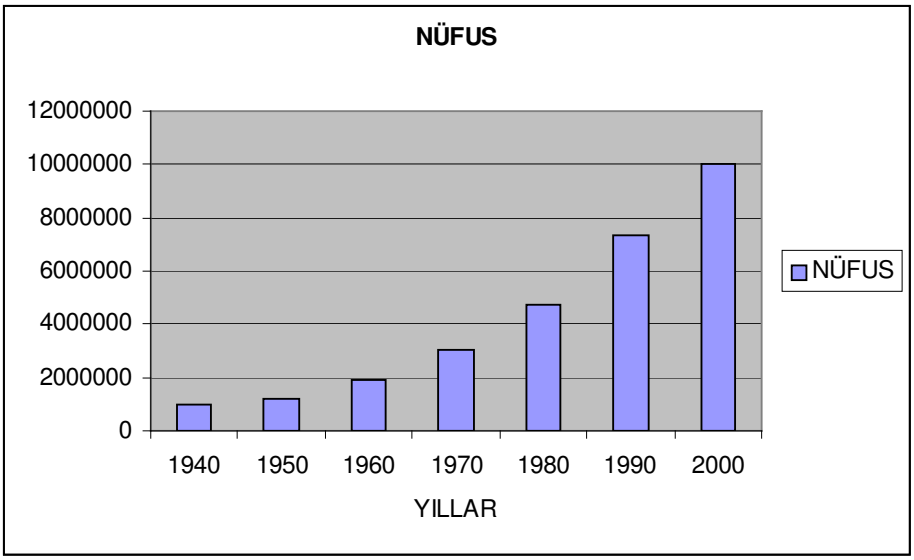
CBS, dünya yüzeyiyle ilgili mekansal veriyi toplamak, filtrelemek, depolamak ve analiz etmek için kullanılan bilgisayar sistemleri bütünüdür. Toplanan veri elektronik ortama aktarıldıktan sonra derlenip yine elektronik ortamda depolanır. Çeşitli yazılımlarda ve metotlarla analiz edilen veri üzerinden yapılan planlamalarda elde edilen olumlu sonuçlar CBS in tercih edilen bir sistem olarak yaygınlaşmasında büyük rol oynamıştır.

2.2 İstanbul'da Kentsel Yayılma

Yukarıda bahsedilen kentsel yayılma faktörleri İstanbul metropolitan kenti için de geçerliliğini korumaktadır. Devlet Planlama Teşkilatı'nın "Ülkemiz kentleri, özellikle 1950'li yıllar sonrasında planlardan bağımsız olarak ve denetimsiz bir şekilde yayılma eğilimi göstermişlerdir. Kentsel saçaklanma, genellikle denetim dışı yapılaşma ve tehlikeli alanlarda gelişmeler anlamına gelmekte ve ciddi risk havuzları oluşturmaktadır." tespiti ile birlikte İstanbul gelişmekte olan ülke kentleri statüsünde incelendiğinde daha gerçekli sonuçlar alınmaktadır [40].

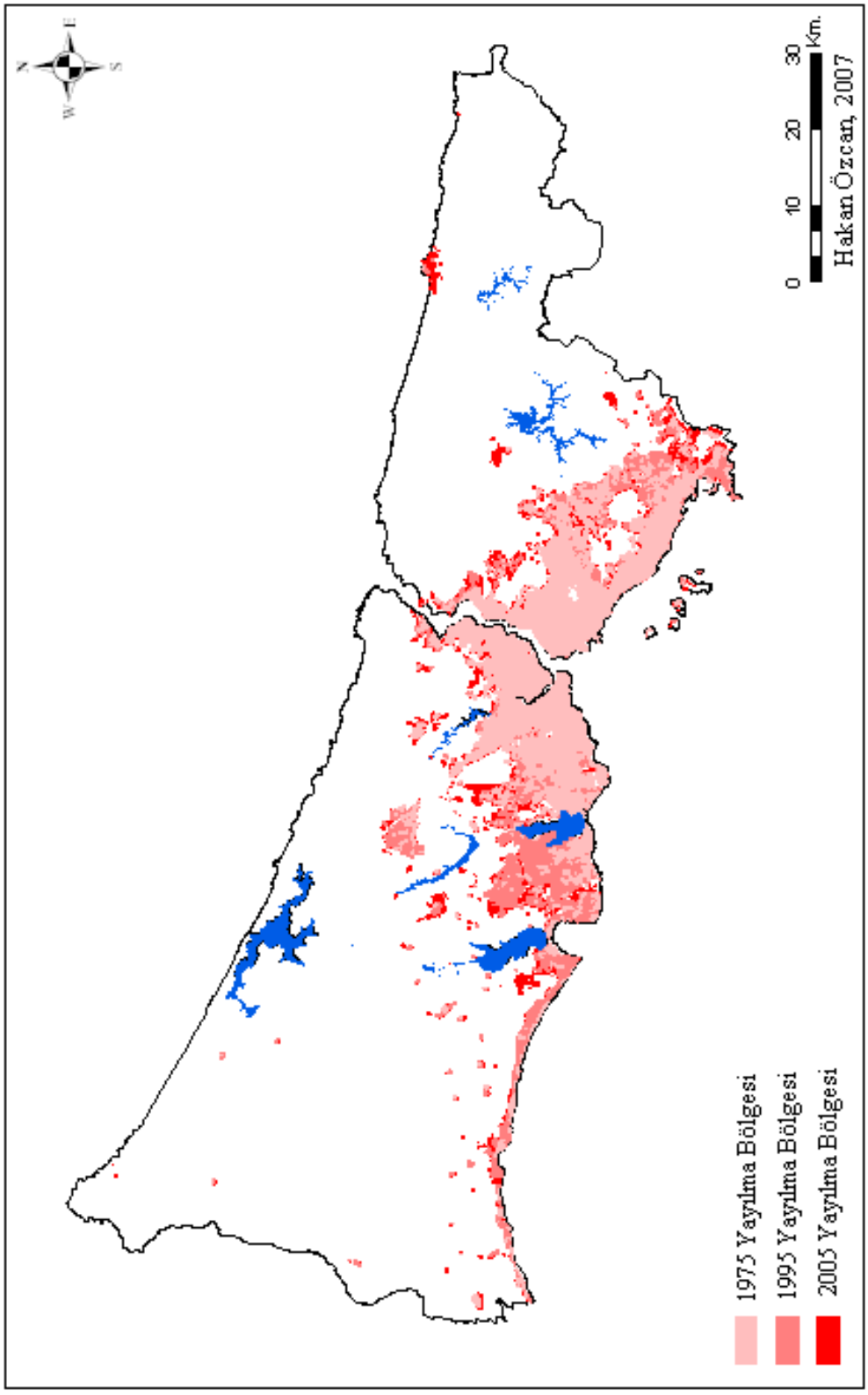
1950'lerden sonra Türkiye'de yaşanan hızlı kentleşme, Marmara Bölgesinde en geniş boyutlarıyla yaşanmış, odak noktası Doğu Marmara alt bölgesi ve özellikle İstanbul ili olarak ortaya çıkmıştır. Nüfusun hızlı artışı, toprak bölünmesi, tarımda makineleşme gibi nedenlerle kırsal alanda iş gücü fazlası sanayileşme ile çekiciliği artan kentlere yönelmiştir. Hızlı ulaşım olanaklarının artması ile birlikte göçler hızlanmıştır. Kentleşmenin bölgeler arası dağılımına bakıldığında, Marmara ve Ege Bölgesindeki fazlalıklar göze çarpmaktadır. Türkiye'de kentleşmenin özellikle büyük şehirler yoluyla olduğu, başta sanayi olmak üzere, kentsel fonksiyonların doğması için gerekli dış ekonomileri ancak belirli bir nüfus üzerindeki kentlerin yaratabileceği ve bu kentlerin bölgenin gelişmesine öncülük edeceği gerçeği ile İstanbul'un Marmara Bölgesindeki kentleşmedeki payı ihmal edilemeyeceği gibi, bölgede kentleşmenin ivmesi İstanbul olmuştur [29].

1940 yılında İstanbul içinde nüfus yoğunluğu Eminönü, Fatih, Beyoğlu ve Beşiktaş'ta toplanmış, Üsküdar, Kadıköy, Sarıyer, Beykoz, Bakırköy, Maltepe ve Kartal'da yayılma göstermiştir. Bu alanlardan yalnızca Maltepe ve Kartal belediye sınırları dışındadır. 1950 yılında artış sürekliliğini korumuştur. 1960'da önceki yıllardan farklı olarak artan nüfusun daha fazla bir kısmı belediye sınırları dışına taşınmıştır. Sanayi alanlarının, yapı denetimi dışında olan bu yayılmaya zemin oluşturduğu görülmektedir. 1970'lere gelindiğinde belediye sınırları dışındaki nüfusun hızla artmaya devam ettiği ve bu artışın özellikle gecekondu bölgelerinde olduğu tespit edilmiştir. 1980 yılında nüfus artışı sürerken, Anadolu yakasında çevre yolu üzerinde olduğu kadar, çevre yolundan uzak, barajlara ve orman sınırına yakın bölgelerde de nüfus yığılmaları oluşumuştur. 1990 yılına gelindiğinde, Avrupa yakasında birinci ve ikinci ana yollar arasında yoğunlaşma artarken, Anadaolu yakasında deniz ile birinci çevre yolu boyunca yayılma olmuştur. Genel olarak onar yıllık aralıklarla yapılan incelemede, nüfusun merkez-çevre arasındaki dağılımı yönünden merkez dışına kayma eğilimi içinde olduğu ortaya çıkmıştır. [5]



Şekil 2.2 1995-2000 yıllarında İstanbul nüfusu [40]

Böyle büyük bir bölge için kutup oluşturan İstanbul sürekli göç alan bir kent olması neticesinde tarihi yerleşim merkezlerinden başlayan yayılma süreci uydu görüntülerinden anlaşılacağı üzere doğu ve batı yönlerinde oldukça geniş çaplı olmuştur. Bu uydu verileri analiz edildiğinde yayılmanın yönü ve şiddeti rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Kentin doğu ve batı yönlerinde yayılmasının yanı sıra kuzey batı bölgesinde noktasal dağılmalar göze çarpmaktadır. Bu analiz sonucunda sürekli ve parçalı oluşumların düzensiz olarak ortaya çıkmasına dayanarak İstanbul'daki yayılmanın büyük ölçüde kontrolsüz olduğunu söyleyebiliriz. Her bir noktanın ilerleyen zamanlarda kendi çevresine yayılma potansiyeline sahip olduğu düşünülürse ne kadar geniş bir yüzeye dağılımın söz konusu olduğunu anlamak hiç de zor olmayacaktır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: 1975, 1995 ve 2005 yılları arasında İstanbul'daki yayılmanın uydu görüntüleri analizi (Landsat (Sınıflandırılmış) ve Iconos uydu görüntülerinden yararlanılmıştır) [45]

2.3 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

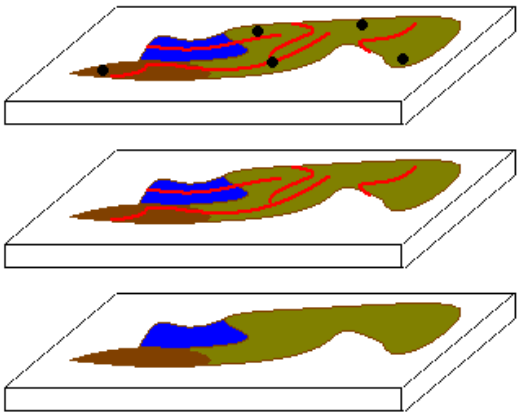
Coğrafya ve coğrafi veriler günlük yaşantımızı şekillendirir bir hale gelmişken karar destek sistemlerine de büyük ölçü de kaynak sağlamaktadır. Ozon tabakasındaki hasarlar, su kaynaklarının kirlenmesi, küresel ısınma gibi çevresel sorunlardan, sanayileşme, göç, altyapı gibi sosyal ve ekonomik bir çok boyutta faydalanıyor olmamızdan dolayı elde edilen verilen değerlendirilmesi için etkili ve pratik yöntemlerin gerekliliği söz konudur.

Dünya üzerinde bulunan konumsal olan ve olmayan bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplamaya, bilgisayar ortamında depolamaya, kontrol etmeye, analiz etmeye ve görüntülemeye olanak sağlayan teknik araçlar bütününü Coğrafi Bilgi Sistemleri olarak tanımlamak mümkündür. Geçmişi çok fazla olmayan fakat dünyada oldukça hızlı bir şekilde gelişen ve yeni bir bilgisayar teknolojisi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri bir çok alanda karar vericilere destek olan bir sistemdir. Coğrafi Bilgi Sistemleri bileşenleri donanım, yazılım, veri, personel ve amaçlar-hedefler için yöntem olarak sayılabilir.

Dünyada hızlı bir şekilde gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri, malesef ülkemizde sadece Kent Bilgi Sistemi adı altında Aydın ve Bursa gibi birkaç noktada şehircilik uygulamasına konu olmuştur. Araştıracıların ve çalışanların sistemi benimseyip, uygulamaya dökecek çabayı göstermesi gerekmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi, mekansal verinin veri analizine, gösterimine ve modellemesine bir taban oluşturur. Bu anlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri, haritanın icadından bu yana coğrafik bilgi kullanımında ileri doğru atılan en büyük adımdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, sistem analizlerini geliştirmek ve daha iyi çözümler üretmek için uygun ortamı oluşturduğu gibi birbiriyle ilişkili sistemlerin önemli uygulamalarında bilgisayar teknolojisi ile paralel olarak uygulanabilir [32].

İşte bu noktada CBS, dünya yüzeyiyle ilgili mekansal veriyi toplamak, filtrelemek, depolamak ve analiz etmek için kullanılan bilgisayar sistemleri bütünü olarak ortaya çıkmıştır. Mekansal veriye sözel bilgilerin entegre edilerek daha anlaşılır ve analiz edilebilir bir hale gelmesine olanak tanır. CBS i oluşturan temel birimlerin en başında insan gelir. Tüm çalışmanın bitiminde sonuçları yorumlayacak olan insandır. Donanım, Yazılım ve Veri Tabanı ve Metotlar geri kalan bütünü oluştururlar.

CBS üzerinde mekansal veriler noktasal, çizgisel ve alansal olarak katmanlar halinde gösterilebilir. Alansal katmanlarda poligonlar, çizgiler katmanlarda vektörler noktasal katmanlarda ise noktalar kullanılır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Üst üste bindirilerek oluşturulan katmanlar.

X ve Y koordinatlarına bağlı olarak sisteme aktarılan veri vektör veya raster olarak saklanır. Vektörel veriler koordinat düzleminde bir X,Y ikilisi ile temsil edilebilir. Tekbir X, Y bir noktayı temsil edebildiği gibi, bir noktalar dizisi ile doğru ve birden fazla doğru ile alanlar çizilebilir. Diğer yandan raster veri, pixel adı verilerin hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur ve hücresel olarak temsil edilir. Raster yöntemiyle veri daha fazla yer kaplar ve çözünürlükle alakalı olarak veri kaybı oluşabilir. Vektörel veriye göre avantajı ise bazı analizlerin daha kolay yapılmasına olanak tanıyor oluşudur.

Veri sisteme aktarıldıktan sonra üzerinde sorgulama işlemleri yapılabilir. Birbirinden bağımsız katmanlar ve veri tabanları arasında kurulan ilişkiler yardımıyla geniş çaplı sorgular çalıştırılabilir. Verinin üzerinde analizler yapılabilir gerektiğinde daha farklı sistemlere aktarılabilir ve tekrar geri yüklenebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojisi son yıllarda, yazılım ve donanım sistemlerindeki gelişime paralel olarak gelişen yeni bir teknoloji olup başlangıçta, eldeki haritaların bilgisayarda tutulabilmesi için amaçlanmış, daha sonraları ise grafik ve grafik olmayan bilgilerle, bunlara ait sözel ve sayısal diğer bilgile analiz edebilme noktasına gelmiştir. Bir Coğrafi Bilgi Sistemleri veri tabanında, analiz edilecek ve

sorgulanacak konu ile ilgili çok farklı kaynaklardan gelen veriler katmanlar olarak bilgisayarda tutulur; belli uzmanlık dalının kriterleri ile sorgulanarak yeni bilgiler üretilir [2].

2.4 Yapay Sinir Ağları (YSA)

İnsanoğlu teknolojinin sınırlarını zorlarken, yarattığı sistemlerin mümkün olduğunca kısa bir zamanda mümkün olduğunca fazla işlem yapabilmesi için çalışmıştır. Her ne kadar souçlar tatmin edici olmuşsa da bu müthiş sistemlerin tek eksiği bilgi bakımından dışarıya bağımlı olmaları yani o zaman için kendi kendilerine düşünüp öğrenemeleridir.

1950 lerin ortalarından itibaren, teknolojide yeni bir ufuk açacak olan kendi kendine öğrenen sistemlerin temelleri atılmış ortaya çıkan kavram Yapay Zeka verilmiştir. Zaman zaman teorik gelişmeler zaman zamansa teknolojiye yön veren mühendislerle insanı çözmeye çalışan doktorların birlikte yaptıkları çalışmalarla insanı taklit edebilen, insan gibi düşünerek düşündüklerini eyleme aktarabilen ve elde ettiği verilerden sonuçlar çıkararak öğrenebilen sistemlerin ilk örnekleri bilimin ve insanlığın hizmetine sunulmaya başlanmıştır.

Yapay Sinir Ağları da bu çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Adından da anlaşılacağı üzere temel olarak insan sinir sitemi yapısı örnek alınarak oluşturulan sistem; deneysel öğrenme yöntemiyle, aldığı verileri yorumlayarak ileriye yönelik tahmin ve öngörüde bulunma özelliği sayesinde diğer bir çok istatiksel modele kıyasla daha tutarlı sonuçlar elde etmesiyle kendini ispatlamıştır.

2.4.1 Yapay Sinir Ağlarının Gelişim Süreci

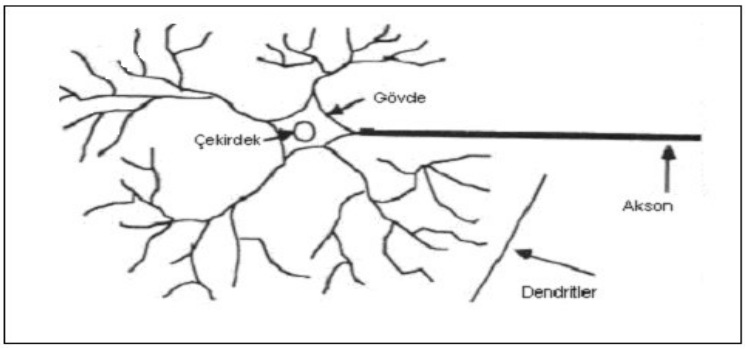
Transistorun icadından sonra yeniden şekillenen elektronik dünyasında mantıksal devreler düşünsel karar mekanizmalarını taklit edebilecek seviyenin daha da üstüne çıkmaya başlamışlardır. Yapay Sinir Ağları bu noktada yeni bir yeni ve dikkat çekici bir gelişme olarak ortaya çıkmıştır. McCullogh ve Pitts in oluşturduğu sabit eşikli iki değerli basit bir Neuron Yapay Sinir Ağları için atılmış ilk adım olarak kabul edilebilir. Sonrasında bilgisayar, elektronik ve tıp alanındaki ortak çalışmalarla çok yönlü bir gelişme süreci başlamış oldu. 1958 yılında Rosenblatt'ın, üç tabakadan

oluşan ve Yapay Sinir Ağları için kullanılabilen en basit sistem olan Perceptron'u tasarlamasından sonra Yapay Sinir Ağları daha çok ilgi görmeye başladı. Zaman zaman konu hakkında heves kırıcı gelişmeler yaşansa da 1967 yılında Amari'nin hata düzeltme için geliştirdiği matematiksel model (error-correction), 1974 yılında Werbos'un geliştirdiği Geri Beslemeli Ağlar (Back-Propagation), 1975 yılında Fukishima'nın el yazısı karakteri yorumlamak üzere geliştirdiği Çok Tabakalı Ağ (Cognitron) ve 1995 yılında Grossberg ve Carpenter'ın geliştirdiği ART algoritmaları ile Yapay Sinir Ağları, artan uygulama alanları ve çözümleme ağları ile günümüze kadar gelmiştir [38]

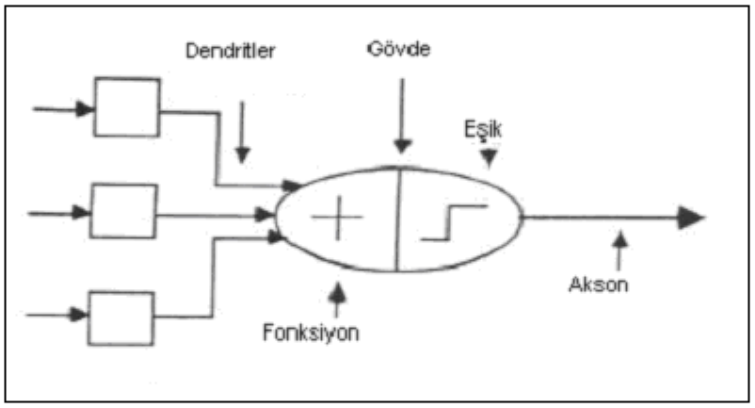
Çok basit olarak çalışma prensibi; alınan verilerin, önceden belirlenmiş fonksiyon üzerinden, bağlantı ağırlıkları ile işlenerek, istenen değerlere yaklaştırılması ile öğrenme sürecine dayanır. Yeterli şartların sağlandığı bir eğitim sürecinin sonunda, performansı hedef değer ile elde edilen değer arasındaki hata payı belirler. Geri Besleme (Back Propagation) yöntemi ile de sistemin kullandığı ağırlıklar hata payını en aza indirecek şekilde ayarlanır. Sonuç sisteme sunulan yeni veriler ile tahmin ve öngörü yeteneğidir.

2.4.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Biyolojik sinir sisteminin en küçük yapı taşı olan sinir hücreleri (Neuron) uç uca eklendikleri bölgede sinaptik uzantıları aracılığıyla yaydıkları elektrik sinyallerini işleyerek diğer hücrelere iletirler. Yapay sinir ağlarının yapıtaşları biyolojik sinir sisteminde olduğu gibi Neuron lardır. Neuronlar, tabakalar halinde bir araya gelerek Yapay Sinir Ağlarını, düzenli şekilde bir araya gelen ağlar da Yapay Sinir Ağı Sistemlerini meydana getirirler. Biyolojik sinir sisteminin zamanla geliştirdiği sinaptik bağlantılar gibi Yapay Sinir Ağları da öğrenim aşamasında uygulanan verilerin işlenmesi yoluyla neural bağlantılarında ağırlıklarını dengeleyerek kendini geliştirir. Hem görünüş hem de işleyiş itibari ile biyolojik sinir hücresi ile Yapay Sinir Ağı Hücresi birbirine çok benzemektedir (Şekil 2.5, Şekil 2.6).



Şekil 2.5: Biyolojik sinir ağı hücresi



Şekil 2.6: Yapay sinir ağı hücresi

En basit haliyle tek bir sinir hücresine Perceptron adı verilir. Bir perceptronu oluşturan birimler W ağırlıkları,Q eşik değerleri, g işlem fonksiyonu ve f transfer fonksiyonudur. Perceptrona giriş yapılan veriler X_i girdi kümesini, perceptronun oluşturduğu veri ise Y değeridir. Tek bir veri seti ile yapılan örnek bir işlemi matematiksel olarak inceleyecek olursak:

$$X_i = \{X_1, X_2, X_3, .., X_n\} \in \Re \quad \textbf{(2.1)}$$

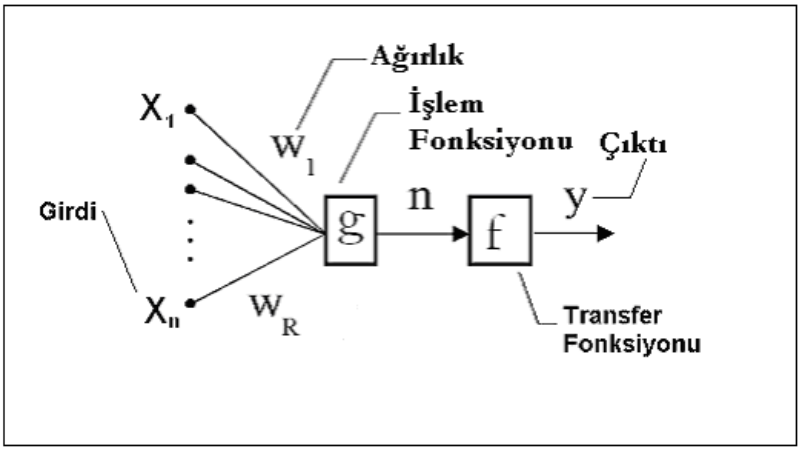
$$W_i = \{W_1, W_2, W_3, .., W_n\} \in \Re \quad \textbf{(2.2)}$$

$$Q_i = \{Q_1, Q_2, Q_3, .., Q_n\} \in \Re \quad \textbf{(2.3)}$$

$$g() = \sum_{i=0}^{n} X_i W_i - Q_i \quad \textbf{(2.4)}$$

$$f() = \left\{ \frac{1; g() \geq 0}{0; g() < 0} \right\} \quad \textbf{(2.5)}$$

Giriş katından sinir hücresine uygulanan X_i verileri kendilerine tahsis edilen W_i ağırlıkları ile güçlendirilir veya zayıflatılırlar (Çarpma işlemi). Bu sayede bir kısım veri, üretilen sonuçta daha fazla etkili olurken, diğer bir kısmı belli belirsiz kalabilir. Ağırlıklandırmadan sonra veriler g() işlem fonksiyonuna gönderilir. İşlem fonksiyonu toplama, mod, minimum gibi basit işlemler olabileceği gibi normalizasyon işlemlerinden, kullanıcının tanımlayacağı özel işlemlere kadar geniş bir uygulama sahası içinden seçilebilir. Örnek olarak toplama (Σ) fonksiyonu kullanılacak olursa işlem fonksiyonunun görevi gelen verileri birbirleriyle toplamak olacaktır (Şekil 2.7) [38].



Şekil 2.7: Perceptronun yapısı

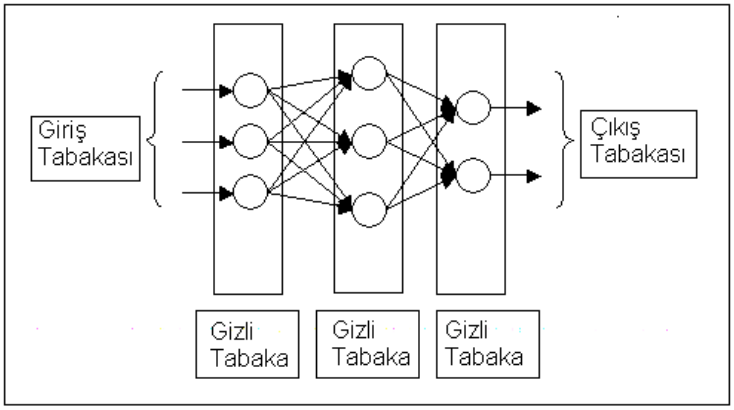
İşlem fonksiyonundan elde edilen veriler f() transfer fonksiyonuna iletilirler. Bazı sistemlerde, işlem fonksiyonu çıktısının zamana bağlı değişimini de ele alabilmek için aktivasyon fonksiyonu kullanılır fakat konu hakkında henüz detaylı sonuçlar elde edilemediğinden çoğu durumda aktivasyon fonksiyonu t anında birim değerinde kullanılır bu da etkisiz eleman görevi gördüğünden sisteme eklenmesi veya eklenmemesi bir şeyi değiştirmez. Transfer fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyon olup aldığı değerleri taşıdığı algoritma ile nihai sonuca dönüştürür. Eşik, Sigmoid, Hiperbolik Tanjant gibi fonksiyonlar genellikle kullanılan transfer fonksiyonlarıdır. Örnek olarak Adım (Ψ) fonksiyonu kullanılacak olursa transfer fonksiyonun görevi 0'dan küçük gelen değerler için çıktı sonucu olarak 0, 0 ve 0'dan büyük gelen değerler için çıktı sonucu olarak 1 üretmektir. Elde edilen bu sonuç nihai değer olarak değerlendirilebileceği gibi başka bir sinir ağına girdi olarak da gönderilebilir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Örnek verilerle ağın çalışması

#	Xi	Wi	b	f()	g()	Y
1	1	0.5	3	5.5	1	1
2	-1	0.2				
3	2	0.1				
4	5	1				
5	0	0.6				

Perceptron'a uygulanan örnek veri setinde ağırlıklarla çarpılan giriş verileri toplandıktan sonra eklenen b sabiti ile çıkan 5.5 sonucu 1 den büyük olduğu için transfer fonksiyonu sonucu 1 olarak üretmiştir.

Benzer şekilde yapılandırılan hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşturulan tabakalar birbirleriyle ilişkilendirilerek istenen yapıda sinir ağları oluşturulabilir. Katman sayısı tasarlanan sisteme özgü olarak belirleniyorsa da en çok kullanılan yapılar giriş, çıkış ve gizli olmak üzere 3 tabakadan oluşur. Tasarlanan ağın modeline göre gizli tabaka sayısı birden fazla olabilir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Sinir ağının katmanları

Giriş katındaki neuron'ların görevi, sadece uygulanan veriyi gizli tabakaya taşımaktır. Veri üzerinde herhangi bir değişiklik yapmazlar. Çıkış katındaki neuron'lar ise verinin son halini çıktı olarak dışarıya veya tekrar işlenmek üzere bir önceki tabakaya gönderirler . Asıl işlemler giriş ve çıkış tabakaları arasında bulunan gizli tabakalarda gerçekleştirilir. Gizli tabaka en az bir adet bulunmak üzere birden fazla olabilir.

Verinin ağ üzerindeki akış yönü ileri doğru olsa da bazı durumlarda geriye doğru da hareket edebilir. Böyle ağlara Geri Beslemeli Ağlar adı verilir. Geri Beslemede veri tabakalar arasında bir döngü içerisinde hareket eder. Diğer bir akış hareketi Geri Yayılmadır (Back Propagation). Geri yayılmada amacı çıkış katında tespit edilen sapma değerini en aza indirgemek için gizli tabakadaki katsayıların düzenlenerek verinin tekrar işlenmesini sağlamaktır. Verinin dönüşümlü hali ağ içerisinde bir önceki tabakaya geri gönderilerek tekrar işleme tabi tutulur. Böylece sapma en aza indirgenerek en doğru sonuca yaklaşılır.

Uygulamayı taşıyacak olan ağ yapısı oluşturulduktan sonra sıra ağın eğitimine gelir. İncelenecek konu hakkında daha önce hazırlanmış olan veri seti (Training Set) yapay sinir ağına uygulanacak şekilde hazırlanır. Verinin normalize edilmesi ağın performansı açısından destekleyici bir etki gösterir. Eğitim sırasında denetimli (supervised) veya denetimsiz (unsupervised) eğitim yaklaşımlarından biri kullanılır. Aralarındaki fark, girdi-çıktı ilişkilerinin ağa tanıtılıp tanıtılmamasıyla belirlenir. Yöntemler farklı amaçlar için kullanılsa da genel olarak tercih edilen denetimli eğitimdir. Başlangıç ağırlıkları atandıktan sonra eğitim setindeki veriler giriş katına aktarılır oradan da gizli tabakaya aktarılır. İşlem fonksiyonu gerekli düzenlemeleri yapıp transfer fonksiyonunda işlenen sonucu çıkış katına iletir. Sonuçlar, istenilen değerler ile karşılaştırılır. Sapma değerleri, iç tabakalara geri gönderilip ağırlıklar tekrar düzenlenir, yeni düzenlenen ağırlıklarla veriler tekrar değerlendirilip sonuçlar gözden geçirilir. Bağlantı ağırlıkları her seferinde değiştirilerek işlem istenen sonuca en yakın değerler elde edilene kadar tekrarlanır. Ağırlıkların değişim oranı ve kabul edilebilir sapma değerleri sisteme eğitim başlangıcında tanımlanır. Optimum verimin elde edildiği noktada sistemin ağırlık değerleri tanımlanmış olur [35].

2.4.3 Yapay Sinir Ağlarının Performansı

Sistem performansı, eğitim setinde kullanılan verilerden sistemdeki katman ve neuron sayısına, kullanılan işlem ve transfer fonksiyonlarından öğrenme katsyısı ve kabul edilebilir sapma değerine kadar pek çok faktörün toplamıyla değerlendirilir. Düşük performanslı sistemlerde, eğitim çok uzun sürebildiği gibi anlamsız sonuçlar da elde edilebilmektedir. Az eğitilen sistemlerde olduğu gibi çok eğitilen sistemlerin de optimumdan uzaklaştığı görülür. Önemli olan minimum zamanda maksimum öğrenmeyi sağlayacak eğitim programını hazırlayabilmektir. Kaldı ki sistem kullanım sırasında öğrenmeye devam edip kendisini düzenleyebilir.

Yapay sinir ağları ile kullanılan mimariye, bağlantıların yapısına, öğrenme tekniklerine göre farklı modeller oluşturulabilir. Sistem içerisinde kullanılan katmanların ve neuron'ların sayısı ağın mimarisini belirlerken, denetimli ve denetimsiz olması öğrenme tekniğini belirler. Ağın ileri beslemeli ya da geri beslemeli oluşu ise bağlantı yapısı ile alakalıdır.

Yapay Sinir Ağlarının diğer matematiksel modellere ve tahmin yöntemlerine olan üstünlüğü belli başlıklar altında toplanabilir. Öğrenme Yeteneği, Yapay Sinir ağlarının en karmaşık problemlerin dahi üstesinden gelmesine olanak tanıyan ve adına esin kaynağı olan biyolojik sinir siteminden aldığı en güçlü özelliğidir. Statik bir sistemden ziyade kendini geliştirebilmesini sağlayan öğrenme yeteneği sayesinde, Yapay Sinir Ağları, sistematik çözümler için güvenilir bir alternatif sunmaktadır. Limitsiz parametre ve değişken kullanımı model kurulumdaki esnekliğin kaynağıdır. Herhangi bir kısıtlama olmaksızın istenilen sayıda sisteme eklenen değişkenler karmaşık ve kirli veriden dahi anlamlı sonuçlar üretilebilmesine olanak tanır. Hayatın pek çok noktasında karşılaşabildiğimiz doğrusallıktan uzak yapılar üzerinde analiz yapabilmeleri, Yapay Sinir Ağlarının gündelik problemlere kolaylıklar uyarlanmasını mümkün hale getirir.

2.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yapay Sinir Ağları İle Yapılan Çalışmalar

İlerleyen teknoloji ile birlikte insanlığın hizmetine sunulan yeni sistemler, yapılan iş ne olursa olsun zamandan tasarruf etmenin yanı sıra, mevcut sınırları zorlayarak daha karmaşık işlemlerin basite indirgenmesi ile birlikte daha doğru sonuçlar elde etmeye

olanak tanımaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri ve yapay sinir ağları ile yapılan çalışmalar da bölge planlama biliminde arazi kullanımından nüfus dağılımlarının tespitine kadar pek çok farklı konuda, değişik tekniklerle araştırma yapmaya olanak tanımıştır.

Nouza, LaClair ve Schwab yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ile coğrafi bilgi sistemleri aracılığı kaydedilmiş raster veri üzerinde öngörüler yapacak bir model kurmayı denemişler ve yapay sinir ağlarının bölgesel seviyede arazi kullanımı farklılıklarını öngörebileceği sonucuna varmışlardır. Yaptıkları çalışmada, farklı dönemlerdeki arazi kullanım değerlerini, su kaynaklarına uzaklık, konut alanlarına uzaklık, ticari merkezlere uzaklık, ulaşım akslarına uzaklık, eğim, bakı, bölgelendirme ve nüfus yoğunluğu değişkenlerinin etkisi altında inceleyerek, bu değişkenlerin insanların araziyi şekillendirme eğilimlerini nasıl yönlendirdiğini ortaya koymaya çalışmışlardır [23].

Pijanowski ve Bauer de benzer yöntemlerle Minneapolis-St. Paul ve Detroit Metropolitan bölgelerindeki kentsel dönüşümü izlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Kullandıkları değişkenler otoyollara uzaklık, göllere uzaklık, nehirlere uzaklık, şehir içi ulaşıma uzaklık, topografyadaki farklılıklar, sokaklardaki kullanım yoğunluğu ve kent merkezine uzaklık olmuştur [26].

Alkheder ve Shan uzaktan algılama ve yapay sinir ağlarını kullanarak kentsel yayılmayı simüle edebilecek bir sistemi vektörel verilerle ölçmeyi denemişler; su, yol, konut, ticaret, orman, otlak ve tarım adı altında sınıflandırdıkları arazilerin belli bir zaman dilimi içerisinde hangi yönlere hangi şiddette yayıldıklarını tespit etmeye çalışmışlardır [1].

Daha geniş çaplı bir çalışmada Cheng, Masser ve Ottens kentsel yayılmayı çözümleyip arazi kullanımı konusunda ileriye dönük tahminler yapabilecek öngörü sistemleri üzerinde çalışmışlar ve farklı alternatifleri test etmeyi denemişlerdir. Kentsel yayılmanın çok değişkenli kompleks bir olgu olduğu gerçeğini de göz önüne alarak Cellular Automata, değişken tabanlı modelleme, mekansal istatistik modelleme, fraksiyon tabanlı modelleme, kaotik modelleme ve yapay sinir ağları gibi değişik yöntemler üzerinde denemeler yapmışlardır. Sonuç olarak veri gereksinimleri, coğrafi bilgi sistemleri ile entegrasyon imkanları ve yorumlama

çözümleri açısından her bir yöntemin kendine göre güçlü ve zayıf yönleri olduğunu ortaya koymuşlardır [8].

Benzer bir çalışmada Burbridge ve Zhang, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri aracılığı ile arazi kullanımındaki değişimleri üç farklı algoritma - Isodata, maksimum olabilirlik kestirimi ve yapay sinir ağları – ile test etmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır. Çalışmaya göre, yapay sinir ağları algoritmaları ile yüksek çözünürlükte en küçük farklılıkların bile algılanmasında optimum tutarlılık sağlanmıştır [6].

Yeh ve Li de Çin'de Dongguan kırsalındaki arazi kullanım planlaması için yapay sinir ağları ve cellular automata yöntemlerini birlikte kullanarak bir model kurmayı amaçlamışlardır. Bu modelde yapay sinir ağları parametrik değerlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılmasında önemli rol oynamıştır. Çok küçük parçalara ayırdıkları mekanda her bir parçayı modele giren değişkenler olan ana kentlere uzaklık, şehir merkezine uzaklık, en yakın ulaşım aksına uzaklık, en yakın otoyola uzaklık, en yakın demiryoluna uzaklık, komşuluk gelişmişlik seviyesi, tarıma elverişlilik parametrelerine göre değerlendirmişler ve ileriye dönük nasıl bir kullanımın daha verimli olabileceğini kestirmeye çalışmışlardır [37].

Sung, Lim, Ko ve Cho Güney Kore'de dağlık bölgelerdeki en verimli ve düzenli yerleşimin, çevresel etkileri de göz önüne alındığı bir modelde Yapay Sinir Ağları ile tespit edilmiş yerleşim eğilimlerinin GIS üzerine uygulamak sureti ile belirlenebileceğini ortaya koyan bir çalışma yapmışlardır [30].

Garcia, Gamez ve Alfaro Yapay Sinir Ağları ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin güçlü fonksiyonlarını bir arada kullanarak gayrimenkul piyasa araştırmalarında sıkça karşılaşılan data problemlerini ve lineer korelasyon sorunlarını bertaraf ederek tutarlı sonuçlar üretebilmişlerdir [12].

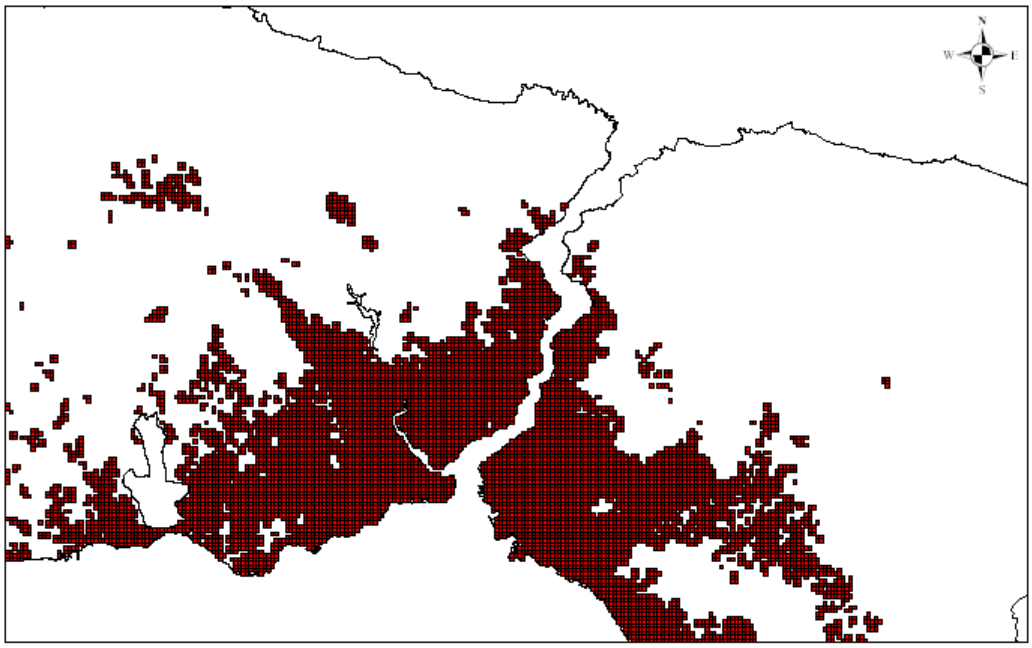
Yukarıda bahsedilen çalışmalarla, klasik yöntemlerle ele alınan bi takım süreçlerin daha karmaşık ama daha kullanışlı metotlarla yeniden değerlendirilmesi noktasına gelinmiştir.

3. İSTANBUL'DA KENTSEL YAYILMANIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) İLE MODELLENMESİ

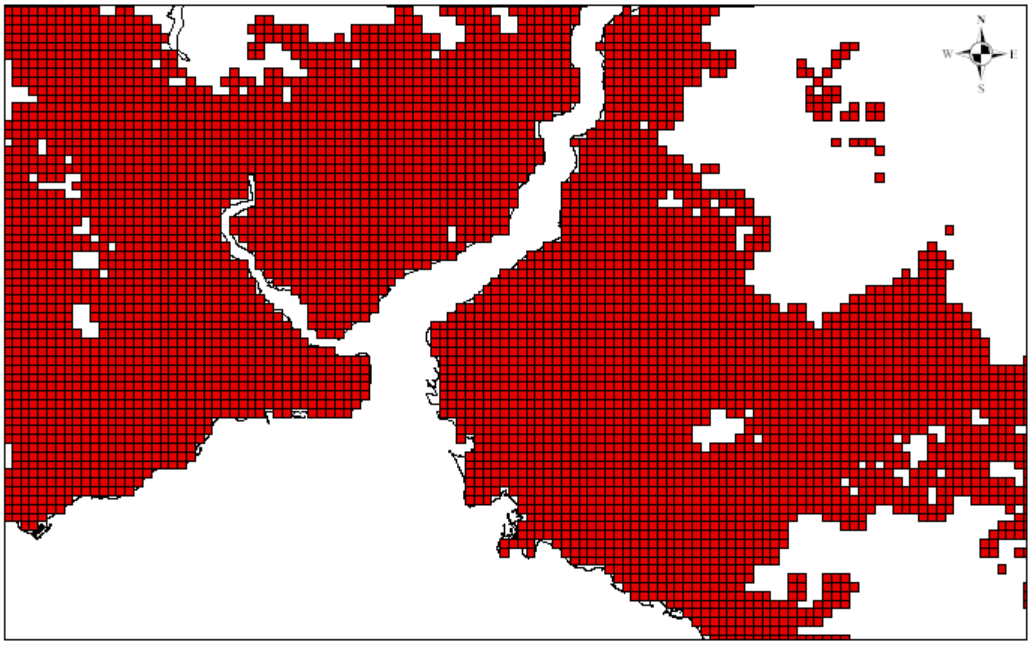
3.1 Veri tabanının oluşturulması

Tez kapsamında literatür araştırmalarına dayalı olarak, modellemede kullanılacak verinin düzenlenmesine ilişkin bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile geçmiş dönemde İstanbul sınırı içindeki yayılmayı inceleyip gelecek bir dönem için öngörüde bulunabilmek amaçlanmaktadır. Çalışmada, İstanbul üzerinde çok sayıda referans noktası belirleyip bu noktaların belirli değişkenlerle olan ilişkileri doğrultusunda aldıkları yerleşim bölgesi olma veya olmama özelliklerini inceleyerek bu özelliğin zamanla ve belirlenen değişkenlerle mevcut ilişkilerini modelleyerek ileriki yıllarda nasıl bir gelişim ortaya koyabileceklerinin saptanması hedeflenmektedir.

Öncelikle İstanbul sınırları dahilindeki tüm alan 250X250 metrelik karelere bölünerek 85.000 den fazla referans bölgesi ile tüm İstanbul'u kapsayan, 1995 nazım planı temel alınarak önce Autocad üzerinde oluşturulmuş daha sonra ArcGIS ile Shp dosyası haline getirilen bir grid haline getirilmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Referans bölgelerin dağılımı



Şekil 3.2: Referans bölgelerin Haliç çevresinde detay görünümü

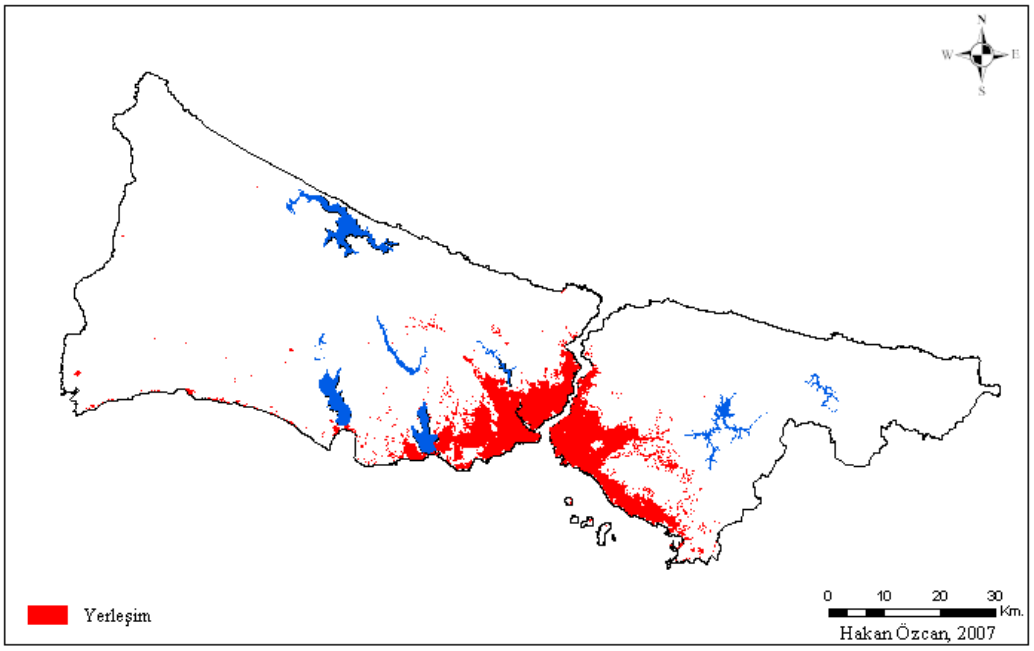
Oluşturulan her bir karenin kendine ait bir kodu vardır ve sadece kendisine ait özellikleri temsil eder. Bir sonraki aşamada karakteristik parametreler belirlenip, referans bölgeleri bu parametrik değerler ile ilişkilendirilmiştir.

Yerleşimde etkisini olduğu düşünülen ve verilerine ulaşılabilecek parametreler aşağıdaki gibi şekillenmiştir:

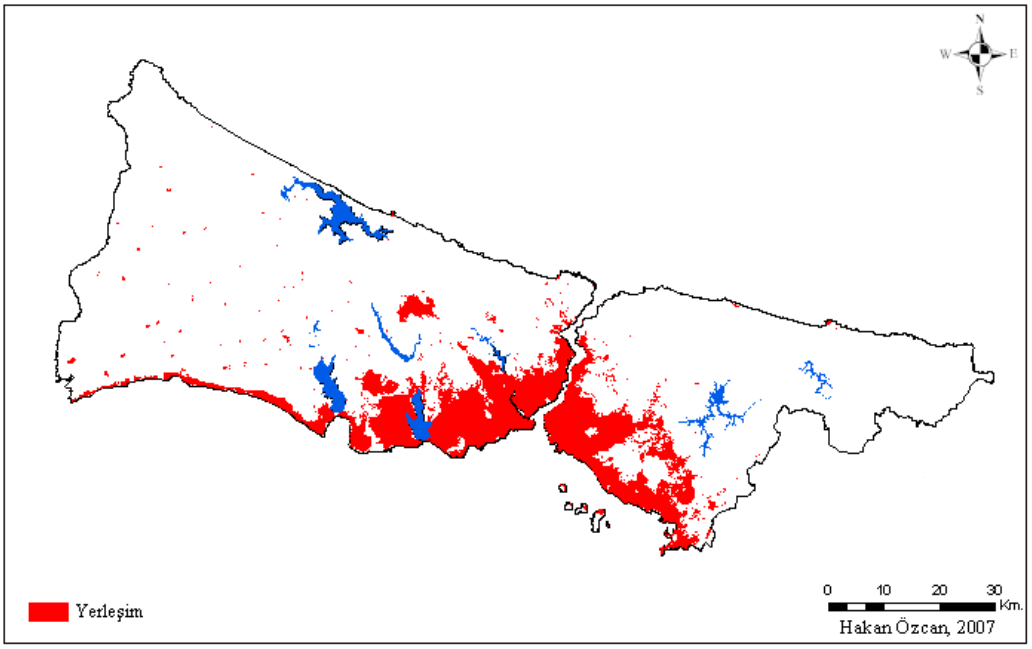
1) Ekolojik ve jeolojik bakımdan sakıncalı bölgeler
2) Birinci derece şehir merkezine uzaklık
3) İkinci derece şehir merkezine uzaklık
4) Üçüncü derece şehir merkezine uzaklık
5) Ana ulaşım akslarına uzaklık
6) Orman arazisi olma
7) Eğimi %20'den fazla olan alanlar
8) Nüfus
9) Geçmiş dönem yayılma deseni

Referans bölgeler ve parametreler arasındaki ilişkiler saptanırken her bir bölgenin merkez noktası baz alınmıştır. İlk aşamada bağımlı değişken olan yerleşim alanları verisi zamansal olarak düzenlenmiştir. Bu kapsamda 1975, 1995 ve 2005 yıllarına ait uydu görüntüleri sayesinde elde edilmiş kentsel yayılma verisi, 1995 Nazım Planı ve 2005 IMP Çevre Düzeni Planı doğrultusunda iyileştirmeler yapılarak kullanılmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5).

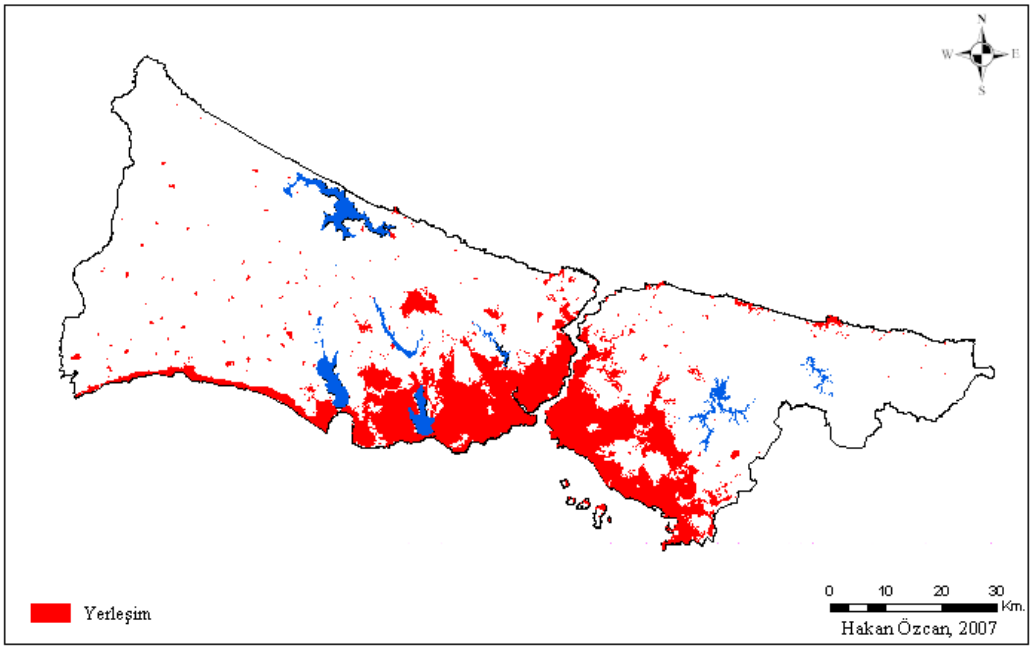
1975 yılına ait veri sadece 1995 yılı için geçmiş dönem yayılma deseni oluşturmak üzere kullanılırken, 1995 ve 2005 verileri 2015 yılına ait öngörü geliştirmek üzere modele alınmıştır.



Şekil 3.3: 1975 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Landsat uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45]

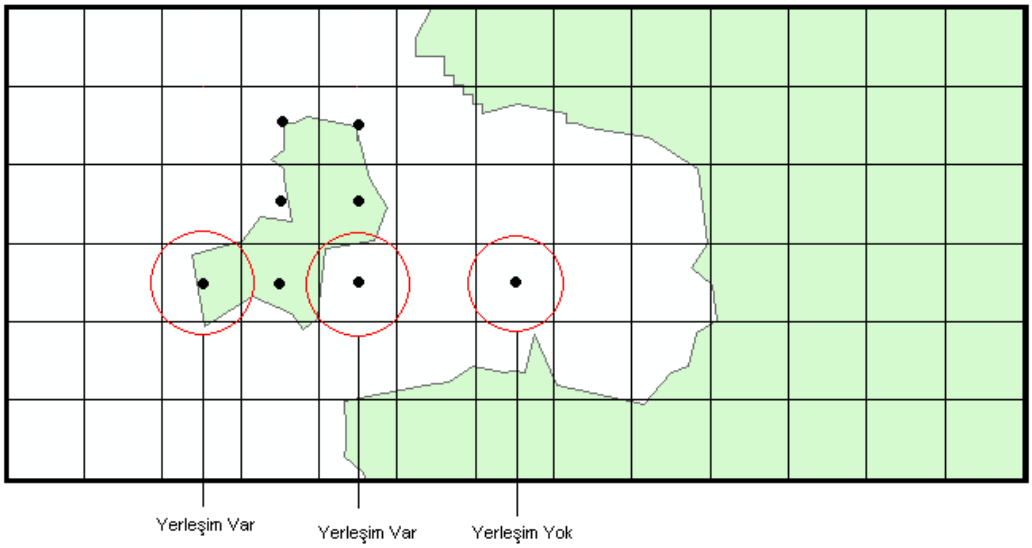


Şekil 3.4: 1995 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Landsat uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45]



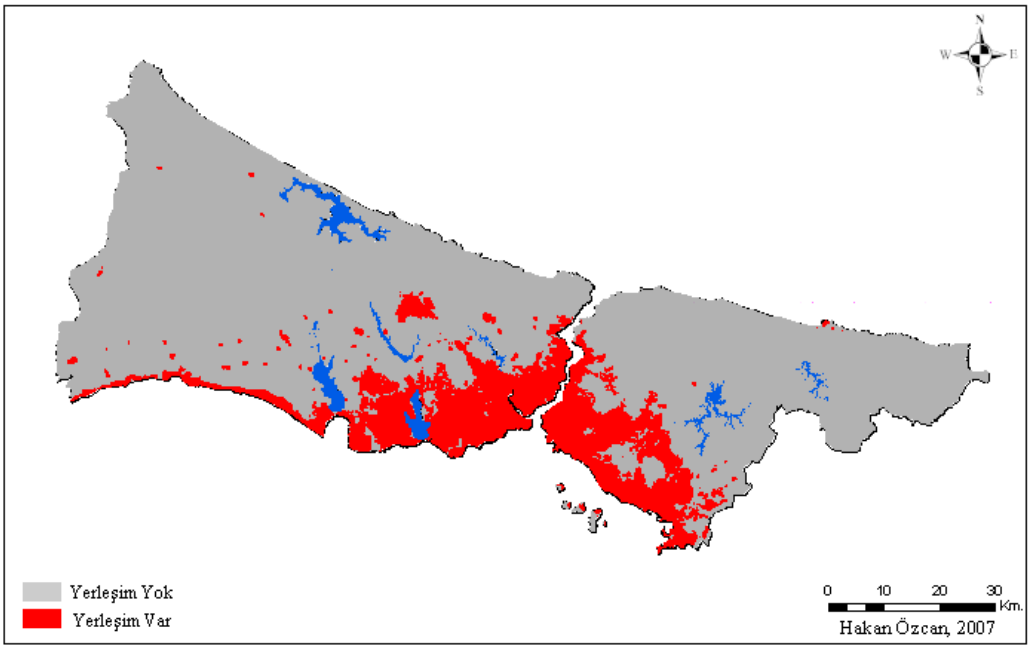
Şekil 3.5: 2005 yılına ait uydu görüntüleri ile İstanbul sınırları dahilinde yerleşim (Iconos uydu görüntülerinden yaralanılmıştır) [45]

Bir sonraki aşamada uydu görüntülerinden elde edilen veriler 1995 Nasım İmar Planı verileri ile karşılaştırılarak bazı düzenlemeler yapılmıştır. Her bir yıl için farklı grid katmanları hazırlanmış, sonrasında o yılın yerleşim katmanı ile grid katmanı çakıştırılarak referans bölgenin merkezi yerleşim alanında yer alıyorsa ilgili bölgenin yerleşim parametresi 2 aksi durumda 1 atanmıştır. 2015 yılı tahmin edilecek değer olduğundan o yılın veri tabanında bu parametre boş bırakılmıştır (Şekil 3.6). Atamalarda, referans bölgenin yerleşim bölgesiyle herhangi bir etkileşim olma durumu ArcGIS üzerinde "intersect" özelliği ile tespit edilmiştir.

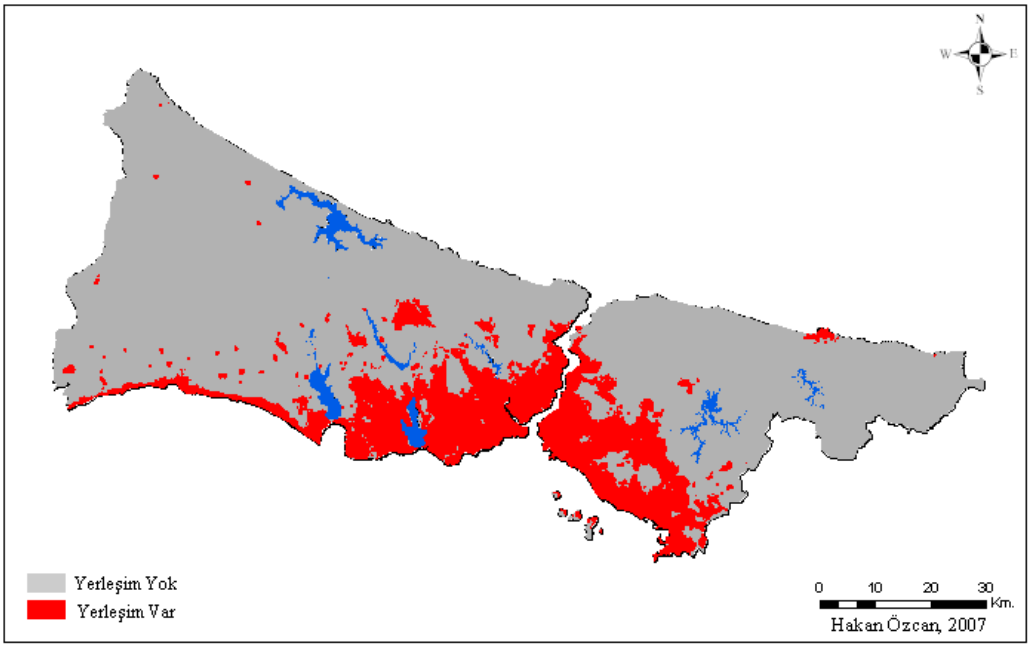


Şekil 3.6: Grid üzerine yerleşim parametre değerlerinin atanması

Bu yöntemle işaretlenen referans bölgelerinin İstanbul sınırları dahilinde yayılma desenleri tespit edilmiştir (Şekil 3.7, Şekil 3.8).

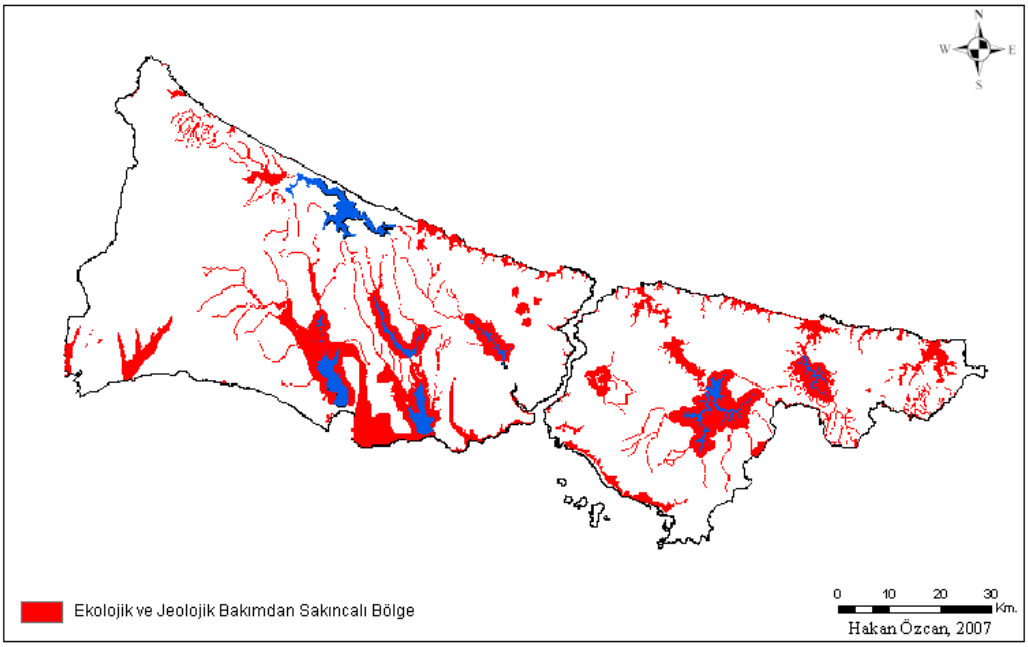


Şekil 3.7: 1995 yılı referans bölgelerinin dağılımı

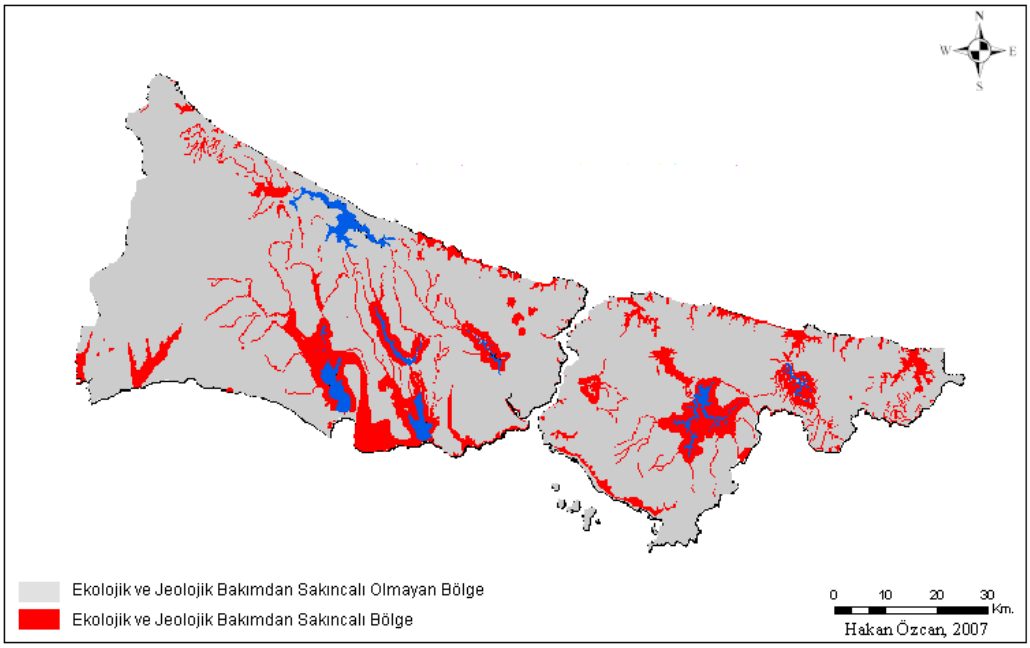


Şekil 3.8: 2005 yılı referans bölgelerinin dağılımı

Referans bölgelerin yerleşime ekolojik ve jeolojik açıdan hassas bölgelerde yer alıp almaması modelin geliştirilmesi ve öngörü için önemli bir parametre olacaktır zira yerleşime kapalı alanlarda oluşan yerleşkelerin, belirlediğimiz parametreler açısından karakteristik özellikleri tespit edilebiliyorsa, gelecek için benzer karakterestiklere sahip yerler üzerinde özellikle durulmasının gerekliliği ortaya konulabilir. Dere yatakları, havza mutlak koruma kuşakları, kumullar, jeolojik sakıncalı bölgeler hassas bölge olarak ele alınmıştır (Şekil 3.1.9).



Şekil 3.9: İstanbul sınırlarında ekolojik ve jeolojik açıdan hassas bölgeler [45]

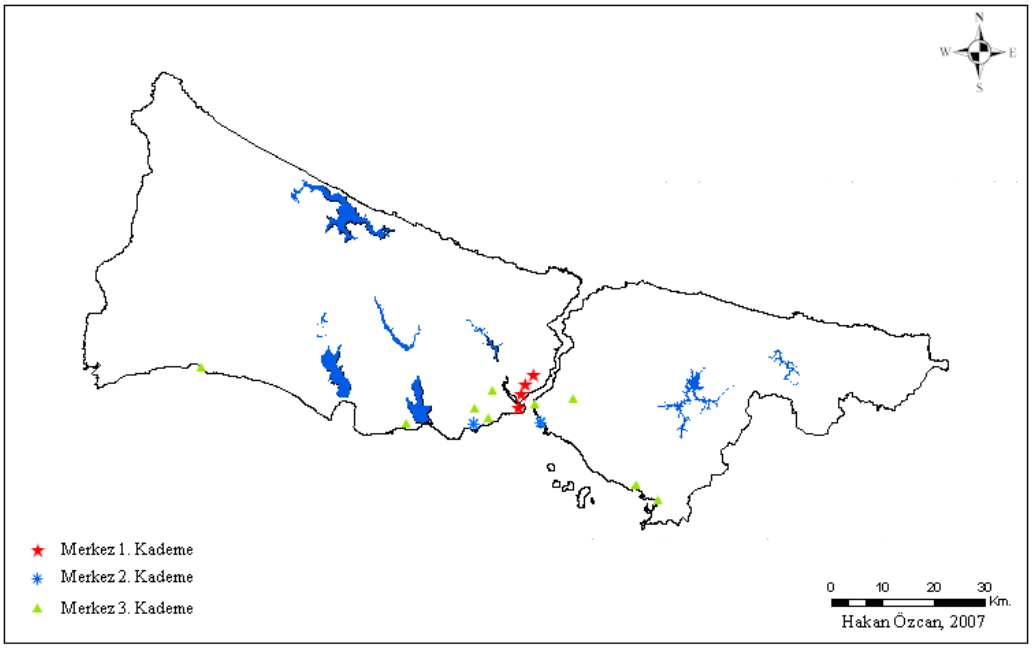


Şekil 3.10: Tüm yıllar için ekolojik ve jeolojik açıdan hassas bölgeler verisinin referans bölgelerinde dağılımı

Referans bölgeleri, yerleşime kapalı arazide yer almaları durumunda 1 ile yerleşime kapalı arazide yer almamaları durumunda ise 0 ile işaretlenmiştir. Tüm yıllar için kullanılan yerleşim uygunluk verisi aynıdır (Şekil 3.10).

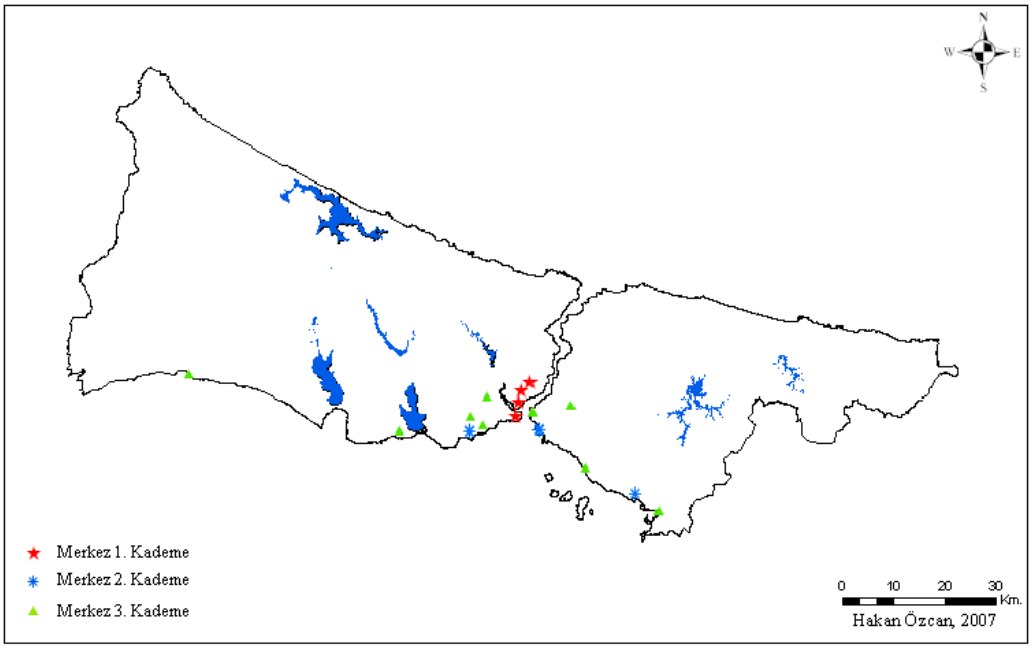
Şehir merkezi olma faktörü, belirlenen noktaların bir kutup oluşturabilme potansiyeline göre belirlenmiştir. Bu kapsamda merkezlik özelliği üç kademeli olarak şekillenmiştir. Birinci dereceden merkezler potansiyelleri itibari ile kuşku götürmeyen noktalardır zira tüm yıllar için Eminönü birinci merkez olarak belirlenmiştir. İkinci derece merkezler birinci derece merkeze yerleşim itibari ile uzak kalan bölgelerde kutup oluşturan ve ileriye dönük olarak birinci derece merkeze aday yerlerdir. Üçüncü derece merkezler ise henüz yeni yeni kendini göstermeye başlamış ve gelecekte bir kutup yaratmaya aday bölgelerdir.

1995 yılında Şişli ve Beyoğlu, Eminönü ile birlikte birinci derece merkez olarak değerlendirilirken Bakırköy ve Kadıköy merkezlik durumlarını korumuşlar bunun yanısıra Silivri, Avcılar, Güngören, Bayrampaşa, Üsküdar, Ümraniye, Pendik ve Tuzla üçüncü derece merkez kabul edilmişlerdir (Şekil 3.11).



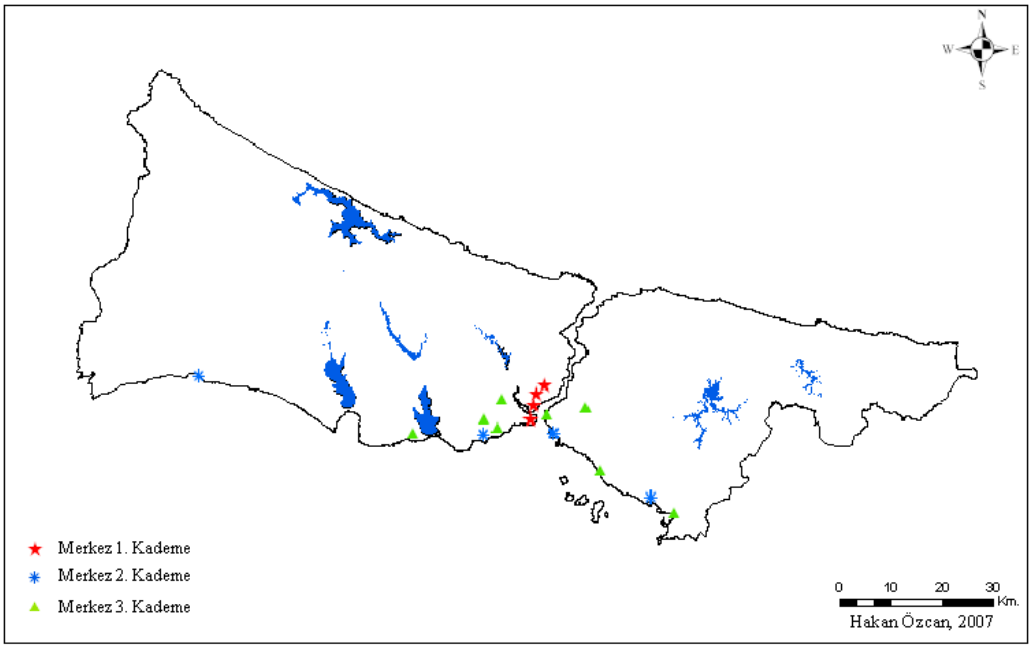
Şekil 3.11: 1995 yılında birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45]

2005 yılında ikinci dereceden merkezlere Bakırköy ve Kadıköy'e Pendik eklenmiştir. Maltepe de üçüncü derece merkez olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: 2005 yılında birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45]

Merkez bölgelerin gelişmeleri, 2015 Yılı için 1/100000 çevre düzenleme planı doğrultusunda göz önünde bulundurulmuştur. Bakırköy ve Kadıköy konumlarını sürdürmeye devam ederken Silivri ikinci dereceye yükselmiştir. Bunun yanı sıra Maltepe ve Zeytinburnu'da 3. dereceden skalaya girmişlerdir (Şekil 3.13).



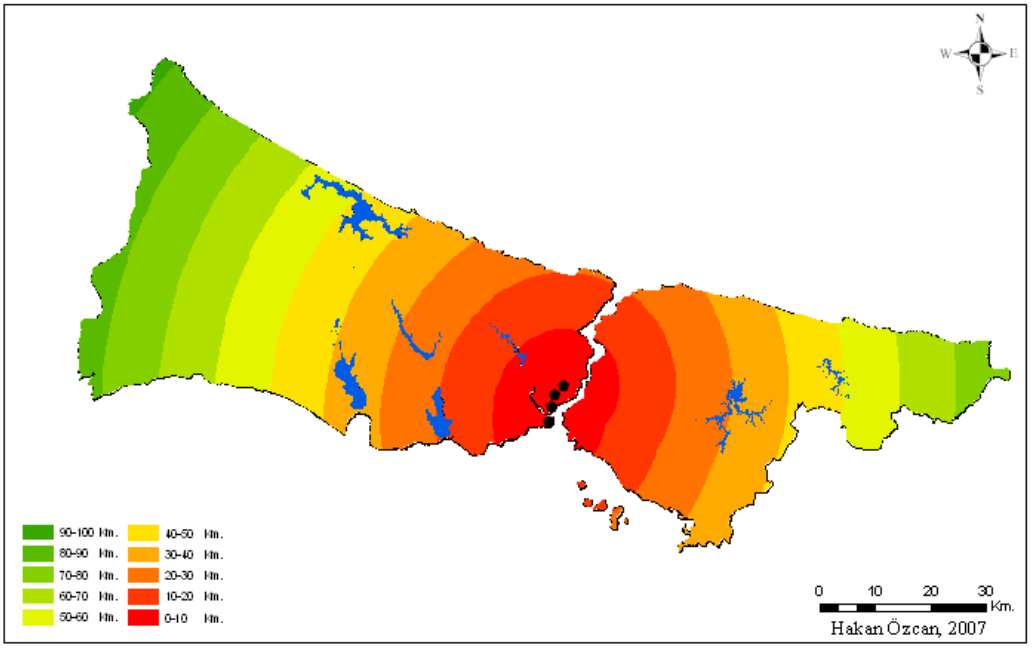
Şekil 3.13: 2015 yılında tahmini birinci, ikinci ve üçüncü kademe şehir merkezleri [45]

Merkezlere uzaklık parametresi, belirlenen mesafelerdeki yarıçap içerisinde kalan bölgenin sınıflandırılmasıyla oluşturulmuştur. Sınıflandırmayı seçici kılabilmek için 10 Km. yarıçaplı mesafeler halinde 10 adet bölge belirlenmiş merkezlere daha yakın olan bölgelere daha yüksek skala değeri verilmiştir. Böylece, merkeze yakın bölgelerin yerleşim açısından daha çok tercih edilebilecek bölgeler olduğu modele öğretilebilecektir (Tablo 3.1)..

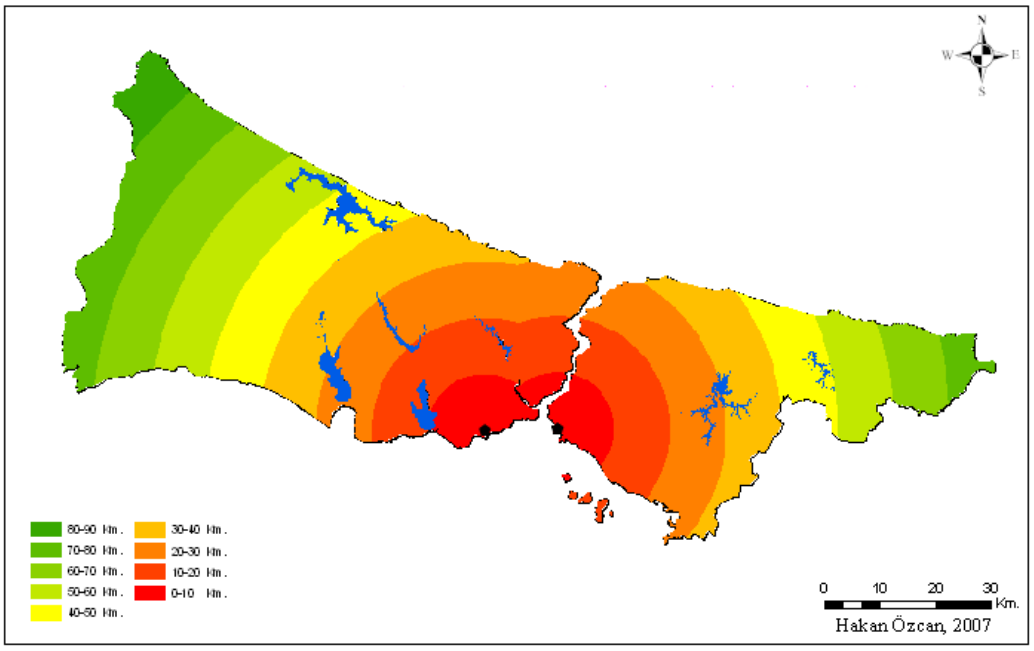
Tablo 3.1: Merkezlere uzaklık parametresi için belirlenen mesafe skalası

Skala Değeri	Mesafe	Skala Değeri	Mesafe
10	0-10 Km.	4	60-70 Km.
9	10-20 Km	3	70-80 Km.
8	20-30 Km.	2	80-90 Km.
7	30-40 Km.	1	90-100 Km.
6	40-50 Km.	0	> 100 Km.
5	50-60 Km.		

1995 yılında ikinci dereceden birinci dereceye yükselen merkezler mesafe dağılımını önemli ölçüde etkilemiştir. Görünüm tek kutuplu yayılmadan çıkmış çok kutuplu bir yayılma sergilemiştir (Şekil 3.14).

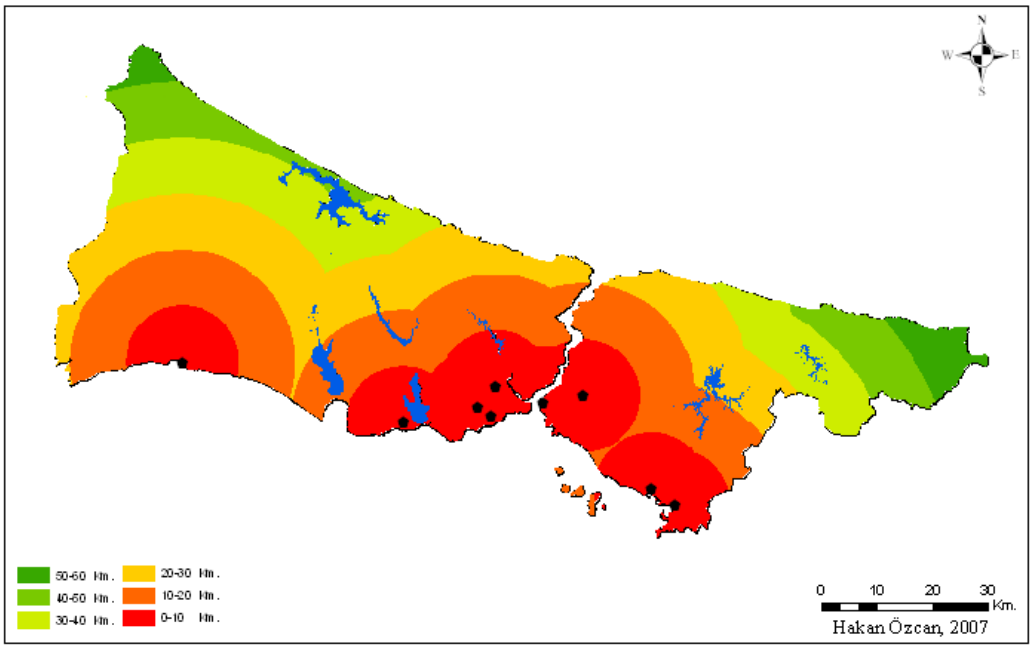


Şekil 3.14: 1995 yılında referans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı



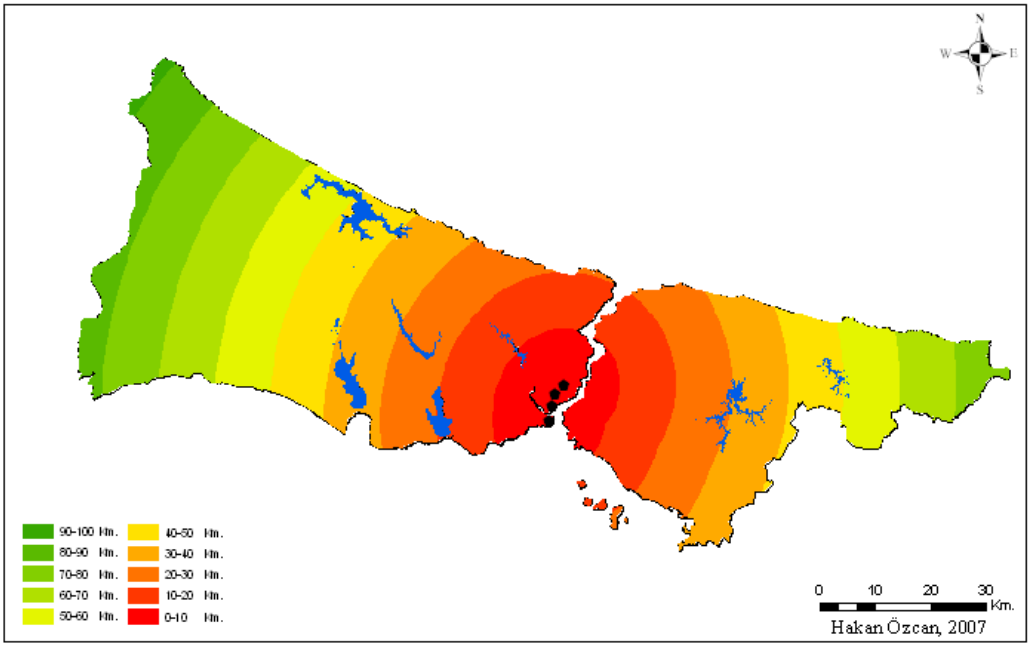
Şekil 3.15: 1995 yılında refans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı

Öte yandan üçüncü derece merkezlerin sayısı önemli ölçüde artış göstermiştir. Derecesi göreli olarak önem taşımakla birlikte merkez sayılarındaki artışlar mesafeleri kısaltarak yerleşim dağılımını da etkilemektedir (Şekil 3.16).

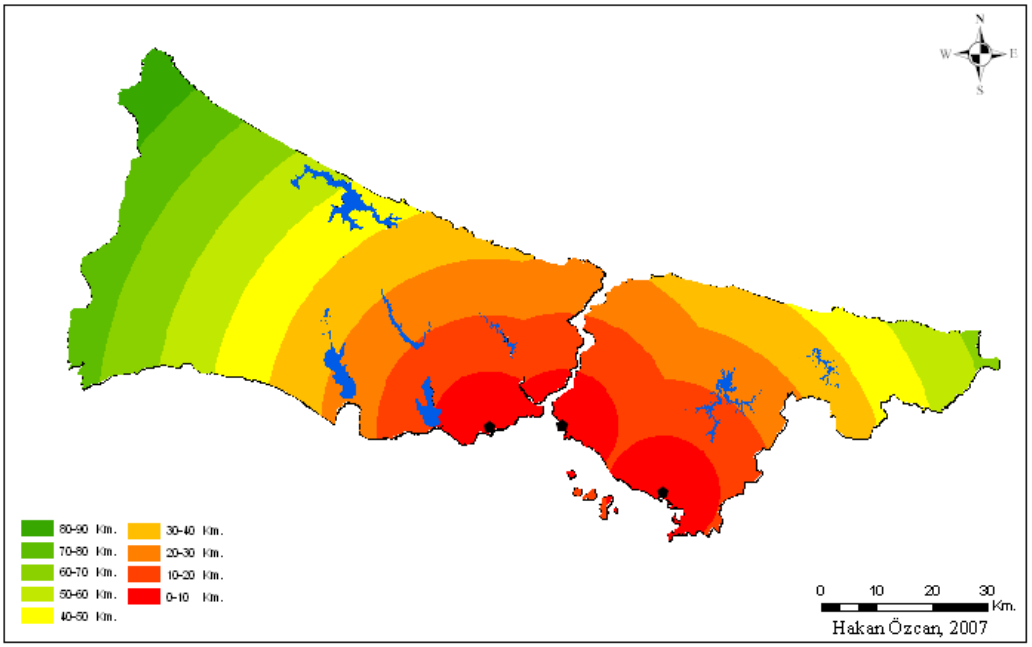


Şekil 3.16: 1995 yılında referans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı

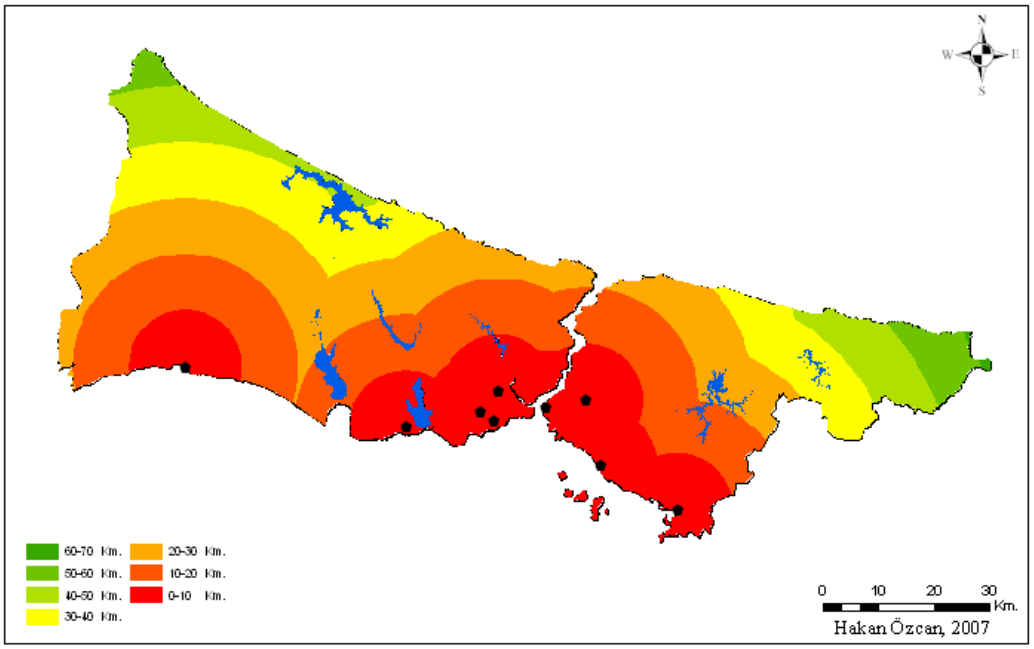
2005 yılına gelindiğinde birinci derece merkezler kalıcılıklarını köklü olarak sürdürürken, üçüncü derece merkezler ikinci dereceye yükselerek dağılımı değiştirmişler, üçüncü kademeye yeni eklenen merkezlerle birlikte mesafeler kısalmaya devam etmiştir (Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19).



Şekil 3.17: 2005 yılında refans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı

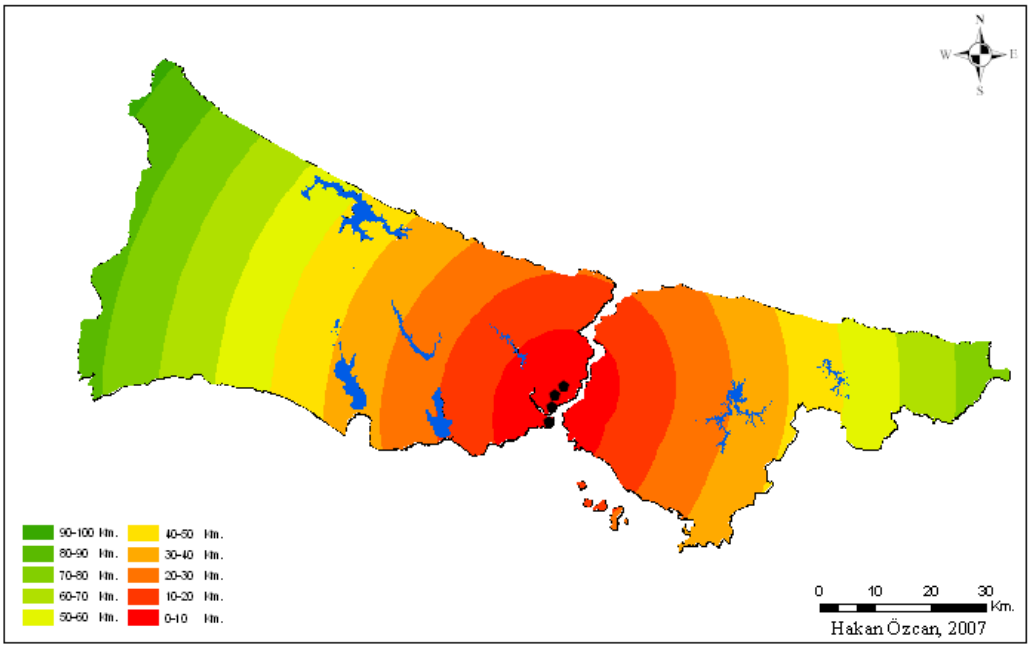


Şekil 3.18: 2005 yılında refans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı

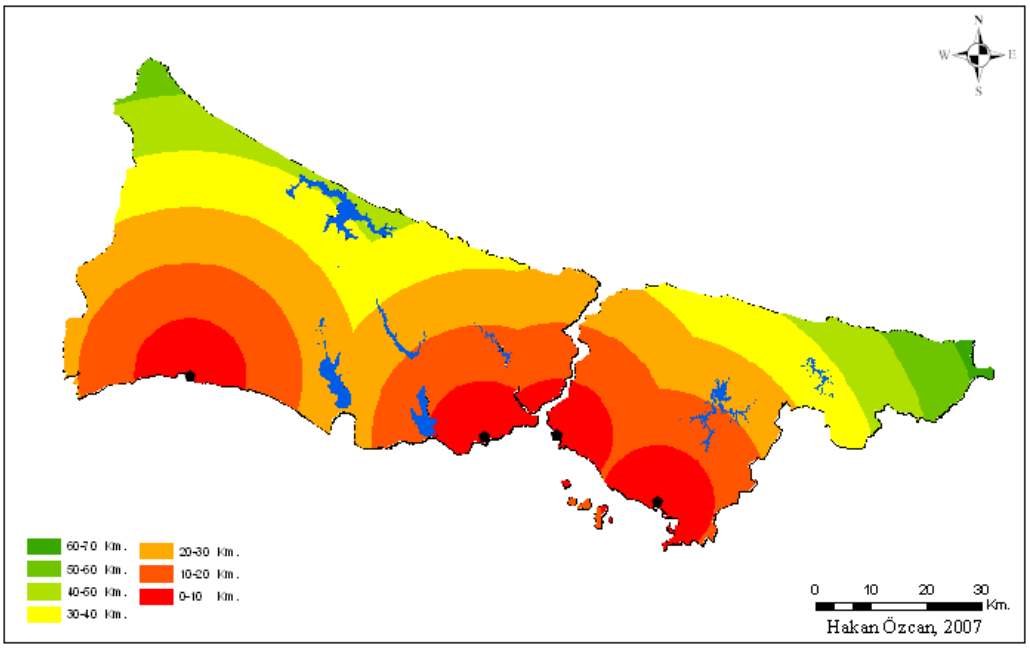


Şekil 3.19: 2005 yılında referans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı

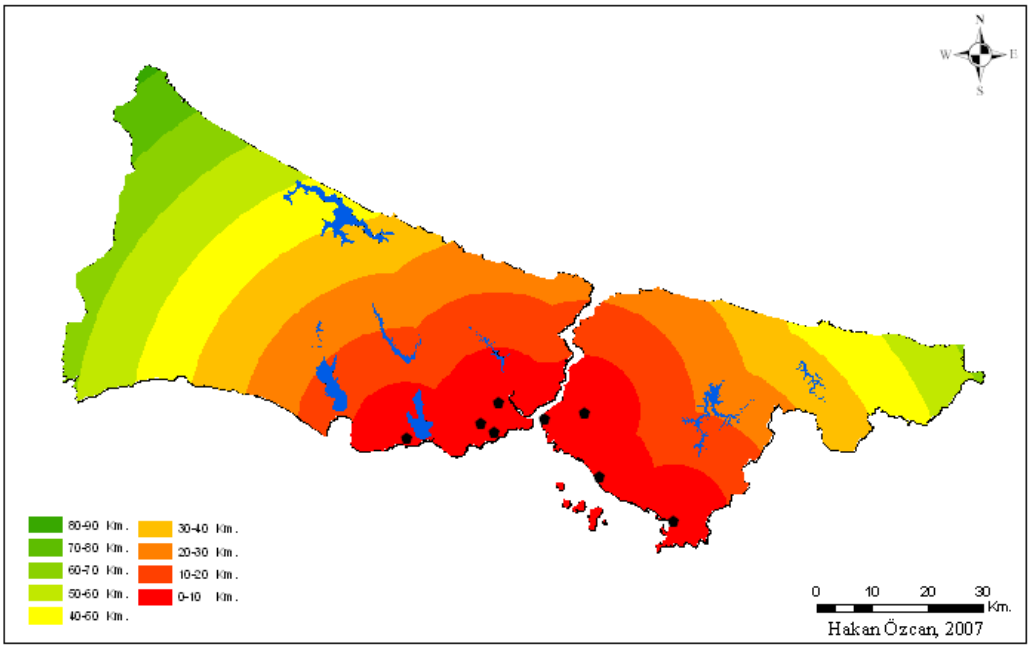
2015 yılının 1/100000 planına dayalı tahmini kademelendirmesinde sadece üçüncü dereceden ikinci dereceye yükselen üçüncü derece bir merkezin yarattığı mesafe değişikliği dışında her üç kademede de gözle görünür bir fark oluşmamıştır (Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22).



Şekil 3.20: 2015 yılında referans bölgelerin birinci derece merkezlere uzaklığı

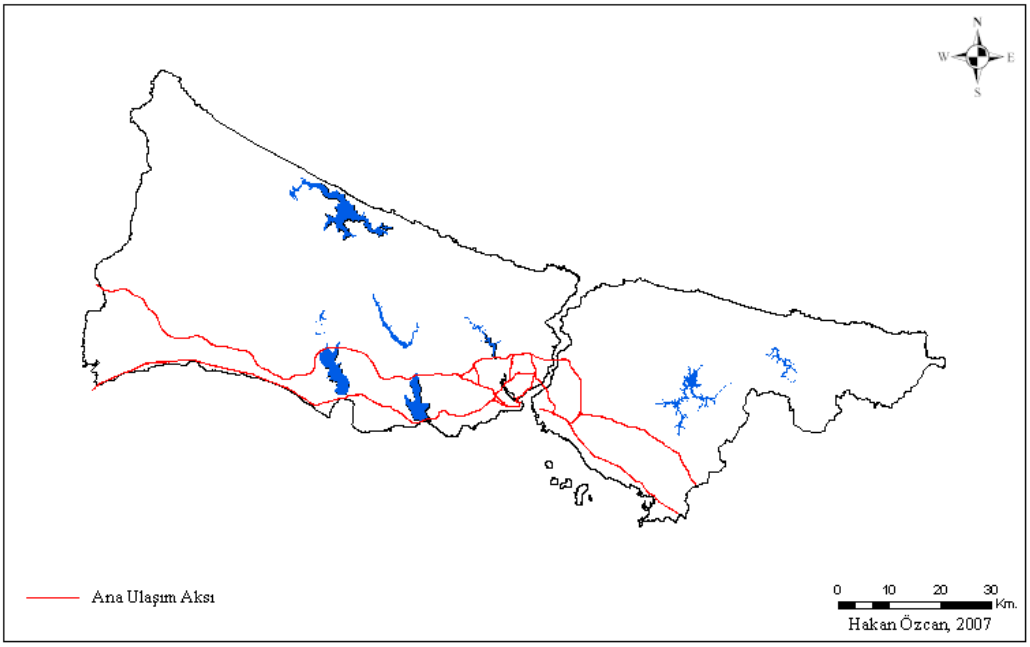


Şekil 3.21: 2015 yılında referans bölgelerin ikinci derece merkezlere uzaklığı

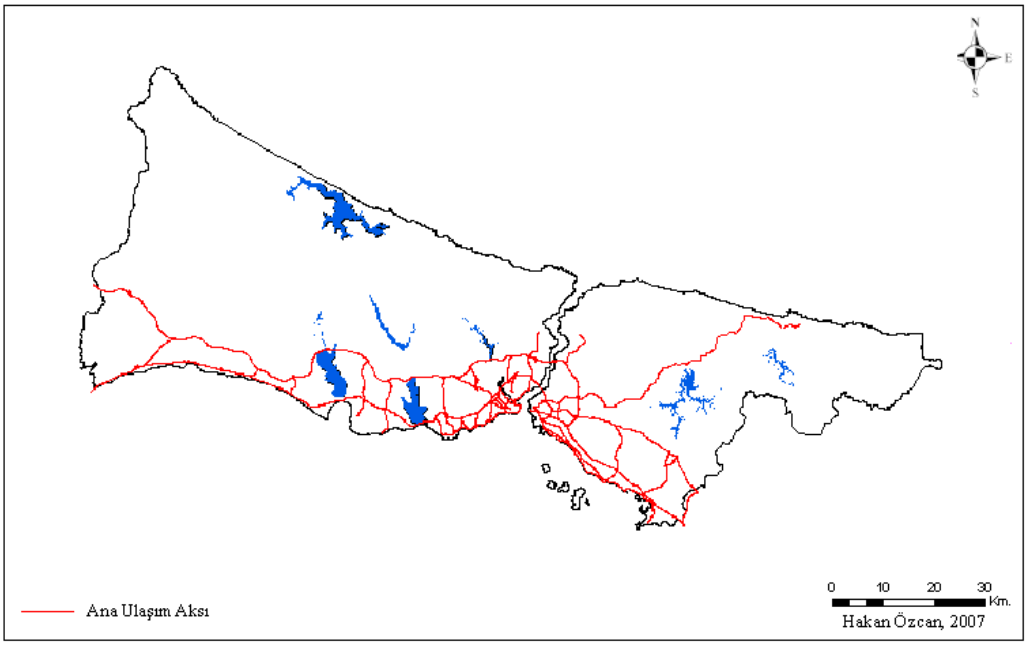


Şekil 3.22: 2015 yılında refans bölgelerin üçüncü derece merkezlere uzaklığı

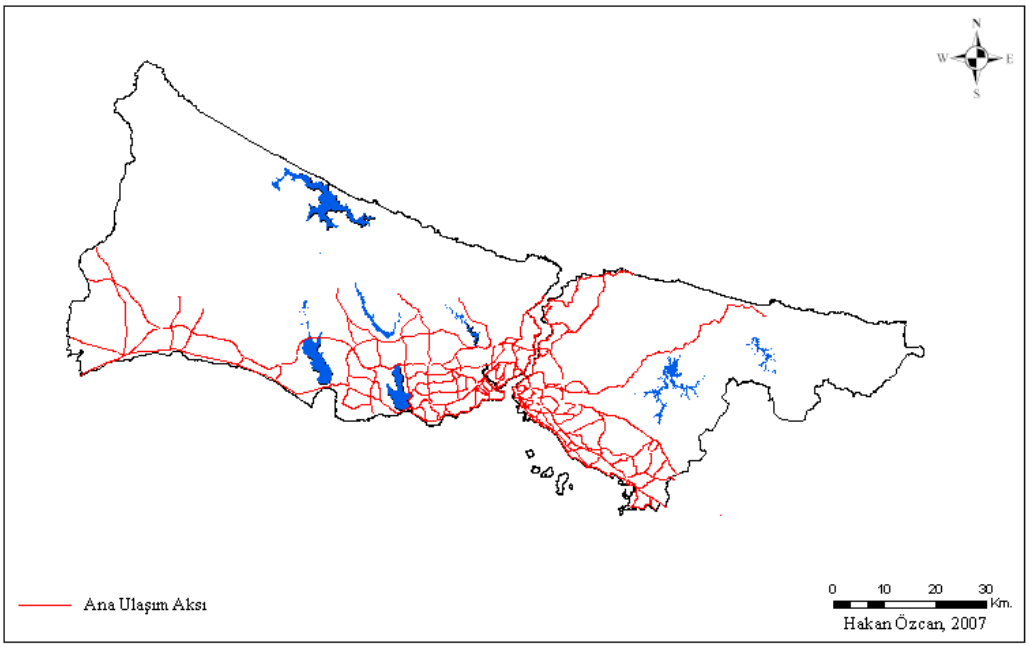
Ana Ulaşım Akslarına Uzaklık parametresini değerlendirmek üzere 1995 için 1990, ve 2005 yılları ana ulaşım aksları uydu görüntüsü, 2015 için 1/100000 çevre düzenleme planı kullanılmıştır. (Şekil 3.23, Şekil 3.24, Şekil 3.25).



Şekil 3.23: 1995 yılı ana ulaşım aksları [45]

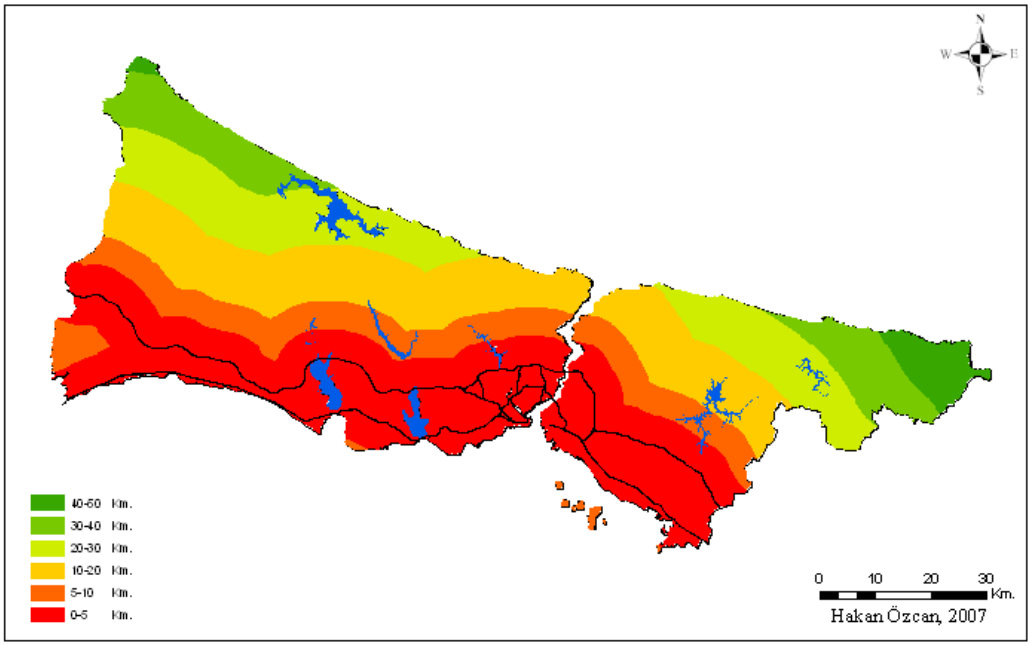


Şekil 3.24: 2005 yılı ana ulaşım aksları [45]

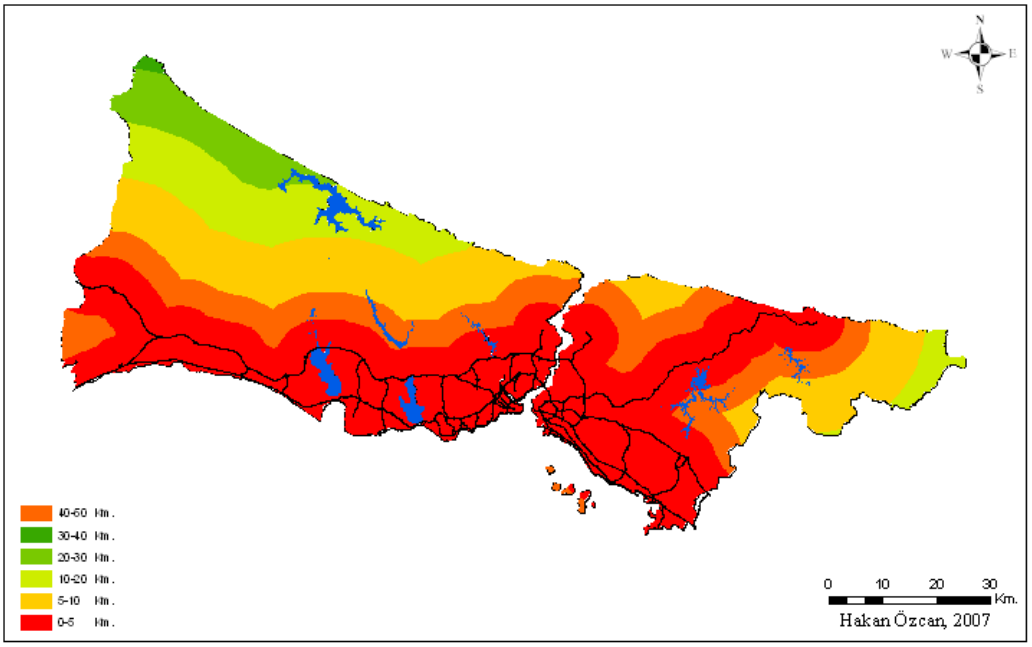


Şekil 3.25: 2015 yılı tahmini ana ulaşım aksları [45]

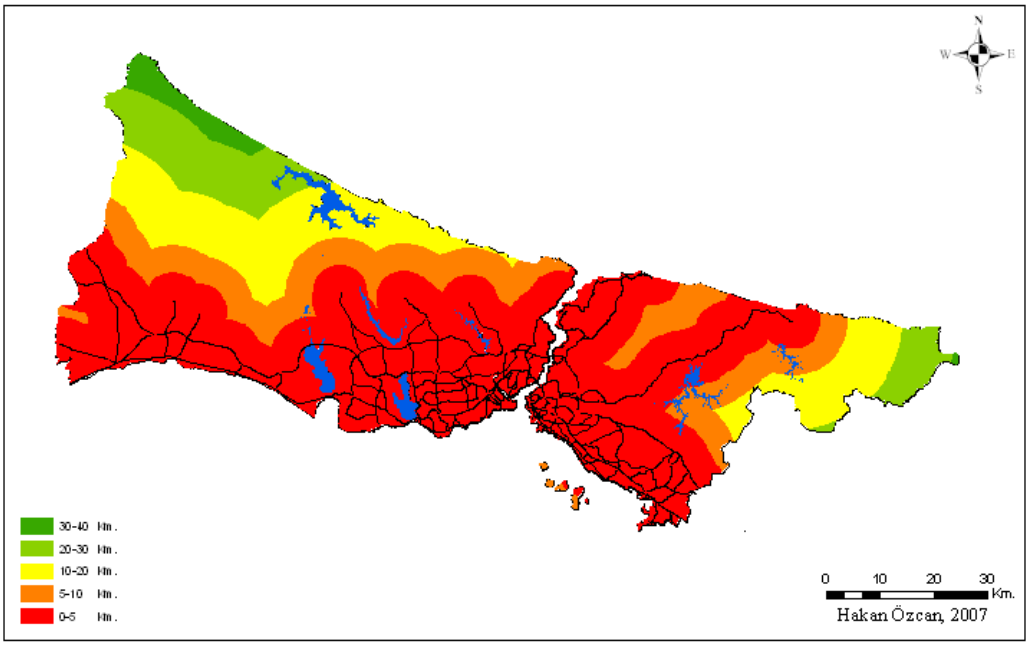
Her bir dönem için 1/100000 çevre düzenleme planında önerilen akslara belirli mesafelerdeki koridorlarda bulunan referans bölgeleri tespit edilmiştir. Skala değerleri Merkezlere Uzaklık Parametresi için kullanılan değerlerle aynıdır. Açıktır ki akslar geliştikçe referans bölgerinin aldıkları skala değerleri artması doğaldır. (Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28).



Şekil 3.26: 1995 yılında referans bölgelerinin ana ulaşım akslarına uzaklığı

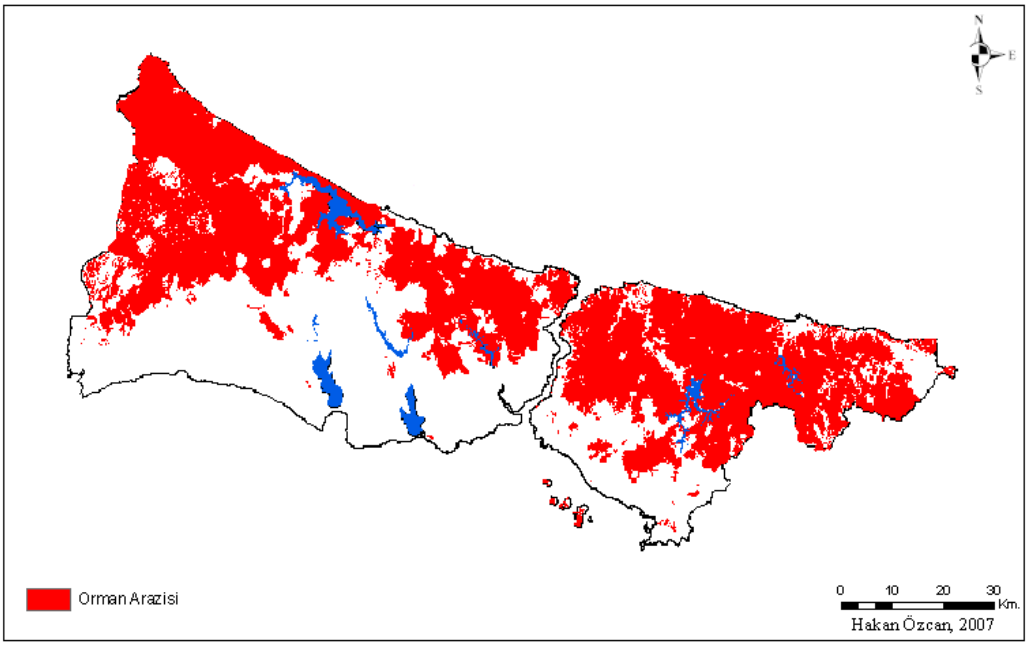


Şekil 3.27: 2005 yılında referans bölgelerinin ana ulaşım akslarına uzaklığı



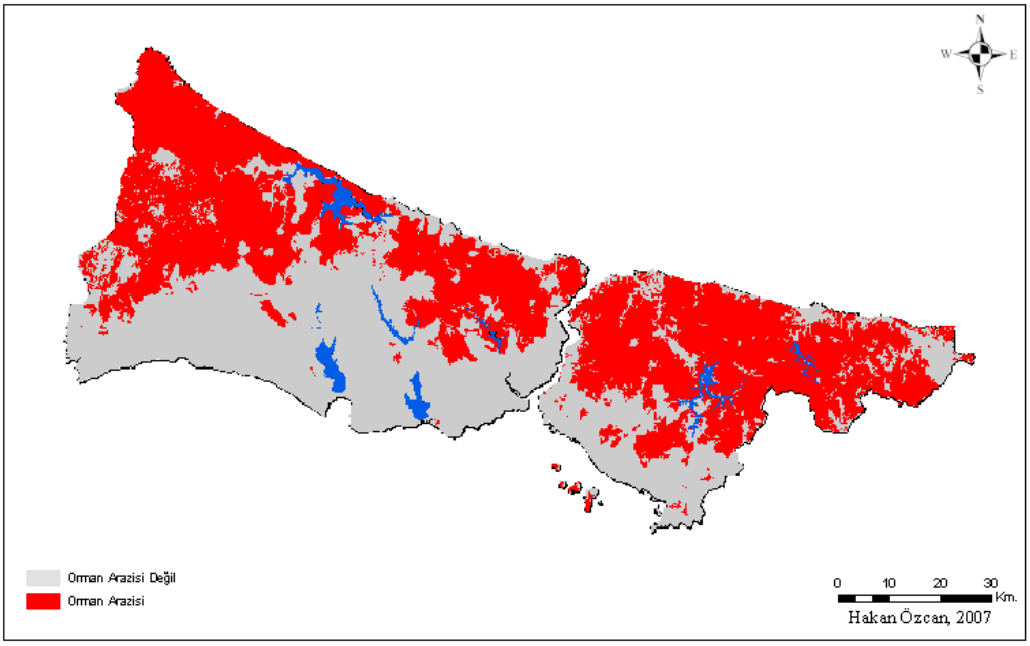
Şekil 3.28: 2015 yılında referans bölgelerinin tahmini ana ulaşım akslarına uzaklığı

Koruma altındaki orman arazisi, ekolojik ve jeolojik olarak hassas bölgelerden bağımsız olarak ele alınmış, referans bölgelerin orman arazisi içinde olup olmaması değerlendirilmiştir. (Şekil 3.29)

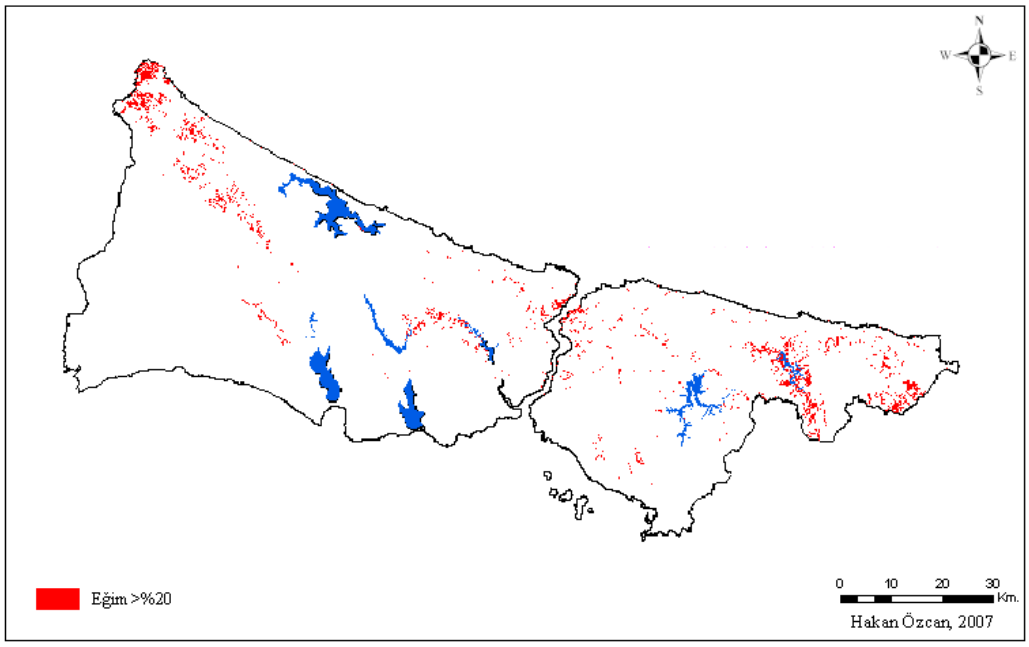


Şekil 3.29: İstanbul sınırlarında orman alanları [45]

Orman alanları tüm yıllar için aynı veri ile değerlendirilirken, orman alanları içersinde yer alan referans bölgeleri için parametreye 2 değeri, orman alanları içerisinde yer almayan referans bölgeleri için 1 değeri atanmıştır (Şekil 3.30).

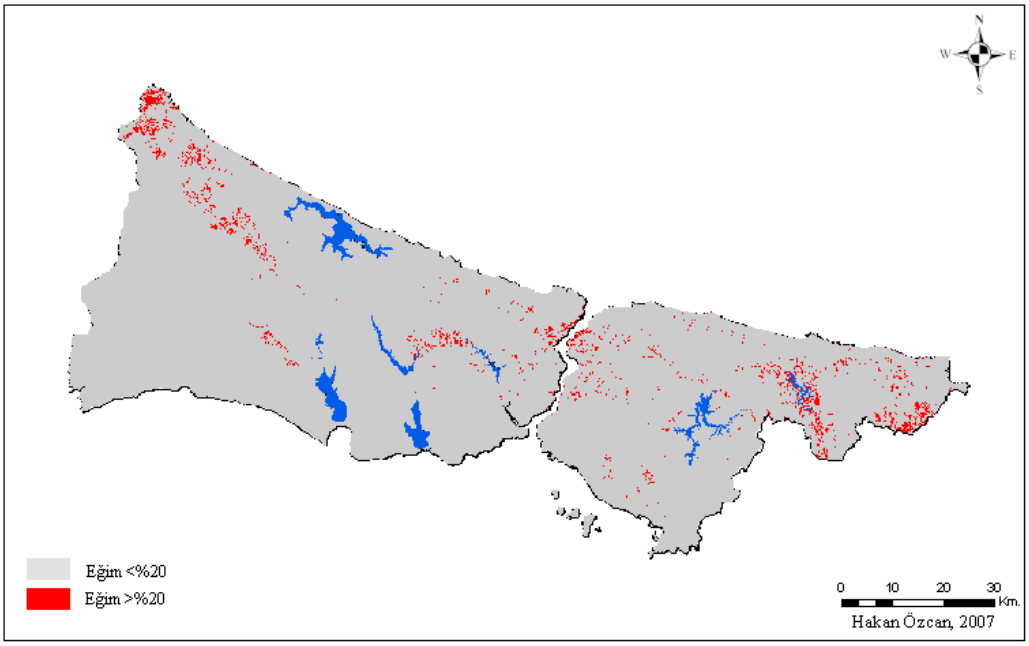


Şekil 3.30: Tüm yıllar için orman alanlarının verisinin referans bölgelerinde dağılımı



Şekil 3.31: İstanbul sınırlarında eğimi %20 den fazla olan alanlar [45]

Yüzey yapısı itibari ile eğimi %20 den fazla olan yerlerin yerleşim karakteristiğine olan etkisine de modele yansıtabilmek adına kullanılan parametre için eğim, %20 den fazla olan referans bölgelerinde 1 olmayanlarda ise 0 kullanılmıştır. (Şekil 3.31, Şekil 3.32).



Şekil 3.32: Tüm yıllar için eğim verisinin referans bölgelerinde dağılımı

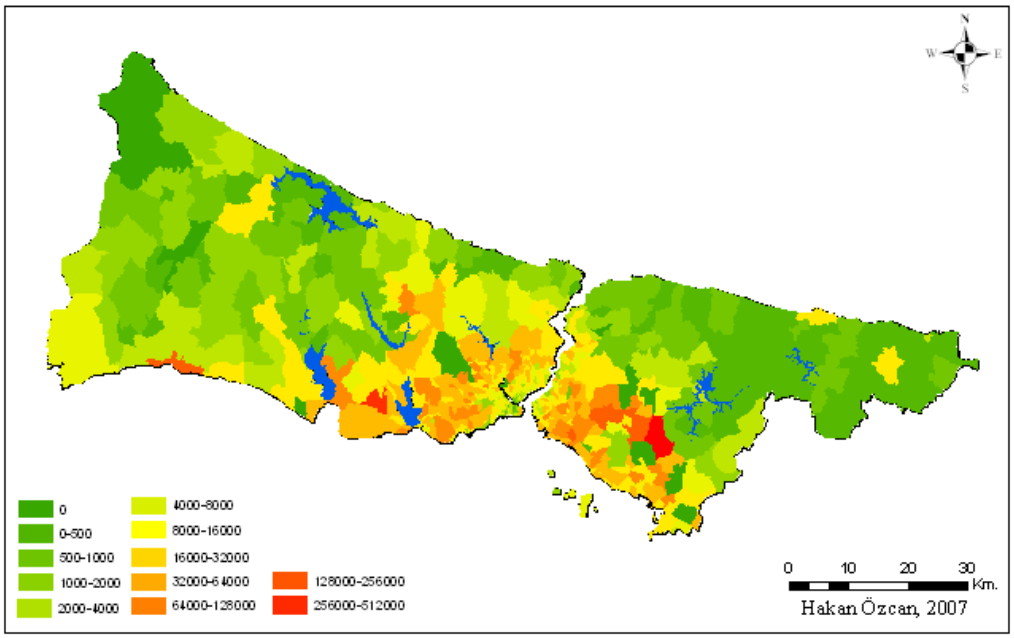
Nüfus, yerleşim dağılımının karakteristik özelliklerine en çok etki eden faktörlerden birisidir. Uygun şartların oluştuğu ortamlarda hızla artan nüfus, yarattığı kutup etkisi ile daha fazla nüfusu kendisine çekmektedir. Yerleşim özelliği gösteren her nokta gelişim potansiyeli taşımadığından, bazılarının nüfusu zamanla azalırken, bazı noktalarda nüfusun hızla arttığı görülmektedir. Böyle bir durumda geometrik artış döngüsü akla gelebileceği gibi canlı bir organizma gibi hareket eden nüfusun akışı da göz önünde bulundurulmalıdır. Modele nüfus datasını eklemek, bu kutuplaşmayı yakalamak, akşın yönünü ve şiddetini takip edebilmek adına doğru bir hamle olacaktır.

Sürekli nüfus verisi, kademeli artan bir skala yardımı ile kategorik veriye çevrilmiştir. (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Kategorik nüfus verisi için kullanılan skala

Skala Değeri	Mesafe	Skala Değeri	Mesafe
0	0 Kişi	7	16000-32000 Kişi
1	0-500 Kişi	8	32000-64000 Kişi
2	500-1000 Kişi	9	64000-128000 Kişi
3	1000-2000 Kişi	10	128000-256000 Kişi
4	2000-4000 Kişi	11	256000-512000 Kişi
5	4000-8000 Kişi	12	512000-1024000 Kişi
6	8000-16000 Kişi	13	1024000-2048000 Kişi

Geçmişe yönelik nüfus verilerinden 1996 ve 2000 yıllarına ait olan veriler İstanbul sınırları dahilinde mahalle ve köy bazında işaretlenmiştir. 1980 den bu yana zaman içerisinde mahalli idarelerde meydana gelen kapsam değişikliklerinden en az biçimde etkilenmek adına harita üzerinde gerekli görülen sınır birleştirme ve ayrıştırma işlemleri detaylı olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda 1996 nüfus verisi 1995 yerleşim profili eşleştirilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33: 1995 Yılı için nüfus verisi dağılımı [40 ve 43]

2005 ve 2015 nüfus verisi için projeksiyon yöntemi kullanılmıştır. Nüfus sayımlarından elde edilen toplam nüfus, sayım anında bölge sınırları içinde bulunan nüfusun bir tespiti olduğuna göre iç ve dış göçlerin etkisini yansıtmakta, dolasıyla fiili nüfusu göstermekte, sayım sonuçlarından elde edilen nüfus artış hızı , fiili nüfus artış hızını göstermektedir. Planlama çalışmalarında, yaş ve cinsiyete göre toplam nüfus projeksiyonları demografik unsurlar yöntemi kullanılarak yapılmakta; il nüfus tahminleri, şehirleşme hızı ve daha bir çok nüfus tahmin çalışmalarında ise hesaplama kolaylığı bakımından, iki nüfus sayımından yola çıkılarak fiili nüfus artışı üstel fonksiyon yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır [21]. Buna göre,

α = Nüfus artış hızı **(3.1)**

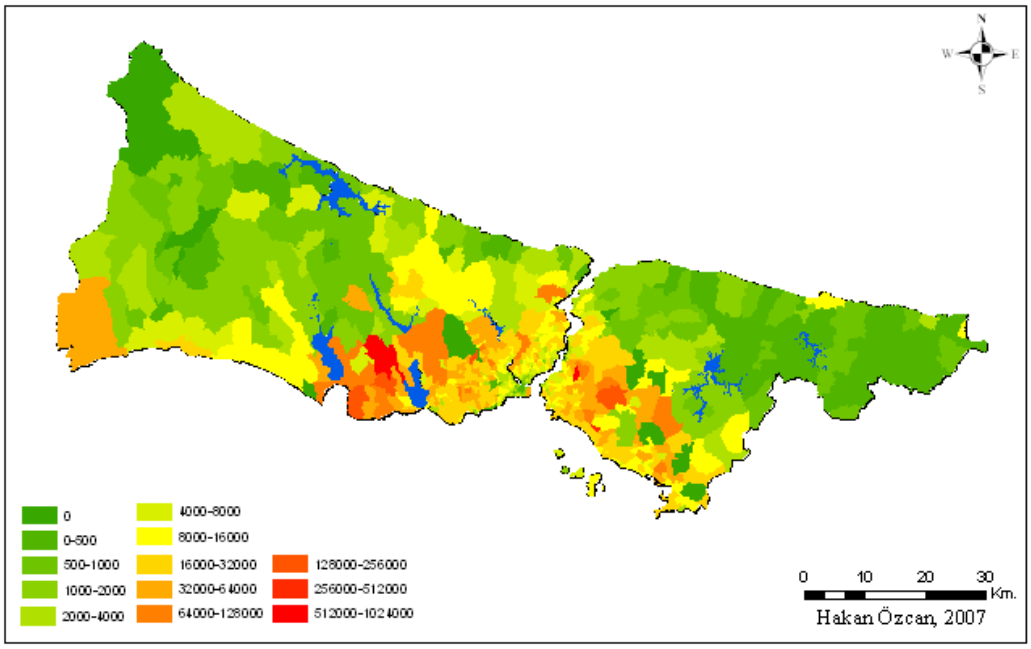
n = İki sayım arasındaki yıl sayısı **(3.2)**

P_t = Bir önceki sayımda çıkan nüfus **(3.3)**

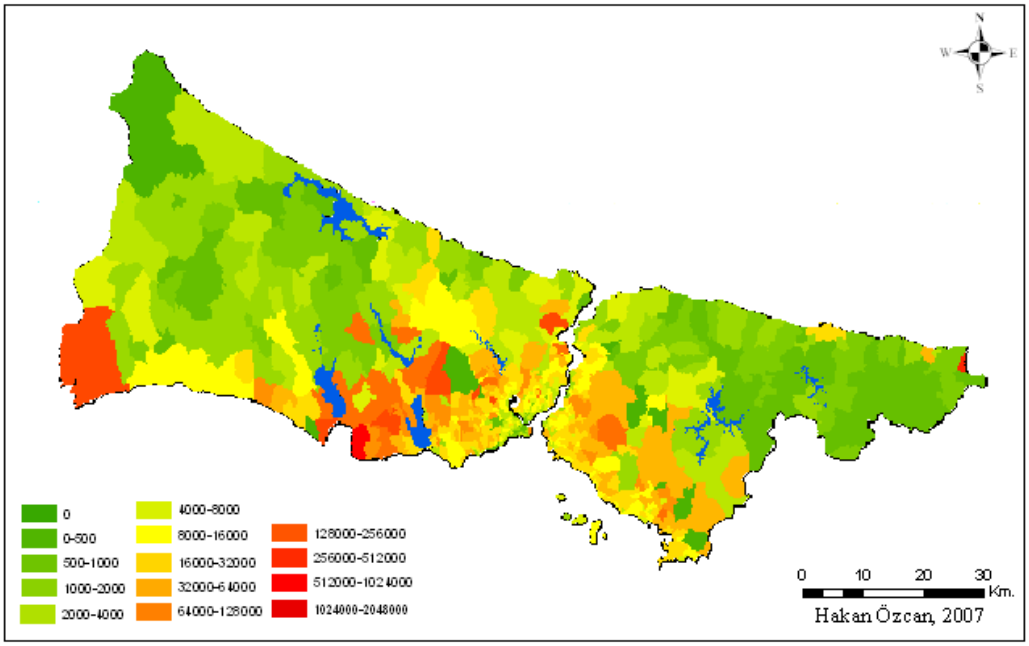
P_{t+n} = Son sayımdaki nüfus **(3.4)**

$$\alpha = \frac{\log e \frac{P_{t+n}}{P_t}}{n} \quad \textbf{(3.5)}$$

Kurulacak modele kaynak olan 2005 ve 2015 nüfus verisi projeksiyonu bu bilgiler ışığı altında 1996 ve 2000 yılları arasındaki nüfus artış hızı temel alınarak hazırlanmıştır. (Şekil 3.34, Şekil 3.35).



Şekil 3.34: 2005 Yılı için nüfus projeksiyon verisi dağılımı



Şekil 3.35: 2015 Yılı için nüfus projeksiyon verisi dağılımı

Tüm data düzenleme ve sınıflandırma çalışmalarının sonunda elde edilen veri tabanı dosyası 1995,2005 ve 2015 yıllarını kapsayan yaklaşık 255000 ayrı referans bölgesinin oluşturduğu bir veri tabanı elde edilmiş ve yine ihtiyaç duyulan bir takım düzenlemeler SQL sorgularıyla gerçekleştirilerek yapay sinir ağı modelinin oluşturulacağı programa aktarılmıştır (Şekil 3.36).

OBJECTID_1'	Shape'	Restricted	Settlement	Center_1	Center_2	Center_3	Dist_Main_Trans	Forest	SlopeGT20	Nufus	Pattern
601	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	8
602	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	8
603	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	8
604	Polygon	1	1	2	8	4	10	2	1	5	8
605	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	8
606	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	7
607	Polygon	1	1	2	8	4	10	1	1	5	7
608	Polygon	1	2	3	9	5	10	1	1	11	10
609	Polygon	1	2	3	9	5	10	1	1	11	10
610	Polygon	1	2	3	9	5	10	1	1	11	10

Şekil 3.36: Düzenlenen datanın ArcGIS veri tabanı

3.2 Yapay Sinir Ağı modelinin kurulması

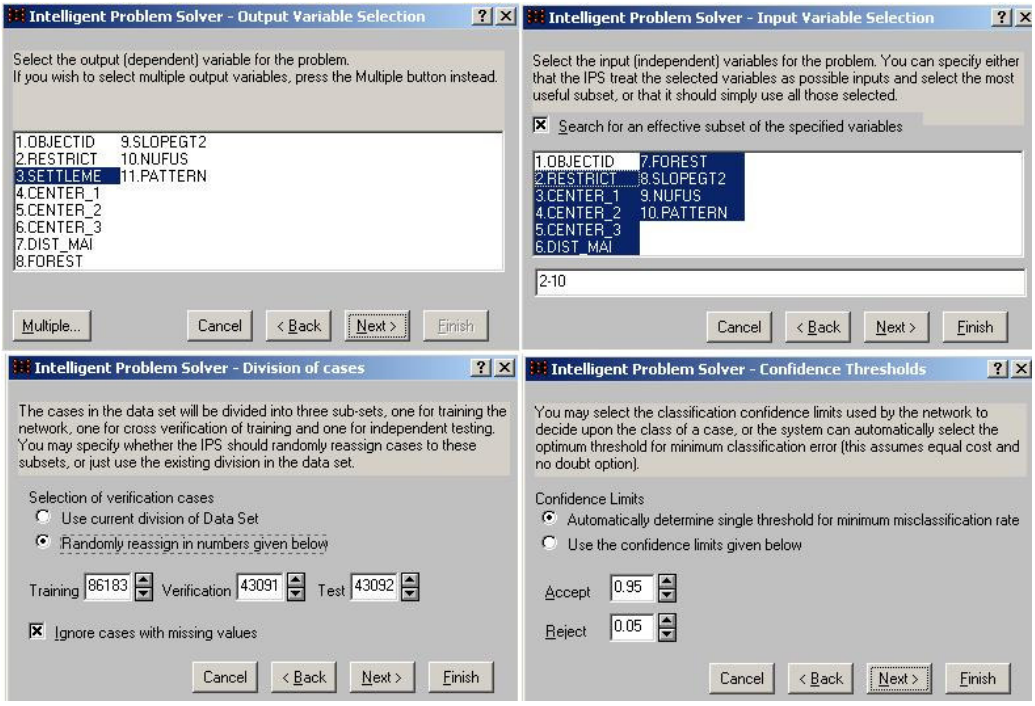
ArcGIS de elde edilen veri tabanı Statistica üzerinde yeniden düzenlenmiştir. Kategorik olarak kullanılacak veri üzerinde Statistica'nın araçları kullanılarak dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Buna göre jeolojik ve ekolojik açıdan hassas bölge(RESTRICT),yerleşim(SETTLEME) ve %20 den fazla eğime sahip olma (SLOPEGT2) parametreleri kategorik veriye dönüştürülmüştür (Şekil 3.37).

	OBJECTID	RESTRICT	SETTLEME	CENTER_1	CENTER_2	CENTER_3	DIST_MAI	FOREST	SLOPEGT2	NUFUS	PATTERN
01	1	v1	UNSET	1	2	6	3	2	v1	0	1
02	2	v1	UNSET	1	2	6	3	2	v1	0	1
03	3	v1	UNSET	1	2	6	3	2	v1	0	1
04	4	v1	UNSET	1	2	6	3	2	v1	0	1
05	5	v2	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	8
06	6	v2	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	8
07	7	v2	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	8
08	8	v2	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	7
09	9	v2	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	7
10	10	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	7
11	11	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	7
12	12	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	7
13	13	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	6
14	14	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	6
15	15	v1	UNSET	2	3	8	7	1	v1	5	6

Şekil 3.37: Düzenlenen datanın Statistica veri tabanı

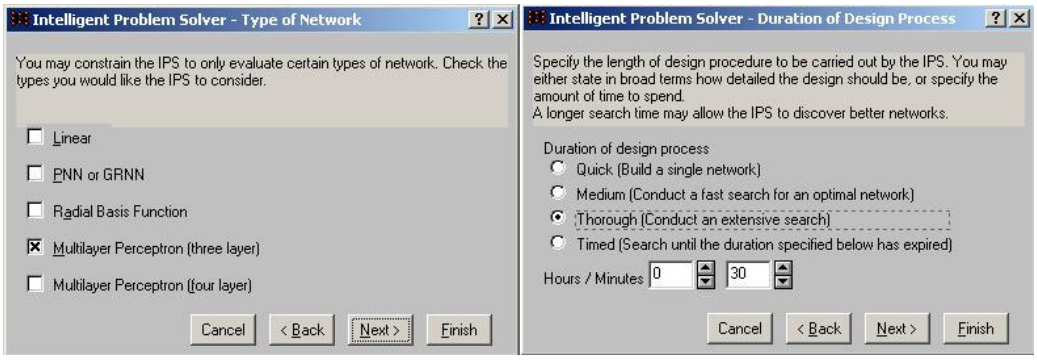
Modelleme için kullanılan veri tabanı elde edildikten sonra yapay sinir ağı modellemesinin parametrik değerleri Intelligent Problem Solver aracı ile set edildi. OBJECTID parametresi referans bölgerinin kodları olarak tutulduğundan modele dahil edilmemiştir. Yerleşim Değeri (SETTLEME) bağımlı değişken olduğu için modele çıktı verisi olarak alınmıştır. Diğer parametreler bağımsız değişken olduklarından girdi verisi olarak modele dahil edilmiştir. Datanın dörtte ikilik kısmı

training için, dörtte birlik kısmı test için geri kalan dörtte birlik kısmı ise verification için kullanılmıştır. Karar eşiği değeri, hata oranını minimuma indirecek şekilde alınması için serbest bırakılmıştır (Şekil 3.38)



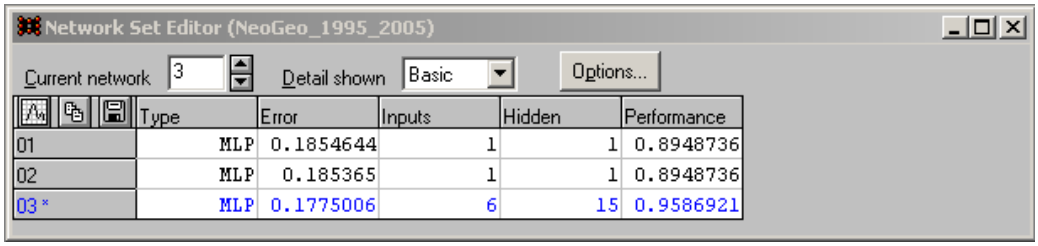
Şekil 3.38 Input ve Output parametrelerinin sisteme tanıtılması,bölümlendirilmesi ve eşik değerlerinin belirlenmesi

Yapısal model olarak, hidden units sayısının Intelligent Problem Solver tarafından atanacağı belirtilip üç katmanlı Multi Layer Perceptron seçilmiş, en başarılı modelin kurulabilmesi için geniş kapsamlı bir arama yapmak üzere çalıştırılmıştır (Şekil 3.39)

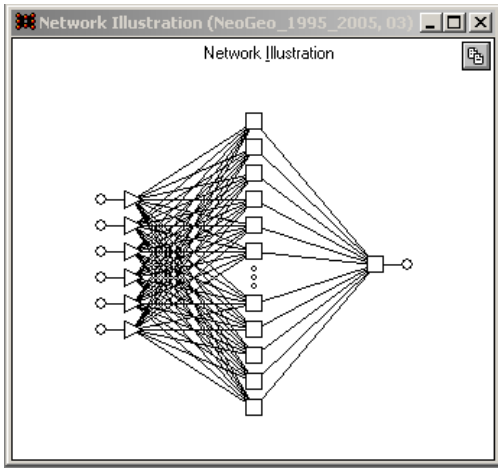


Şekil 3.39: Ağın yapılandırılması ve çalışma kapsamının belirlenmesi

25 saatlik bir çalışma süresi sonunda modelin bulduğu sonuçlar değerlendirilmiştir. En iyi performansı sağlayan 3 model listelendiğinde en düşük hata payının %17 ile altı parametrenin kullanıldığı, üç katman ve onbeş gizli birimli bir modelin sağladığı görülmüştür (Şekil 3.40, Şekil 3.41).

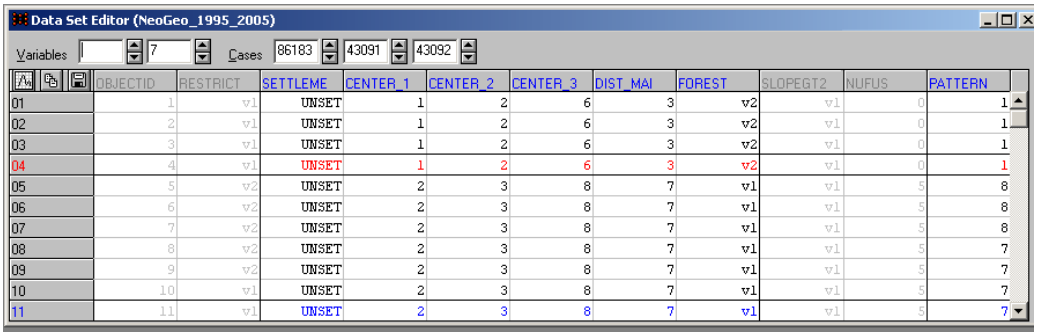


Şekil 3.40: Bulunan modellerin listesi ve en yüksek performanslı modelin konfigürasyonu



Şekil 3.41: En yüksek performanslı modelin fiziksel yapısı

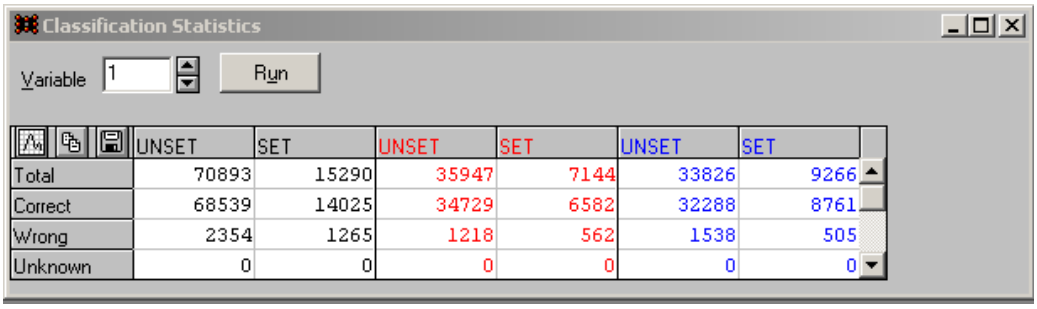
Bu modelin kullandığı parametreler birinci, ikinci ve üçüncü derece merkezlere uzaklık, ana ulaşım akslarına uzaklık, orman arazisi ve geçmiş dönem yayılma deseni olarak ortaya çıkarken jeolojik ve ekolojik yönden hassas bölgeler, %20 den fazla eğim ve nüfus parametreleri modele girememiştir (Şekil 3.42).



	OBJECTID	RESTRICT	SETTLEME	CENTER_1	CENTER_2	CENTER_3	DIST_MAI	FOREST	SLOPEGT2	NUFUS	PATTERN
01	1	v1	UNSET	1	2	6	3	v2	v1	0	1
02	2	v1	UNSET	1	2	6	3	v2	v1	0	1
03	3	v1	UNSET	1	2	6	3	v2	v1	0	1
04	4	v1	UNSET	1	2	6	3	v2	v1	0	1
05	5	v2	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	8
06	6	v2	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	8
07	7	v2	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	8
08	8	v2	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	7
09	9	v2	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	7
10	10	v1	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	7
11	11	v1	UNSET	2	3	8	7	v1	v1	5	7

Şekil 3.42: En yüksek performansı gösteren modelin kullandığı parametreler

Modelin sınıflandırma başarısına verification değerleri üzerinden bakıldığında her iki durumun (yerleşim olma ve olmama) da %5 hata payı ile doğru tahmin edilebildiği görülmüştür (Şekil 3.43).



	UNSET	SET	UNSET	SET	UNSET	SET
Total	70893	15290	35947	7144	33826	9266
Correct	68539	14025	34729	6582	32288	8761
Wrong	2354	1265	1218	562	1538	505
Unknown	0	0	0	0	0	0

Şekil 3.43: En yüksek performansı gösteren modelin sınıflandırma tablosu

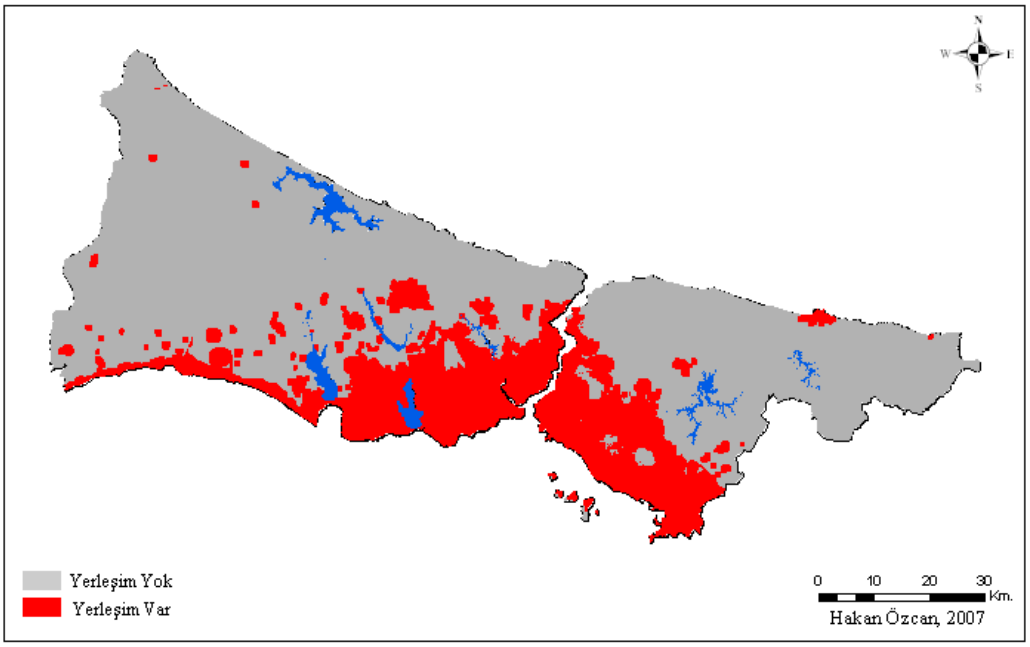
Hata payı da göz önünde bulundurularak, 2015 veri seti en iyi performansı gösteren model ile işlenmiş ve elde edilen sonuçların kaydedildiği veri tabanı ArcGIS e aktarılmıştır (Şekil 3.44).

	OBJECTID	RESTRICT	SETTLEME	CENTER_1	CENTER_2	CENTER_3	DIST_MAI	FOREST	SLOPEGT2	NUFUS	PATTERN	PR_SETTL
01	1	v1	?	1	2	6	3	2	v1	0	1	UNSET
02	2	v1	?	1	2	6	3	2	v1	0	1	UNSET
03	3	v1	?	1	2	6	3	2	v1	0	1	UNSET
04	4	v1	?	1	2	6	3	2	v1	0	1	UNSET
05	5	v2	?	2	3	8	7	1	v1	5	8	UNSET
06	6	v2	?	2	3	8	7	1	v1	5	8	UNSET
07	7	v2	?	2	3	8	7	1	v1	5	8	UNSET
08	8	v2	?	2	3	8	7	1	v1	5	7	SET
09	9	v2	?	2	3	8	7	1	v1	5	7	SET
10	10	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	7	SET
11	11	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	7	SET
12	12	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	7	SET
13	13	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	6	SET
14	14	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	6	SET
15	15	v1	?	2	3	8	7	1	v1	5	6	UNSET

Şekil 3.44: 2015 yılına ait referans bölgelerinin yerleşim tahminlerini taşıyan veri tabanı

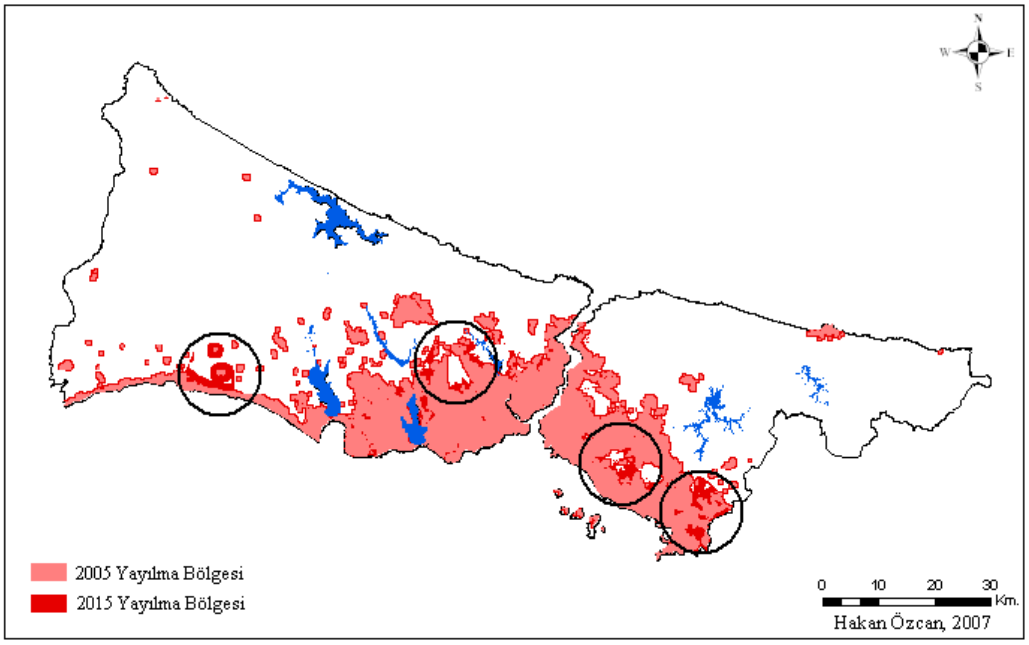
3.3 Modelin Sonuçları

En yüksek performanslı, en düşük hata payına sahip yapay sinir ağı modeli ile hazırlanan veri tabanı ArcGIS'e aktarıldıktan sonra 2015 yerleşim datası katman olarak hazırlanmış ve aşağıdaki gibi bir dağılım ortaya çımıştır (Şekil 3.45).



Şekil 3.45: 2015 yılı referans bölgelerinin dağılımı

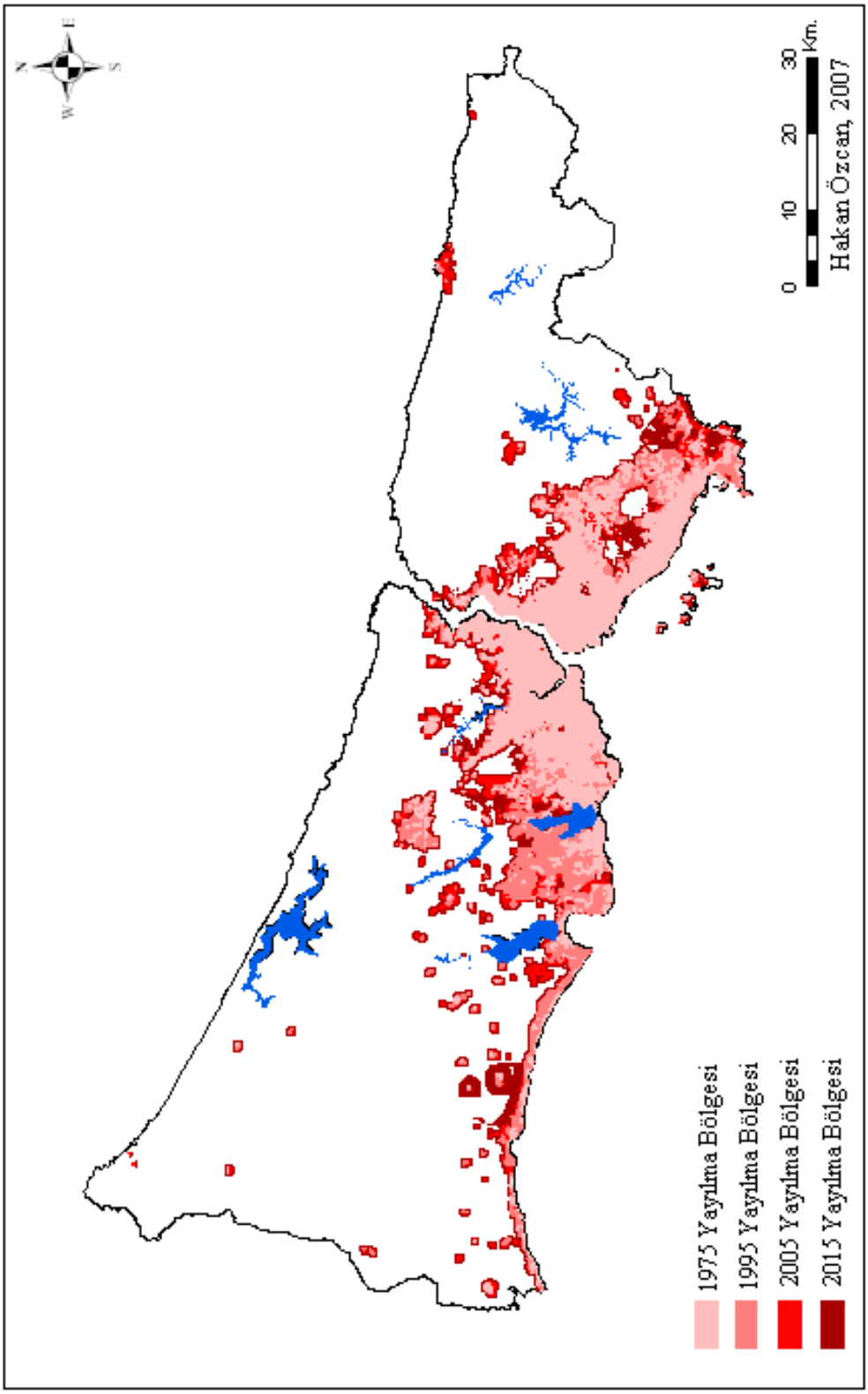
Hata payları da göz önünde bulundurulduğunda, tahminlerin kabul edilebilir bir oranda gerçekçi ve tutarlı olduğu gözlenmiştir. Öngörülen yayılma deseni 2005 yayılma verisi ile karşılaştırıldığında genel yayılma eğiliminin korunmasının yanısıra bazı belirgin alanların ön plana çıktığı görülmektedir. Buna göre Avrupa yakasında Silivri, Küçük Çekmece, Güngören ve Esenler çevresinde, Anadolu yakasında ise Tuzla ve Maltepe civarında belirgin bir yayılma göze çarpmaktadır (Şekil 3.46).



Şekil 3.46: 2005 ve 2015 yılı kentsel yayılma deseninin karşılaştırılması

Bu sonuçlar sadece merkezlere uzaklık, ana ulaşım akslarına uzaklık, orman arazisi ve geçmiş dönem yayıma deseni göz önüne alınarak elde edildiğinden, yorumlama aşamasında diğer her türlü sosyal, ekonomik ve beşeri faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Çalışmanın amacı olan İstanbul'da kentsel yayılmanın yapay sinir ağları ile modellenmesi konusunda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Eldeki parametre ve verilerle elde edilen sonuç bu aşamada tatmin edicidir. Modele girmeyen değişkenlerin yayılma üzerinde etkisi olmadığı söylenemez. Sadece hata oranı en düşük modelde fonksiyona dahil edilen değişkenlerle, öğrenme ve karar verme sürecini büyük ölçüde etkileyecek bir etkileşim ortaya koyamamışlardır. Verinin yeniden düzenlenip sunulacak daha başka parametrelerde yeniden modele sokulması sonuçları olumlu yönde değiştirebilir. Yayılma eğilimlerinin daha net anlaşılması için zaman boyutunu ele alıp 1995'den daha önceki yıllara ait verinin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Daha uzun süreçli bir çalışmada modelin farklı parametrelerle düzenlenmesi ile daha düşük bir hata payı ve daha yüksek performansla çalışan bir model oluşturulabilir.



Şekil 3.47: 1975, 1995, 2005 ve 2015(öngörü) yılları arasında İstanbul'da kentse yayılma

4. ÇALIŞMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gelişimin kaçınılmaz bir sonucu olan kentsel yayılmanın olumsuz etkileri hayatın her noktasında kendini gösteriyorken, mevcut kaynakların daha verimli kullanımı konusundaki çabaların ve geleceğe yönelik planlamanın önemi artarak vurgulanmaktadır. Planlı bir büyüme ve yayılma için gerekli tedbirleri almak adına öngörülerde bulunabilmek ve yayılmayı kontrol altına almak, atılabilecek en önemli adımlardan biridir. Dünyanın tüm mega kentlerinde olduğu gibi İstanbul da kutup oluşturduğu bölge içerisinde sürekli göç olan bir kent olması neticesinde tarihi yerleşim merkezlerinden başlayan yayılma süreci oldukça geniş çaplı olmuştur.

Bir çok değişik faktörün etkisi altında olan kentsel yayılma dinamiği, geçmiş verinin incelenmesi sayesinde analiz edilebilirse gelecek yıllara yönelik olarak yayılmanın yönü ve şiddeti tespit edilebilir. Günümüzde pek çok farklı yöntemle, pek çok farklı disiplin tarafından mercek altına alınan kentsel yayılma, gelişen teknoloji ile birlikte yeni araştırma kollarında da önemli bir madde olarak kendini göstermeye başlamıştır. Özellikle uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile desteklendiğinde değişik neden sonuç ilişkileri doğrultusunda incelenmeye başlayan kentsel yayılmanın öngörüleri için yapay zekanın bir ürünü olan yapay sinir ağları modellemesi ile ilgili araştırma ve uygulama örnekleri literatürdeki yerini çoktan almıştır. Zamandan tasarruf etmenin yanı sıra, mevcut sınırları zorlayarak daha karmaşık işlemlerin basite indirgenmesi ile birlikte daha doğru sonuçlar elde etmeye olanak tanıyan bu yöntemlerle yapılan çalışmalarda, uzaktan algılama ile elde edilen veriler coğrafi bilgi sistemleri ile analiz edilerek yapay sinir ağı modellerine uygulanmış, elde edilen sonuçlar coğrafi bilgi sistemleri ile yeniden değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, yerleşim desenini etkileyen faktörlerden, yapay sinir ağları algoritmaları ile yüksek çözünürlükte en küçük farklılıkların bile algılanmasında optimum tutarlılık sağlanabileceğine konusundaki bulgulara kadar pek olumlu sonuç göze çarpmaktadır.

Sonuç olarak, klasik yöntemlerle ele alınan bir takım süreçlerin daha karmaşık ama daha kullanışlı metodlarla yeniden değerlendirilmesi noktasında önemli bir aşama katedilmiştir. Literatür ışığında benzer çalışmalar ile İstanbul için geçmiş dönem verilerini değerlendirerek geleceği yönelik öngörülerde bulunmak hem belli başlı dinamiklerin saptanmasında hem de ileriye yönelik planlamalar için yeni bir araç oluşturması açısından faydalı olacaktır.

Bu amaç doğrultusunda, belirlenmiş olan yerleşim, ekolojik ve jeolojik açıdan sakıncalı bölgeler, şehir merkezlerine uzaklık, ana ulaşım akslarına uzaklık, orman arazisi, yüzde yirmiden fazla eğime sahip araziler, nüfus ve geçmiş dönem yayılma deseni parametreleri için İstanbul Metropolitan Planlama Bürosundan (IMP) temin edilen, sınıflandırılmış 1975 ve 1995 sınıflandırılmış Landsat ve 2005 Iconos uydu görüntüleri, 1995 1/25.000 ölçekli nazım imar planı ve 2005 1/100.000 ölçekli çevre düzeni planlama verisi, ArcGIS ile analiz edilerek tüm İstanbul'u kapsayan büyük bir veri tabanı oluşturulmuştur. Temin edilen uydu görüntüleri ve haritalar modelin ihtiyacını karşılayacak şekilde gerekli format ve standartlarda yeniden düzenlendikten sonra İstanbul ili sınırlarında 250x250 metrelik referans bölgeleri tanımlanarak her bir yıl için farklı grid katmanları oluşturulmuş, sonrasında o yılın veri katmanı ile grid katmanı çakıştırılarak referans bölgesinin parametrik değerleri belirlenmiştir.

Elde edilen veri tabanı Statistica üzerinde yeniden şekillendirilerek, üç katmanlı Multi Layer Perceptron ağ yapısı ile en başarılı modelin kurulabilmesi için geniş kapsamlı bir arama yapmak üzere çalıştırılmıştır. İşlem sonunda modelin bulduğu sonuçlar değerlendirilmiş, en iyi performansı sağlayan, en düşük hata payını %17 olarak sunan altı parametrenin kullanıldığı, üç katman ve onbeş gizli birimli model seçilmiştir. Bu modelin kullandığı parametreler birinci, ikinci ve üçüncü derece merkezlere uzaklık, ana ulaşım akslarına uzaklık, orman arazisi ve geçmiş dönem yayılma deseni olarak ortaya çıkarken jeolojik ve ekolojik yönden hassas bölgeler, %20 den fazla eğim ve nüfus parametreleri modele girememiştir.

Modele en fazla destek sağlayan geçmiş dönem yayılma deseni parametresi, ilk denemelerde veri tabanında yer almamakla birlikte ihtiyaç doğrultusunda daha sonradan analiz edilerek sisteme dahil edilmiş, bu şekilde yayılmanın sadece şiddeti değil yönü de modele öğretilebilmiştir. Nüfus verisi ise direk olarak kullanıldığından, alanla olan ilişkisi modele yansımamış, bu nedenle sonuç üzerinde etkisiz kalmıştır. Farklı bir çalışmada nüfus verisi, alanla olan etkileşimi ortaya koymak adına yoğunluk değeri ile modele alındığı taktirde daha etkili olabilir.

En iyi modelin ortaya koyduğu performans, hata payı da göz önünde bulundurularak, 2015 veri seti ile işlenmiş ve elde edilen sonuçların kaydedildiği veri tabanı ArcGIS'e aktarıldığında tahminlerin kabul edilebilir bir oranda gerçekçi ve tutarlı olduğu gözlenmiştir. Öngörülen yayılma deseni 2005 yayılma verisi ile karşılaştırıldığında genel yayılma eğiliminin korunmasının yanısıra bazı belirgin alanların ön plana çıktığı görülmektedir. Buna göre Avrupa yakasında Silivri, Küçük Çekmece, Güngören ve Esenler, Anadolu yakasında ise Tuzla ve Maltepe civarında belirgin bir yayılma gözlemlenmektedir.

Çalışma sürecinin en uzun kısmı modelde işlenecek olan veriyi derleyip veri tabanını oluşturmak olmuştur. Literatürdeki örneklerde, farklı faktörleri ortaya koyan verinin mümkün olan en eski dönemden itibaren analiz ediliyor olması daha tutarlı sonuçlar alınmasında etkili olmuştur. İstanbul için mümkün olan en eski tarih 1975 olmakla beraber 2005 yılına kadar olan dönemde, sınıflandırılmış uydu görüntüleri ve planlama verilerinin gösterdiği tutarlılık da oldukça kayda değer bulunmuştur. İleriye yönelik bir çalışmada parametre sayısının artırılarak daha eski dönemlere ait verinin analiz edilmesi ile birlikte en düşük hata oranını verecek olan modelin daha uzun deneme sürelerinde tespit edilebilecek olması konunun araştırılmaya ve geliştirilmeye değer potansiyelini ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] **Alkheder, S**., 1999. Urban growth simulation using remote sensing imaginary and neural networks, Purdue Univeristy, Purdue

[2] **Alpaslan, E. and Divan, N. J.**, 2004. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojilerinin Birleşimi, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul

[3] **Aronoff, S**., 1993. Geographic information systems : a management perspective, WDL Publications, Ottawa

[4] **Blunden, J. R., Pryce, W. T. R. and Dreyer, P.,** 1998. The Classification of Rural Areas in the European Context: An Exploration of a Topology Using Neural Network Applications, *Regional Studies,* **32.2,** 149-160

[5] **Bölen, F., Giritlioğlu, C., Türkoğlu, H., Korça, P. and Yirmibeşoğlu, F.,** 1995. İstanbul'da Arazi Değeri – Yoğunluk Aşamaları ve Konut Yerseçimi Dinamikleri, TÜBİTAK, İstanbul

[6] **Burbridge, S. and Zhang, Y.,** 2002, A Network Based Approach to Detecting Urban Land Cover Changes, *2nd GRSS/ISPRS Joint workshop on "Data Fusion and Remote Sensing in Urban Areas"*, Ottowa

[7] **Cangir. C. and Boyraz, D.**, 2003, Ülkemizde yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ

[8] **Cheng J., Masser I. and Ottens H.**, 2003. Understanding Urban Growth System: Theories and Methods, *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation,* Encshede

[9] **Danson, M. W.,** 2001. Social Exclusion and Urban Sprawl: Is the Rescue of Cities Possible, *Regional Studies*, **35**, 731-742.

[10] **Easson, G. L**., 1996. Integration of GIS and artificial neural networks for natural resource applications, University of Missisipi, Missisipi

[11] **Efe, M. Ö. and Kaynak, O.,** 2000. Yapay sinir ağları ve uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

[12] **Garcia, N., Gamez, M., Alfaro, E.,** 2008. ANN+GIS: An automated system for property valuation, *Neurocomputing,* **71,** 733-742 12-12

[13] **Forster, B.C.,** 1985. An Examination of Some problems and Solutions in Monitoring Urban Areas From Satellite Platforms, *International Journal of Remote Sensing,* **65**, 443-451

[14] **German, G., 1999**. Neural network classifiers for GIS data: improved search strategies, Curtin University of Technology, Perth

[15] **Graham, T. E.,** 1998. Baltimore's Urban Environment Using GIS and Neural Networks, Morgan State University, Baltimore

[16] **Hadly, C. C.,** 2000. Urban Sprawl: Indicators, Causes, and Solutions, *Bloomington Environmental Commission,* Bloomington

[17] **Hinton, G. and Sejnowski, T**., 1999. Unsupervised learning : foundations of neural computation, MIT Press, Cambridge

[18] **Irwin, E. G. and Bockstel, N. E.**, 2004, Land Use Exteralities, Open Space Preservation and Urban Sprawl, *Regional Science and Urban Economies*, **34**, 705-725

[19] **Jiang, X., Chen, M. S. and Manry, M. T.,** 1994. Analysis and Optimization of Neural Networks for Remote Sensing, *Remote Sensing Reviews*, **9**, 97-114

[20] **Kocaman, T.,** 2002. Plan Nüfus Projeksiyon Yöntemleri, DPT, İstanbul

[21] **Li, X., 2002**. Urban simulation using neural networks and cellular automata for land use planning, The Univeristy of Hong Kong, Hong Kong

[22] **Liu, W., 2000.** Urbanization prediction with an ART-MMAP neural network based spatiotemporal data mining method, Stanford University, California

[23] **Nouza D., LaClair V. and Schwab** M., 2004. Using a Neural Network to Evaluate Land Use Change, *UC Proceedings*

[24] **Özügül M. D., Aysu, E., Ökten A.U., Şengezer B. ve Karakayacı Ö**., 2006. İstanbul'un Eylem Planlamasına Yönelik Mekansal Gelişme Stratejileri Araştırma ve Model Geliştirme İşi , YTÜ, İstanbul

[25] **Peuguet, D.J and Marble, D. F.**, 1990. Introductry Readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, London

[26] **Pijanowski B., Shellito B., Bauer M. and Sawaya K.**, 2001. Using GIS, Artificial Neural Networks and Remote Sensing to Model Urban Change in the Minneaplis-St. Paul and Detroit Metropolitan Areas, *ASPRS Proceedings*, St.Louis

[27] **Razin, E.,** 1998. Policies to Control Urban Sprawl: Planning Regulations or Changes in the 'Rules of the Game', *Urban Studies*, **35**, 321-340

[28] **Schmidt, C. W.,** 1998. The Specter of Sprawl, Environmental Health Perspectives, 106, 274-279

[29] **Sezer, S.**, 1992. İstanbul'da Kentsel Gelişmeye Yönelik Nüfus Değerlendirmesi, *Türkiye'de Dünya Şehircilik Günü Kolokyumu*, İstanbul

[30] **Sung, D.G., Lim, S.H., Ko, J.W. and Cho, G.S.,** 2001**.** Scenic evaluation of landscape for urban design purposes using GIS and ANN, *Landscape and Urban Planning,* **56,** 75-85

[31] **Tarhan, Ç.,** 2004. Planlamada Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Disiplinleri Entegrasyonu, *Journal of the Chamber of City Planners*, İstanbul

[32] **Tecim, V. and Kıncal C.**, 2004. Coğrafi Bilgi Sistemleri: Bölgesel Planlamada Etkin Bir Bilişim Teknolojisi, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, İstanbul

[33] **Treitz, M. P., Howarth, P.J. and Gong, P.**, 1992. Application of Satellite and GIS Technologiesfor Land Cover and Land Use mapping at the Rural

Urban Fringe: A Case Study, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **58**, 439-448

[34] **Thomas, M. R.**, 2002. A GIS-Based Decision Support System for Brownfield redevelopment*, Lanscape and Urban Planing*, **58**, 7-23

[35] **Veelenturf, V**., 1995. Analysis and applications of artificial neural networks, Prentice Hall, Newyork

[36] **Wu, F., Yeh, A. G.,** 1997. Changing Spatial Distribution and Determinants of Land Developmentin Chineese Cities in the Transition From a Centrally Planned Economy to a Socialist Market Economy: A case study of Guangzhou, *Urban Studies*, **34**, 1851-1879

[37] **Yeh, A. G. and Li, X**., 2002. Urban Simulation Using Neural Networks nad Cellular Automata for Land Use Planning, *Symposium on Geospatial Theory: Processing and Applications*, Ottowa

[38] **Yurtoğlu, H., 2005**. Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi : bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği, DPT, Ankara

[39] **Avrupa Çevre Ajansı**, http://local.tr.eea.europa.eu, 2007

[40] **Devlet Planlama Teşkilatı**, http://www.dpt.gov.tr, 2007

[41] **United Nations Development Program**, http://www.undp.org, 2006

[42] **United States Cencus Bureau**, http://www.census.gov, 2006

[43] **Türkiye İstatistik Kurumu**, http://www.tuik.gov.tr, 2007

[44] **College of Agriculture**, http://www.ag.ndsu.edu, 2007

[45] **İstanbul Metropolitan Planlama Ofisi (IMP 2006)**

[46] **İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)**

ÖZGEÇMİŞ

Hakan Özcan, 1981 yılında İzmit'te doğdu. Lise öğrenimini Sabancı Anadolu Teknik Lisesi'nde tamamladı. 1999 yılında başladığı Boğaziçi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü'nü, 2004 yılında Onur Derecesi ile tamamladıktan sonra 2005 yılında İTÜ Bölge Planlama Bölümü'nde Yüksek Lisans Programı'nda eğitime başladı. Halen programın öğrencisidir ve 4 yıldır özel sektörde bilgi teknolojileri alanında çalışmaktadır.