

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİSİKLET YOLU
GÜZERGAH BELİRLEME MODELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gizem KÜÇÜKPEHLİVAN

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİSİKLET YOLU
GÜZERGAH BELİRLEME MODELİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gizem KÜÇÜKPEHLİVAN
706121005**

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU

MAYIS 2015

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 706121005 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gizem KÜÇÜKPEHLİVAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİSİKLET YOLU GÜZERGAH BELİRLEME MODELİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Melih BAŞARANER**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Caner GÜNEY
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2015**

ÖNSÖZ

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Yüksek Lisans Programı bitirme tezi kapsamında yapılmıştır. Öncelikle tez çalışmam süresince yardım ve destekleri için tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU'ya ve bana yol gösterici olan dersleri aldığım program hocalarımın tümüne teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamın temellerinin atılmasındaki katkıları için Şehir Plancısı Büşra DELİN' e; tez çalışmam ve öğrencilik hayatımın tüm aşamalarında yanımda olan, yol gösteren, hep benimle olan, tüm heyecan ve sıkıntılarımı paylaşan arkadaşım Y. Mimar Ayşe ÇOLAKOĞLU'na ve hayatım boyunca bana olan güvenlerini her daim hissettirerek, her zaman yanımda olan Ailem'e sonsuz teşekkürler.

Mayıs 2015

Gizem Küçükpehlivan
(Şehir Plancısı)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY	xivii
1. GİRİŞ	1
2. BİSİKLET ULAŞIMI	3
2.1 Bisiklet Yolu Tipleri.....	3
2.1.1 Tam ayrımlı bisiklet yolları.....	4
2.1.2 Kısmi ayrımlı bisiklet yolları	5
2.1.3 Karışık trafikte bisiklet yolu	7
2.2 Bisiklet Yolu Tasarım İlkeleri.....	8
2.2.1 Bisiklet yolu genişlikleri	8
2.2.2 Boyuna eğim	11
2.2.3 Tasarım hızı.....	11
2.2.4 Görüş Mesafesi	12
2.2.5 Yatay kurb ve değer (enine eğim).....	12
2.2.6 Bitkilendirme	13
2.3 Bisiklet Kullanımı İle İlgili Mevzuat	14
3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	15
3.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi	15
3.1.1 Hiyerarşinin kurulması.....	15
3.1.2 İkili karşılaştırmalar	16
3.2 Örnek Çalışmalar.....	19
4. BİSİKLET YOLU GÜZERGAH BELİRLEME MODELİ.....	27
4.1 Yöntem.....	28
4.2 Model Oluşturma Süreci	29
4.2.1 Ölçütler.....	31
4.2.2 Analitik hiyerarşi yöntemi	33
4.2.3 ArcGIS Yazılımı kullanılarak verilerin düzenlenmesi.....	37
4.3 Örnek Uygulamalar	42
4.3.1 Belirlenen güzergahların değerlendirilmesi	47
5. SONUÇ.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	63

KISALTMALAR

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analytic Hierarchy Process
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntemi
ATV	: Ağırlıklandırılmış Toplam Vektör
AV	: Ağırlıklandırılmış Vektör
CAD	: Computer Aided Design / Bilgisayar Destekli Tasarım
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
GIS	: Geographic Information System
Rİ	: Rastgele İndeks
Tİ	: Tutarlılık İndeksi
TO	: Tutarlılık Oranı
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
US	: United State

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bisiklet yolunda tercih edilen genişlikler	10
Çizelge 2.2 : Farklı eğimlere göre maksimum uygulama uzunluğu verilmiştir.	11
Çizelge 3.1 : İkili karşılaştırma ölçeği (Öztürk ve Batuk, 2010).	16
Çizelge 3.2 : Ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi.	17
Çizelge 3.3 : Adım 1.	17
Çizelge 3.4 : Adım 2.	17
Çizelge 3.5 : Adım 3.	18
Çizelge 3.6 : Tutarlılık oranı hesaplanma adım 1.	18
Çizelge 3.7 : Tutarlılık oranı hesaplanma adım 2.	19
Çizelge 3.8 : Rasgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama tutarlılık indeksi.	19
Çizelge 3.9 : Karar verici grup tarafından belirlenen ölçüt ağırlıkları.	20
Çizelge 3.10 : Veri katmanlarının doğalgaz iletim hattı güzergâh planlamasına etki değerleri.	25
Çizelge 4.1 : İkili karşılaştırmalar matrisi	34
Çizelge 4.2 : Adım 1.	34
Çizelge 4.3 : Adım 2.	35
Çizelge 4.4 : Adım 3.	35
Çizelge 4.5 : Tutatarlılık oranı hesaplanması adım 1.	35
Çizelge 4.6 : Tutatarlılık oranı hesaplanması adım 2.	35
Çizelge 4.7 : Hesaplar sonucu elde edilen ağırlıklar.	36
Çizelge 4.8 : Fiziksel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.	36
Çizelge 4.9 : Çevresel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.	36
Çizelge 4.10 : Görsel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.	37
Çizelge 4.11 : Tüm ölçütler için ağırlık tablosu.	37
Çizelge 4.12 : Alt ölçütler için standartlaştırılma.	40
Çizelge 4.13 : Senaryo 1 için AHY ile oluşturulmuş ağırlıklar tablosu.	43
Çizelge 4.14 : Senaryo 2 için AHY ile oluşturulmuş ağırlıklar tablosu.	45
Çizelge 4.15 : Senaryo 1 ve Senaryo 2 için mesafeler.	47
Çizelge 4.16 : Senaryo 1 ve Senaryo 2 için mesafeler.	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.2 : Trafik yoğunluğu azaltılmış bisiklet bulvarları.	5
Şekil 2.3 : Tek yönlü bir yolda yolun bir tarafında tek yönlü olarak planlanan bisiklet şeridi.	6
Şekil 2.4 : Taşıt trafiği ve park şeridi arasında planlanan, park şeridi ile kaldırım arasında planlanan bisiklet şeritleri.	6
Şekil 2.5 : Bisikletliler için genişletilmiş trafik şeritleri.	8
Şekil 2.6 : Park şeridinin işaretlendiği bisiklet yolu.	9
Şekil 2.7 : Motorlu taşıtların park etmesine izin verildiği fakat park bölgesinin işaretlenmediği platform.	9
Şekil 2.8 : Kırsal kesim yollarında bisiklet şeridi uygulanması.	10
Şekil 3.1 : Hiyerarşik yapı.	16
Şekil 3.2 : Analiz sonuçları.	22
Şekil 3.3 : Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterilmesi.	23
Şekil 4.1 : Modelde uygulanacak bisiklet yolu için yol kesidi.	28
Şekil 4.2 : Akış diyagramı.	30
Şekil 4.3 : Ölçütlerin hiyerarşik gösterimi.	34
Şekil 4.4 : Eğim verisinin oluşturulma süreci.	38
Şekil 4.5 : Yapı adalarındaki özelliklerin tüm alana aktarılması.	38
Şekil 4.6 : Yapı adalarındaki özelliklerin yol verisine aktarılması.	39
Şekil 4.7 : Metro duraklarına yakınlık verisinin oluşturulma süreci.	39
Şekil 4.8 : Modelde kullanılan ölçütlerin raster veri formatına çevrilmesi.	39
Şekil 4.9 : Piksellerin aldıkları puanların hesaplanması.	40
Şekil 4.10 : En düşük maliyetli yol (least-cost path) uygulama süreci.	41
Şekil 4.11 : Model Builder 'da oluşturulan güzergah belirleme modeli.	42
Şekil 4.12 : Senaryo 1 için raster hesaplayıcıya (raster calculator) AHY ile belirlenen ağırlıkların girilmesi.	43
Şekil 4.16 : Bursa İli Çalışma Alanında modelin senaryo 2 için doğu-batı yönünde oluşturduğu güzergah.	46
Şekil 4.17 : Bursa İli Çalışma Alanında modelin senaryo 2 için kuzey-güney yönünde oluşturduğu güzergah.	46
Şekil 4.18 : Doğu-batı yönünde oluşturulan iki farklı senaryo için değerlendirmeler.	47
Şekil 4.19 : Kuzey-güney yönünde oluşturulan iki farklı senaryo için değerlendirmeler.	48
Şekil 4.20 : Kuzey-güney yönünde oluşturulan iki farklı senaryonun yol genişliklerine göre değerlendirmesi.	48
Şekil 4.21 : Doğu-batı yönünde oluşturulan iki farklı senaryonun yol genişliklerine göre değerlendirmesi.	49

ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ KULLANILARAK BİSİKLET YOLU GÜZERGAHI BELİRLEME MODELİ

ÖZET

İnsan gücüne dayalı, çevre dostu, eğlence spor ve ulaşım amaçlı kullanılan bisiklet, ülkemizde 1890'larda bir spor aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gereken önem verilmediği ve alt yapı oluşturulmadığı için bisiklet kullanımı istenilen seviyede kent içi ulaşımına dahil edilememiştir. Bisiklet kullanımının arttırılması için bisiklet yolu güzergahı belirlenirken kullanıcıların istekleri göz önünde bulundurulmadır. Kullanıcı istekleri kullanıcı anketleri yapılarak belirlenebilmektedir. Bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi kullanıcının istekleri ve güzergah belirlemede etkili olan fiziksel faktörlerin tümünün önem derecelerine göre sürece dahil edilmesi gereken karmaşık bir mekansal karar verme problemidir.

Tek bir ölçütle değil birden fazla ölçütün farklı öneme sahip olarak karar sürecine dahil edildiği durumlarda "en iyi" belirlenirken çok ölçütlü karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Yerleşim yeri seçimi, planlama, afet risk değerlendirmeleri ve doğal kaynak yönetimi gibi birçok karar mekansal karar problemidir. Çok ölçütlü karar verme süreci, değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi, ölçüt katmanlarının hazırlanması ve standartlaştırılması, ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi ve karar analizinin uygulanması adımlarından oluşmaktadır. Konuma dayalı gözlemlerle elde edilen geometrik ve geometrik-olmayan verilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemi olarak tanımlanan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekana dair karmaşık karar problemlerinin çözümünde de kullanılmaktadır. CBS ile çok ölçütlü karar verme yöntemleri bir arada kullanıldığında mekana dair karmaşık problemlerin çözülmesi kolaylaşmaktadır.

Yapılan çalışmanın amacı analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak bisiklet yolu güzergahı belirleme modeli oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle bisiklet yolu güzergahı belirlenmesini etkileyen faktörler yol genişlikleri, yolun eğimi, yolun fiziksel durumu, ulaşım sistemine entegrasyon, kullanıcı yoğunlukları, yol etrafındaki binaların yapılaşma düzeni, arazi kullanım türü vb. olarak belirlenmiştir. Oluşturulan senaryolar doğrultusunda, bu ölçütlerin bisiklet yolu tasarımını hangi ölçüde etkileyeceği Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ölçütler için fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler ana başlıkları oluşturulmuş ve tüm alt ölçütler uygun oldukları başlıklar altında toplanmıştır. Ölçüt ve alt ölçütlerden oluşturulan hiyerarşide ölçütler ve alt ölçütler kendi içlerinde değerlendirmeye alınmış ve ikili karşılaştırmalar matrisleri oluşturulmuştur. Analitik hiyerarşi yöntemine göre ağırlıklar belirlenmiş ve oluşturulan modelde öncelikle fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler başlıkları altındaki tüm alt ölçütler için ayrı katmanlar oluşturulmuştur.

Alt ölçütlerin oluşturulması için gerekli veriler 1:1000 ölçekli imar planından elde edilmiş, üzerinde hesaplamalar ve analizlerin yapılabilmesi için CBS ortamında

düzenlenmiştir. Tüm sürecin tekrarının ve farklı senaryolar için uygulanabilirliğinin kolaylaştırılması için ise ArcGIS yazılımının Model Builder aracından faydalanılarak, yeni bir model oluşturulmuştur. Vektör veri formatından raster veriye dönüştürülen tüm katmanların karşılaştırılabilir olması için katmanlar altındaki öznelik verileri standartlaştırılmıştır. Ölçütler için belirlenen ağırlıklar raster hesaplama (Raster Calculator) kısmında sisteme dahil edilerek hesaplama yapılmış ve tüm ölçütlerden ağırlıklarına göre değer alan pikseller tek bir katmanda toplanarak sonuç elde edilmiştir. En kısa maliyetli güzergah belirleme aracıyla (leastcost path) senaryo doğrultusunda en uygun güzergah belirlenmiştir. Oluşturulan modelin uygulanması için fiziksel ölçütün çevresel ve görsel ölçütlere göre daha önemli olduğu ve çevresel ölçütün fiziksel ve görsel ölçütlere göre daha önemli olduğu iki farklı senaryo belirlenmiştir. Modelin hesaplama aşaması (raster calculator) senaryolara göre revize edilerek iki farklı senaryo için güzergahlar oluşturulmuştur. Fiziksel ölçütün diğerlerine göre daha yüksek ağırlık aldığı senaryoda, belirlenen güzergahta bisiklet yolunun yol genişliklerinin, eğimin ve yol fiziksel koşullarının uygun olduğu yerlerden geçtiği gözlemlenmiştir. Çevresel ölçüt ağırlığının fazla olduğu senaryoda ise belirlenen güzergahta, kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu, kamusal alanlar, ticaret alanları ve yeşil alanların bulunduğu yerlerden bisiklet yolunun geçtiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bisiklet yolu, coğrafi bilgi sistemleri, çok ölçütlü karar verme yöntemleri, analitik hiyerarşi yöntemi.

A BICYCLE ROUTE PLANNING MODEL BASED ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

SUMMARY

The bicycle is one of the most attractive ways to travel in a city as it is inexpensive, does not pollute, and consumes little energy; moreover, under certain traffic conditions, it may be faster than other means of transport. At a policy level, the bicycle is currently recognised as one of the important pillars in the strategy for sustainable mobility in Europe and the US. Many studies have shown that cycle infrastructure is, indeed, a necessary prerequisite for the expansion of bicycle use. Recently confirmed that cities in the United States with a greater supply of bicycle paths and lanes have significantly higher bicycle commute rates, even when controlling for land use, climate, socioeconomic factors, gasoline prices, the availability of public transport, and cycling safety. Although the development of cycling facilities is associated with increased levels of cycle use, few studies have developed comprehensive methodologies for cycle network planning and the prioritisation of cycling infrastructure investments in particular. As cycling demand grows, it becomes increasingly necessary to develop comprehensive methodologies to optimally determine areas for the development of future cycle infrastructure. This infrastructure translates into cycle facilities that offer a return on investment cost by attracting the largest possible number of cyclists. In order to achieve this objective, it is supposed that the views and experiences of cyclists should be a structural component of the design process.

Route planning is a critical step in the process of design and construction and has a potential significantly impacting the construction and environmental of the area. Effective route selection process is very important for minimizing economical cost. In planning a suitable road network, planners put into consideration factors like gradients or slope of the area, available land-use and soil type, community or national landmarks and governmental interest. These different considerations and interest make the planning process complex and as such there might be confusion of interest in the decision making. The use of Geographic Information System (GIS) and Multi-criteria analysis has helped planners to achieve desired and more accurate results and as such reducing the complex nature in the planning process allowing different stakeholders to reach a general conclusion. The combination of multiple parameters, methods and decision making techniques, creates the foundation for a Multi-Criteria Spatial Decision Support System. Spatial multi criteria decision problems typically involve a set of geographically-defined alternatives from which a choice of one or more alternatives is made with respect to a given set of evaluation criteria. Many spatial decision problems as site selection, disaster risk assessments, making planning decisions, natural resource management, etc. are depend on multi-criteria. Multi criteria decision making can be explained generally as a tool for assisting the decision maker in deciding on the best alternative from all of the possible alternatives under the presence of multiple choice criteria and diverse

criterion priorities. Much of the use of GIS in planning assumes use of a rational mode of decision-making, which entails a linear process initiated with the identification of a problem, followed by a comprehensive search for alternatives and concluded with the selection of the optimal alternative as indicated by the gathered information.

Analytic Hierarchy Process (AHP) is one of the Multi Criteria decision making methods that was originally developed by Prof. Thomas L. Saaty (1980), allows decision makers to model a complex problem in a hierarchical structure showing the relationships of the goal, objectives (criteria), sub-objectives, and alternatives. AHP has been applied to planning for at least 30 years beginning with the Sudan Transport Study is a general theory of measurement. AHP is a method for ranking decision alternatives and selecting the best one when the decision maker has multiple criteria. In short, it is a method to derive ratio scales from paired comparisons. The input can be obtained from actual measurement such as price, weight etc., or from subjective opinion such as satisfaction feelings and preference. The AHP can be implemented in three simple consecutive steps: computing the vector of criteria weights, computing the matrix of option scores, ranking the options. Each step will be described in detail in the following. It is assumed that m evaluation criteria are considered, and n options are to be evaluated. A useful technique for checking the reliability of the results will be also introduced. Most of the estimating methods proposed and studied are with the paradigm of the analytic hierarchy process that presumes ratio-scaled preference values.

The aim of this research is to generate a user-oriented bicycle route planning model based on analytic hierarchy process. For this demand, first, bicycle road planning criteria are identified. Then, determined criteria are grouped and divided into sub-criteria. These groups are, physical, environmental and visual criteria. The second step of the model is establishing the hierarchy according to analytical hierarchy process. The steps of the process are; computing the vector of criteria weights, computing the matrix of option scores, ranking the options. The weights of the criteria are used as an input in GIS field. As a third step, vector data of the study area are exported from CAD to GIS. In GIS, this data are revised and added missing data. Then this data converted to raster data and their attributes are normalized. The weights defined by AHP are used as an input in raster calculator process. Then, all cells values are calculated according to the weights produced in AHP. For a specified origin and destination points in study area, the model has produced a route using least-cost path analysis tool. Two scenarios are comprised from different weights of criteria. New weights for different scenarios are included to the model in raster calculator process, then, the model has generated two different routes in north-south and east-west direction of the study area. The model is developed using ArcGIS 10.2; *spatial analysis tool*, *data management tool*, *3D analyst tool* and *model builder*. Model builder tool helps to automate the design process in terms of regenerating the whole process by revising output through the different input. The model produces a graphical output for visualization.

In the first chapter, the purpose and scope of the thesis is explained. In the second chapter, through the literature survey, bicycle route planning considerations and requirements are identified. In the third chapter, multi criteria decision making methods and analytical hierarchy process are defined. Also, the use of GIS and multi-criteria method reviewed by case studies. In the last chapter, the user-oriented

bicycle route planning model based on multi-criteria decision making method, is introduced. The model implemented for specified area within Nilüfer district in Bursa. In conclusion part, all results are evaluated and suggestions for future works are considered for future development of the model.

Key words: Bicycle route, geographic information system, multi-criteria decision making, analytic hierarchy process.

1. GİRİŞ

Bisiklet, eğlence, spor ve taşıma/hizmet amaçlı da kullanılabilen toplu taşıma araçlarına uyumlu, çevre dostu bir ulaşım aracıdır. Ülkemizde motorlu taşıt ulaşımına verilen önemin fazla olması, alt yapı yetersizliği gibi nedenlerle bisiklet kullanım oranı oldukça düşüktür. Bisiklet yolu güzergahının ulaşım sistemiyle bütünleştirilebilmesi ve bisiklet kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanması güzergah belirlenmesi aşamasında bir çok faktörün sürece dahil edilmesi ile gerçekleştirilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak tüm bu faktörlerin bir araya getirilmesi ve mekana dair karmaşık problemlerden biri olan bisiklet yolu güzergahı belirleme sorununun çözümlenmesi mümkündür.

Bisiklet yolu güzergahının belirlenmesinde güzergahın kullanım amacına göre, yolun fiziki durumu, yol genişlikleri, yolun eğimi, yol çevresinde bulunan binaların yapılaşma düzeni, kullanıcı yoğunluğu, yapı adalarının kullanım türü, yeşil alanlara olan yakınlığı, toplu taşıma duraklarına olan mesafesi gibi bir çok ölçüt etkilidir. Tüm bu ölçütlerin güzergah belirlenmesine olan etki derecelerine karar verilmesi konusunda çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yararlanılabilmektedir.

Yapılan çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından faydalanılarak, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak bisiklet yolu güzergahı belirleme modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan modelin uygulama alanı olarak Bursa İli'nin Nilüfer İlçesinde bulunan Karaman, İhsaniye, Esentepe, Barış, Cumhuriyet ve Ataevler mahalleleri belirlenmiştir.

İkinci bölümde bisikletin tanımı, kullanımının amacı, bisiklet yolu tipleri, bisiklet yolu tasarım kriterleri ve bisiklet kullanımı ile ilgili mevzuat ele alınmıştır. Bisiklet yolu güzergahı belirlenirken dikkat edilmesi gerekenler, temel ihtiyaçlar ve güzergahın kullanım amacına göre etkili olan faktörler bu bölümde yapılan çalışmalar sonucu tespit edilmiştir. Bisikletin şehir içindeki yollarda kullanım çeşitliliği ve gerekli olan yol genişlikleri bisiklet kullanıcısı için uygun eğim gibi konular irdelenmiş ve bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi için gerekli ölçütler elde edilmiştir.

Üçüncü bölümde güzergah belirleme sürecinin mekana dair karmaşık bir problem olduğu temelinden yola çıkılarak çok ölçütü karar verme yöntemleri incelenmiştir. Uygun yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ayrıntılı olarak ele alınmış ve AHY kullanılarak daha önceden yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin tüm aşamaları tek tek ele alınmaktadır. Yöntemin uygulanması konusunda yol gösterici olması açısından incelenen örnekler mekana dair karar problemlerinin çözüldüğü ve güzergah belirleme amaçlı yapılan çalışmalardan seçilmektedir.

Dördüncü bölümde bisiklet yolu güzergahı belirlemek için oluşturulan model ve modelin uygulama örnekleri ele alınmaktadır. Ayrıca bu bölümde güzergah belirlemede kullanılan ölçütlerin güzergaha olan etki ağırlıklarının AHY kullanılarak hesaplanması, ArcGIS yazılımında modelin oluşturulma aşamaları ve modelin farklı senaryolar belirlendiğinde çıkardığı sonuçlar anlatılmaktadır.

Sonuç bölümünde ise yapılan çalışma değerlendirilerek, oluşturulan bisiklet yolu güzergahı belirleme modelinin sağladığı yararlar, modelin eksik yanları ele alınmakta ve ileriye yönelik yapılabilecek çalışmalar anlatılmaktadır.

2. BİSİKLET ULAŞIMI

Bisiklet; iki tekerlekli, motorsuz, yakıt kullanmadan sürücünün mekanik gücü ile pedal yardımıyla ilerleyen bir ulaşım aracıdır (TS 9826, TSE1992). 1600'lü yılların ilk yarısında patenti alınmış olan bisiklet bir oyun aracı olarak üretilmiş olup ulaşım aracı olarak kullanımı ABD ve Avrupa ülkelerinde motorlu taşıtların üretilmesinden sonra farklı süreçler izlemiştir. ABD'de motorlu taşıt ve bisiklet kullanımı bir arada görülmeden hızla motorlu taşıt kullanımına geçilirken Avrupa ülkelerinde uzun yıllar karma kullanımı görülmüştür. Türkiye'de bir spor aracı olarak bisiklet kullanımı 1890 yılında Fenerbahçe Spor Klubü aracılığıyla gerçekleşmiş, bir ulaşım aracı olarak etkin kullanımı ise gerekli önemin verilmemesi ve altyapı yetersizliği nedeni ile günümüzde hala istenilen seviyeye ulaşamamıştır (Çalışkan,2013).

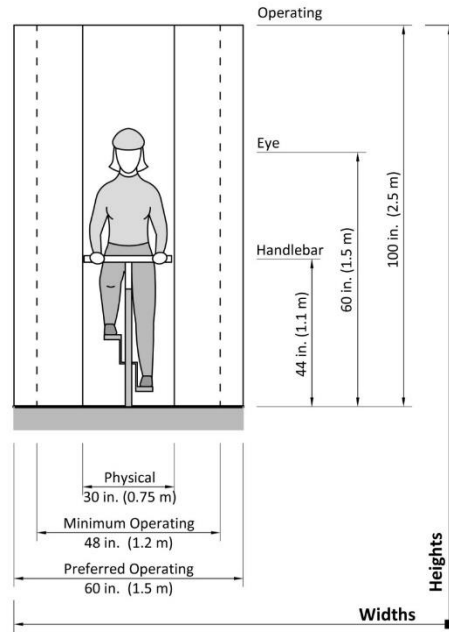
Genel olarak bisiklet kullanımı ulaşım ve eğlence-hobi amaçlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ulaşım amaçlı bisiklet kullanımında kullanıcının varmak istediği noktaya en kısa yoldan ulaşması hedef alınırken, eğlence-hobi amaçlı bisiklet kullanımında bisiklet yolları çeşitli etkinliklere göre doğa turizm vb. planlanabilmektedir. Bahsedilen bu iki ana başlığın dalları olarak spor amaçlı ve hizmet amaçlı bisiklet kullanımından söz etmek mümkündür. Günümüzde hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde ayaküstü yemek şirketleri ve süper marketlerde bisikletin servis/hizmet aracı olarak da kullanıldığı görülmektedir. Tüm bu kullanım türlerinin yanısıra çocuklar için bir oyuncak, yetişkinler için ise bir tür eşya taşıma aracı olarak da kullanılmaktadır (Akay, 2006).

2.1 Bisiklet Yolu Tipleri

Bisikletle gezmek, seyahat etmek ve diğer bisiklet kullanım amaçları için sağlanması gereken bütün teçhizatları bisiklet yolu denmektedir. Bisiklet yolu ve bisiklet ölçüleri şekil 2.1. de görüldüğü gibidir. Bisiklet yollarının tipleri konusunda pek çok sınıflandırma olmasına rağmen tüm bu sınıfları karışık trafikte bisiklet kullanılması, motorlu taşıt ve yayalardan tamamen ayrılmış olan tam ayrımlı bisiklet yolları ve

kısmi ayrımlı bisiklet yolları olarak üç ana başlıkta toplamak mümkündür. Tam ayrımlı sınıfta bisiklet yolları, bisiklet bulvarları; kısmi ayrımda bisiklet şeritleri ve banket bisiklet yolları bulunurken karışık trafik olarak adlandırılan sınıfta genişletilmiş trafik şeritleri ve karışık trafikte bisiklet vardır (Uz, 2004).

Genel sınıflandırma dışında eğer kaldırımlar ve kenarındaki yeşil şeritler yeterince genişse yayalar için yeterli alan kalıyorsa bisiklet şeridi bu alanın dışında da oluşturulabilir. Bu durumda bisiklet yolu ile yayalar ve bisikletlerle motorlu araçlar arasında (park halinde olsalar bile) tampon şerit bulunmalıdır.



Şekil 2.1 : Bisikletin ölçüleri (Toole, 2010).

2.1.1 Tam ayrımlı bisiklet yolları

Bisiklet yolları

Bisiklet yolları motorlu taşıt trafiğinden ve yayalardan tamamen ayrılarak sadece bisikletlerin kullanımı için düzenlenmiş yol kesimlerinden oluşmaktadır. Bisiklet yolları, bisikletler için tam koruma ve ayrıcalık sağlamakta, diğer trafikle olabildiğince az kesişerek sürekli, kesintisiz ve güvenli sürüş ortamı yaratmaktadır. Ancak geleneksel olarak oluşmuş kent dokusunda, özellikle merkez alanlarında bisiklet yollarının düzenlenmesi genellikle mümkün olamamaktadır (Uz, 2004).

Bisiklet bulvarları

Bisiklet bulvarları oluşturulurken mevcut yol kesiminde taşıt trafiğine getirilen kısıtlamalarla (sürekli olarak fiziksel olarak ya da yön değişikliği ile kesilmesi gibi)

yolu kullanan taşıtların sayısı azaltılır ve fiziksel düzenlemelerle (trafik sakinleştirme önlemleriyle) hızları düşürülür. Başka bir deyişle yolun kademesi aşağı indirilir, motorlu taşıtların bu yolu tercih etmemeleri ve motorlu taşıt trafiğinin bu yolu yalnızca yol üzerinde bulunan hedef noktalarına ulaşmak için kullanması sağlanır. Bu düzenlemelerle söz konusu yol kesimi bisikletler için ana koridor olarak geliştirilmekteyken, motorlu taşıtlar o yolu sadece üzerindeki binalara giriş çıkış yapacak bir erişim yolu olarak kullanır. Böylelikle bisikletler için ana bulvar haline gelen yolda bisikletler karışık trafik içinde olmalarına rağmen, bisikletler için genel bir öncelik, ayrıcalık ve iyileştirme oluşturulmaktadır.



Şekil 2.2 : Trafik yoğunluğu azaltılmış bisiklet bulvarları (Url-1).

2.1.2 Kısmi ayrımlı bisiklet yolları

Banket bisiklet yolları

Kırsal alanlarda kaldırım bulunmayan yollardaki banketlerin yüzey kaplamalarının elden geçirilerek bisiklet kullanımına tahsis edilmesidir. Banketlerin asfaltlanması ve bisikletliler için işaretlenerek düzenlenmesi ile oluşan bisiklet banketleri, motorlu taşıtlar tarafından acil durumlarda emniyet şeridi olarak kullanılırken, bisikletliler tarafından güvenli sürüş alanı olarak değerlendirilmektedir (Kaya & Öcalır, 2010).

Bisiklet şeritleri

Bisiklet şeritleri, yol platformunun bir bölümünün yol çizgisi (bazen ilave olarak farklı renk ve özelliklerdeki kaplama malzemesi) ile taşıt trafiğinden ayrılarak bisikletlerin kullanımına tahsis edilmesiyle oluşmaktadır. Bisiklet şeritleri; genellikle yolun sağ tarafında, yol platformu ile yaya kaldırım arasında bir tampon bölge teşkil edecek şekilde planlanmaktadır. Bisiklet şeritleri üç farklı şekilde düzenlemek mümkündür.

Bunlar;

1. Tek yönlü yollarda motorlu taşıt trafiği ile aynı yönde ve tek yönlü olarak,
2. İki yönlü yollarda yolun her iki tarafında, motorlu taşıt trafiği ile aynı yönde tek yönlü olarak,
3. Tek yönlü yollarda yolun bir tarafında iki yönlü olarak.



Şekil 2.3 : Tek yönlü bir yolda yolun bir tarafında tek yönlü olarak planlanan bisiklet şeridi (Url-2).

Bisiklet şeritlerinin tasarımı yol boyunca araç park edilmesine izin verildiği durumlarda iki farklı şekilde olmaktadır. Bunlardan birincisinde bisiklet şeridi akan trafiğin sağında, trafik şeridi ile park şeridi arasında düzenlenmekteyken ikincisinde park şeridi ile kaldırım arasında düzenlenir.



Şekil 2.4 : Taşıt trafiği ve park şeridi arasında planlanan, park şeridi ile kaldırım arasında planlanan bisiklet şeritleri (Url-3).

Yol boyunca motorlu taşıtların park etmesine izin verilen caddelerde bisiklet şeritlerinin iki farklı şekilde düzenlendiği görülmektedir. Birinci uygulamada park şeridine giren ve çıkan her araç, bisiklet şeridini kesmekte, ayrıca park etmiş araçlar bisikletlilerin yan yollardan çıkan araçları ve kaldırımdan inen yayaları görmelerini zorlaştırmaktadır. İkinci uygulamada ise park eden araçlar bisiklet şeridini kesmemekte ancak park eden araçların kapılarının oluşturduğu tehlike artmaktadır.

Ayrıca park eden araçlar, bisikletlerin şeride giriş-çıkışlarını engellemekte ve sola dönen bisikletlerin motorlu taşıt sürücüleri tarafından fark edilmelerini zorlaştırmaktadır (Uz, 2004).

2.1.3 Karışık trafikte bisiklet yolu

Bisikletler için herhangi bir önlemin alınmadığı, düzenlemenin yapılmadığı, bisikletlilerle motorlu taşıtların aynı yol yüzeyini paylaştıkları durumdur. Bisiklet kullanıcılarını sollamak isteyen motorlu taşıt tıpkı motorlu aracı sollarken yaptığı gibi komşu şeride geçerek solama yapmalıdır. Bu durumda bisikletlinin kullandığı trafik şeridi sollama manevrasının yapıldığı kesimde tamamen bisikletlinin kullanımına ayrılmış olmakla birlikte bisiklet kullanımının tehlikesi artarken yolun kapasite kullanımını azalmaktadır. Bu kullanım türünde bisikletler, hız, ağırlık ve manevra kabiliyetleri gibi fiziksel özellikleri kendinden çok farklı olan motorlu taşıtlarla aynı yol yüzeyini paylaşma durumunda kalmakta ve herhangi bir çarpışma halinde korunmasız oldukları için en fazla hasar gören taraf olmaktadır. Bisiklet kullanımının riskli olmasının yanı sıra kullanma talebi de düşük olmaktadır (Karaşahin ve Terzi 2011).

Bisiklet için genişletilmiş trafik şeridi

Kent içinde motorlu araç kullanımının yoğun olduğu için bisikletlilere özel bir düzenleme yapılması gerekmesine rağmen, fiziksel yetersizlikler veya diğer sebeplerden dolayı bisikletlilere uygun genişlikte bir şerit ayrılmıyorsa, bu yol kesimlerinde kaldırıma yakın olan trafik şeridinin genişliği arttırılarak motorlu taşıtlar ile bisikletlerin daha güvenli bir şekilde yolu ortak kullanmaları sağlanabilmektedir. Bisiklet için genişletilmiş trafik şeridi, karışık trafikte bisiklet kullanımına göre daha güvenli görünmekle birlikte yeterli düzenleme yapılmadığı için tam ayırım ya da kısmi ayırımın yapıldığı bisiklet yollarıyla karşılaştırıldığında kullanımını daha risklidir.

Yapılacak olan düzenleme yolun sağ kesimindeki şeridin 1.00-1.30 m arttırılarak bir trafik şeridi elde edilmesidir. Böylece sağ şeridi kullanan motorlu taşıtların bisikletlileri sollamak istemeleri durumunda komşu şeride geçmelerine gerek kalmayacaktır. Yapılacak olan bu düzenlemeden verim alınabilmesi için genişletilen trafik şeridi üzerinde motorlu taşıtların park etmeleri ve yükleme boşaltmaları yapmaları engellenmelidir. Bu tür kesimlerde sağ şeridin genişliği arttırılarak elde

edilen trafik şeridinde bisiklet kullanımı daha güvenli hale getirilebilir. Ayrıca motorlu taşıtlarla bisikletlerin ortak kullanımı kolaylaştırmak için genişletilen şeridin yatay ve dikey trafik işaret ve levhalarıyla her iki kullanıcı grubuna da bildirilmesi gerekmektedir. (AASHTO, 1999).



Şekil 2.5 : Bisikletliler için genişletilmiş trafik şeritleri (Url-4).

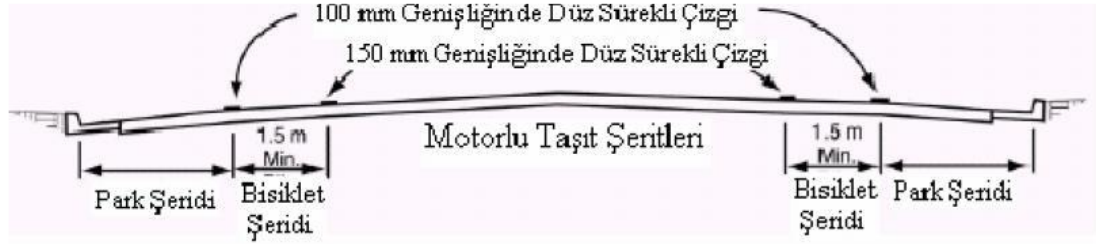
2.2 Bisiklet Yolu Tasarım İlkeleri

Bisiklet yolu planlanması aşamasında uyulması gereken bazı kurallar olmasına rağmen ülkemizde bu konuda Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) öngördüğü birkaç standart dışında (T.S. 10839, T.S. 11782, T.S. 9826 ve T.S. 7249) kapsamlı bir standart geliştirilmemiştir. Bazı Avrupa ülkelerinde ve ABD'de konu ile ilgili özellikle American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)'nun geliştirmiş olduğu gibi oldukça kapsamlı ve ayrıntılı bisiklet yolları standartları belirlenmiştir. Bisiklet yollarının planlanmasında kara yolları planlamasında olduğu gibi yatay kurb, görüş mesafeleri işaretlemeler vb. ortak yönler varken yatay ve düşey açıklık gereksinimi, boyuna eğim ve kaplama yapısı gibi bazı özellikler açısından bisiklet karakteristikleri motorlu araçlardan oldukça farklıdır ve planlama aşamasında dikkat edilmesi gereken konulardandır.

2.2.1 Bisiklet yolu genişlikleri

Bisiklet yolları genellikle iki yönlü ve iki şeritli olarak planlanmaktadır. Bir bisiklet şeridi park şeridiyle motorlu taşıt şeridi arasında yerleştirildiği ve motorlu taşıt park alanlarının işaretlendiği durumda, bisiklet şeridi genişliği en az 1,5 m olmalıdır. Park hacminin yüksek ve dönüşlerinin fazla olması durumunda 0,3-0,6 m genişlik artırılması uygun görülmektedir. Bisiklet şeritleri kaldırım ile park şeritleri arasında olmamalıdır. Bisiklet şeridinin bu şekilde yerleştirilmesi durumunda bisikletliler ile

motorlu taşıtlar arasındaki karışıklık artar ve kavşaklarda bisikletlerin görülebilirliği azalır. Ayrıca bu tür durumlarda bisikletlilerin sola dönüş yapmak istemeleri halinde, bisikletliler motorlu taşıtlar tarafından engellenecektir (Uz, 2004).



Şekil 2.6 : Park şeridinin işaretlendiği bisiklet yolu tipi (Uz, 2003).

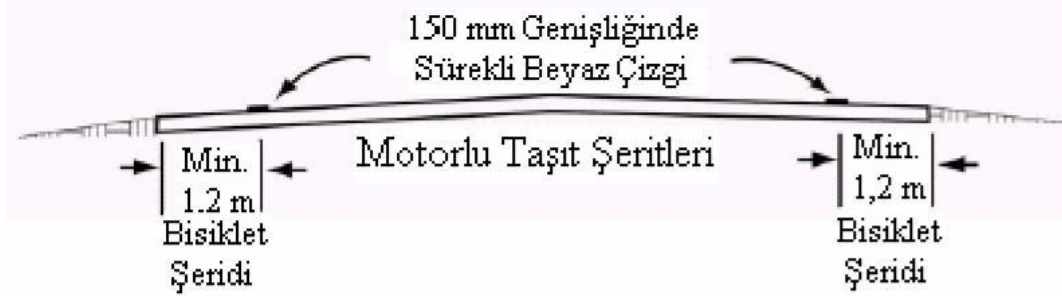
Motorlu taşıtların park etmesine izin verildiği fakat park şeridinin işaretlenmediği bir platformda bisiklet şeritleri park alanları ile birlikte planlanmaktadır. Bu durumda bordür taşının şekline göre parka izin verilen bisiklet şeridi genişliği 3,3 veya 3,6 m olmalıdır. Yuvarlatılmış bordür taşının kullanılması durumunda şerit genişliği 3,3 m, düşey bordür taşının kullanılması durumunda ise şerit genişliği 3,6 m olmalıdır. Bu tip bisiklet şeritleri park hacminin düşük olduğu yerlerde uygulanabilir. Fakat park hacminin ve ağır vasıta trafiğinin yüksek olması veya motorlu taşıt hızlarının 55 km/sa'ti geçmesi gibi bir durum söz konusu olduğunda bisiklet şeridinin genişliği mutlaka arttırılmalıdır.



Şekil 2.7 : Motorlu taşıtların park etmesine izin verildiği fakat park bölgesinin işaretlenmediği platform (Uz, 2003).

Motorlu araçların park etmesinin yasaklandığı bisiklet yolları genellikle en fazla istenilen düzenlemedir. Bu türde park eden araçlar ile bisikletliler arasındaki sorunlar ortadan kaldırılmış olur. Mümkün olan alanlara bisiklet şeridi genişliği bisikletlilerin güvenliğini arttırmak açısından 1,8-2,4 m'ye kadar arttırılabilir. Avrupa ve ABD' de iki yönlü bisiklet yolları için öngörülen minimum kaplama genişliği 2,4 m iken TSE' nin öngördüğü minimum genişlik ise 2,00 m'dir. 2,4 m genişliğinde yapılan bisiklet şeritleri aynı zamanda engelli sürücüler için park alanı olarak da kullanılabilir (Uz, 2004).

Kırsal kesim yollarında uygulanan bisiklet şeritlerinde minimum şerit genişliği 1,2 m olmalıdır. Ancak özellikle motorlu taşıt hızlarının 55 km/sa'ti geçmesi durumunda şerit genişliğinin arttırılması gerektiği göz önünde tutulmalıdır.



Şekil 2.8 : Kırsal kesim yollarında bisiklet şeridi uygulanması (Uz, 2003).

Bisiklet şeridine komşu bir trafik şeridinin genişliği 3,6 metredir. Bisiklet şeridini yerleştirmek için trafik şeridinin genişliğinin azaltılması gereken durumlar olabilir. Bu gibi durumlarda motorlu taşıt hızlarının, ağır taşıt trafik hacminin ve görüş mesafesinin şerit genişliğinin azaltılabilmesine olanak vermesi gibi durumlara dikkat edilmelidir. Bu şartların sağlanması halinde, trafik şeridinin genişliği 3 metreye düşürülebilir (Uz, 2004). Bisiklet yollarında tercih edilen genişlikler Çizelge 2.1’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 2.1 : Bisiklet yolunda tercih edilen genişlikler. Ölçüler m dir (TSE).

	Bisiklet Yolu Tipleri			
	Bisiklet Şeridi	Bisiklet Yolu Geçişi	Kaldırım Kenarı Bisiklet Yolu	Ayrırma Şeritli Bisiklet Yolu
Araş Genişliği	0,60	0,60	0,60	0,60
Hareket payı	1,00	1,00	1,00	1,00
Şehir içi yollarında taşıt yolu kenarındaki emniyet mesafesi	-	-	0,70	1,50
Emniyet payı ile yol genişliği			en az 1,50	En az 2,30
a)tek şerit	1,00	---	1,70	>2,50
b)çift şerit	2,00	2,00	2,30	>3,50
NOT:				
1- İki yönlü trafikte en az üç şeritli bisiklet yolu tercih edilmelidir.				
2- Karışık trafikte yol genişliği, taşıt t yolu üzerindeki bisiklet yolunda özellikle kavşak civarında genişlik en az 4.00 m dir.				

2.2.2 Boyuna eğim

Bisiklet tamamen sürücünün fiziksel gücüne bağlı bir ulaşım aracı olduğundan, uzun ve dik eğimler bisiklet sürücüleri için çok yorucu olmaktadır. Ayrıca bisiklet yolları farklı yaşta ve farklı fiziksel özelliklere sahip sürücüler göz önünde bulundurularak düzenlenmelidir. Bu tasarımlar yapılırken teknik bilgisi iyi olmayan ve fiziksel kondisyonu düşük olan bisiklet sürücülerinin de olduğu unutulmamalı, uzun ve dik eğimli tasarımlardan kaçınılmalıdır. Bisiklet yolları için önerilen maksimum eğim %5'tir. Sürekliliği olan ve çok uzun mesafede devam eden bisiklet yolları için eğim %2'yi geçmemelidir. Kısa mesafede daha dik eğimler kabul edilebilir. %5'i geçen eğimlerde, eğimin uygulanabileceği en fazla mesafeler Çizelge 2.2'de verilmiştir (Uz ve Kardeşahin, 2004).

Çizelge 2.2 : Farklı eğimlere göre maksimum uygulama uzunluğu verilmiştir (Uz ve Kardeşahin, 2004).

Yol Eğimi	Yol Uzunluğu
< %5	uzunluk önemli değil
%5-6	< 240 m
%7	< 120 m
%8	< 90 m
%9	< 60 m
%10	< 30 m
%11	< 15 m

2.2.3 Tasarım hızı

Bir bisiklet seyahatinin hızını, bisikletin tipi ve durumu, yolculuğun amacı, bisiklet yolunun durumu, yeri ve eğimi, hakim rüzgarların hızı ve yönü, bisiklet yolundaki trafik yoğunluğu ve bisiklet sürücüsünün fiziksel kondisyonu gibi bir çok faktör etkilemektedir. Bisiklet yollarının tasarımında kullanılan hız, bisiklet sürücüleri tarafından tercih edilen en yüksek hız kadar seçilir (Kardeşahin ve Uz, 2004) .

Genellikle minimum tasarım hızı 30 km/sa olarak alınır. Boyuna eğimin yüzde 4'ü geçtiği ya da güçlü hakim rüzgarların olduğu yerlerde, 50 km/sa'lık bir tasarım hızı tavsiye edilir. Tüm bu tasarım hızları kaplamalı bisiklet yolları için geçerli olup yolun kaplamasız olduğu kesimlerde bisiklet sürücüleri daha yavaş sürme eğiliminde olduğu hesaba katılıp kaplamasız yollarda bisiklet tasarım hızı 25 km/sa olarak kabul edilir.

2.2.4 Görüş Mesafesi

Duruş görüş mesafesi bisikletlilerin beklenmedik durumlarla karşılaştıklarında durmak için gerekli tepki ve frenleme mesafesidir. Bisikletlilerin güvenle ve tam kontrollü bir şekilde durmalarını sağlayacak duruş görüş mesafesi ve sürücü intikal tepki süresini etkileyen faktörler bisiklet hızı, kaplama ile bisiklet lastiği arasındaki sürtünme katsayısı ve bisikletin frenleme yeteneğidir (Karaşahin ve Uz, 2004).

Duruş görüş mesafesi hesap yöntemi **Formül 2.1**'de verilmiştir.

$$S = \left(\frac{V \times 2}{254 (f + g)} \right) + \left(\frac{V}{1.4} \right) \quad (2.1)$$

Formülde S, duruş görüş mesafesini (m); g, boyuna eğim miktarını (m/m); V, proje hızını (km/sa); f ise sürtünme katsayısını ifade etmektedir.

2.2.5 Yatay kurb ve değer (enine eğim)

Yatay kurb ve deverin yani bisiklet yolu dönüşlerindeki enine eğimin hesaplanması dönüş sırasında bisikletlerin devrilmemesi için gereklidir. Kurb yarıçapı, yol yüzeyi enine eğiminin (dever), hesaplanmasında etkili faktörler bisiklet lastiği ile kaplama arasındaki sürtünme katsayısı ve bisiklet hızıdır. Birçok uygulamada dever miktarı %2 ve %5 aralığında değişmekte maksimum seviyeyi (%5) aşmamasına özen gösterilmektedir. Minimum %2 lik dever miktarı hem inşaatının kolay olması hem de drenaj koşulları için uygundur.

Bisiklet yolları için minimum kurb yarıçapı **Formül 2.2** ile hesaplanır.

$$R = \left(\frac{V \times 2}{127 \left(\frac{d}{100} + f \right)} \right) \quad (2.2)$$

Formülde R, minimum kurb yarıçapını (m); d, dever miktarını; V, proje hızını (km/sa); f ise sürtünme katsayısını ifade etmektedir.

Enine eğimin tek tarafa verilmesi genellikle boyuna drenaj tasarımını ve yüzey inşaatını kolaylaştırır. Bisiklet yolunun yüzeyine uygulanan enine eğim ile kaldırımdan gelen sular, yola zarar vermeden kolay bir şekilde uzaklaştırılabilir (Uz, 2004).

2.2.6 Bitkilendirme

Araç ve bisiklet yolları kenarındaki bitkilendirme düzenlemeleri kapsamında bisiklet sürücülerin görüş alanlarını kısıtlayan 0,3 m'nin üzerindeki yükseklikte tüm bitkiler budanmalı ve bisiklet yolu içindeki yol kaplamasının yüzeyinde yol yüzeyinde çatlama neden olan bisiklet yolu içindeki 1m mesafedeki ağaçlar kaldırılmalı ya da kök bariyerlerinin kullanılması sağlanmalıdır.

2.2.7 Bariyer etkisi

Genellikle ulaşım bağlantıları olarak ele alınan yollar aynı zamanda motorsuz yolculuklar için engel oluşturabilmektedir. “Bariyer etkisi”, yaya ve bisikletli hareketliliğini azaltırken motorlu araç kullanımını arttırmaktadır. Bariyer etkisi yaratan bu durumu azaltmak için yaya ve bisiklet yollarını kesen kavşak sayısı minimuma indirilmedir (Litman ve diğ., 2005).

2.2.8 Güvenlik

Bisikletliler, ulaşım sistemi içinde diğer trafiğin olumsuz etkilerine en açık ve korumasız yol kullanıcıları olup motorlu taşıtlarla herhangi bir çarpışmada, yaralanma ve ölüm oranları diğer kullanıcılara göre çok daha yüksektir. Bu durum, bisiklet kullanımını diğer türlere göre daha tehlikeli ve riskli bir duruma getirmektedir. Bisikletlilerin trafikte karşılaştıkları olumsuzlukları en aza indirebilecek, bisiklet yolları ve şeritleri tasarlanmalıdır. Kent içi ulaşımında bisikleti tercih eden kullanıcılar, genellikle en kısa ve doğrudan ulaşımın sağlandığı ana arterleri kullanmaktadır. Trafik hacminin yüksek olduğu bu koridorlarda, bisikletliler için gerekli düzenlemeler yapılmamışsa bisikletliler, kaldırımı ya da taşıt trafiğini kullanarak hem yayaları, hem kendilerini, hem de taşıtları tehlikeye atmaktadır. Özellikle taşıt ve yaya trafiğinin yüksek olduğu ticari bölgelerde bu tehlike daha da artmaktadır. Bu nedenle önemli ana ulaşım güzergahları, mümkünse bisiklet kullanımına uygun hale getirilmeli, değilse ana arterlere paralel giden ve trafik hacmi daha düşük olan yollar bisiklet kullanımı için düzenlenmelidir (Çiftçi, 2006).

2.2.9 Süreklilik

Günümüzde kent içi ulaşımında bisiklet kullanan ve bunun altyapısını oluşturmaya çalışan şehirlerin sayısı oldukça azdır. Bunu sağlamaya çalışan şehirlerde de bisiklet yolları bazen bahçe duvarı ile bazen park edilen araçlarla bazen de iş yeri

sahiplerinin teşhir amacıyla dışarıya koyduğu ürünlerle kesintiye uğramaktadır. Bisiklet yolu sisteminin sürekliliği kullanıcıların konforu ve güvenliği için çok önemlidir. Sürekliliği olan ve ana varış noktalarına kesintisiz ulaşabilen bisiklet yolu güzergahlarının çekiciliği daha fazladır. Bisiklet kullanımının özendirilmesi için, bisiklet ağının sürekliliği gözetilmeli ve gerek arazi temini, gerekse trafik güvenliğinin sağlanmasında, tedbirlerin alınması gerekmektedir (Mert, 2007).

2.3 Bisiklet Kullanımı İle İlgili Mevzuat

Trafik kanunları bisiklet kullanımını farklı yollardan etkileyebilmektedir. Bisiklet kaskı, düşme ve çarpışmalarda kafa yaralanmalarını engellemeye yardımcı olmaktadır. Motorlu araçlar için hız limitlerinin azaltılması, bisiklet hızında artış ve bisiklet kullanımında güvenliğin artışı şeklinde bisiklet kullanımında artışa neden olmaktadır. Birçok çalışma, daha düşük otomobil hızlarının bisiklet kullanımında artışa yol açtığını göstermektedir. Bisiklet yolları ve kullanımı konusunda 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılmış olan Karayolları Trafik Yönetmeliği yürürlükte

Bisiklet yolu planlaması ile ilgili ülkemizde TSE'nin öngördüğü T.S. 10839 T.S. 11782, T.S. 9826 ve T.S. 7249 standartları vardır. Bazı Avrupa ülkelerinde ve ABD'de konu ile ilgili özellikle AASHTO'nun geliştirmiş olduğu gibi oldukça kapsamlı ve ayrıntılı bisiklet yolları standartları belirlenmiştir.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Karar vermeyi, birden daha fazla sayıda seçeneğin bir veya daha fazla ölçüte göre karşılaştırılarak bir sonucun elde edilmesi olarak tanımlamak mümkündür. Probleme ait kararın verilmesi sürecinde belirlenen ölçütlerden bazılarının diğerlerine göre daha fazla yada az öneme sahip olduğu düşünülebilir. Tek bir ölçütle değil birden fazla ölçütün farklı öneme sahip olarak karar sürecine katıldığı durumlarda “en iyi” belirlenirken çok ölçütlü karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Yerleşim yeri seçimi, planlama, afet risk değerlendirmeleri ve doğal kaynak yönetimi gibi birçok karar mekansal karar problemidir. Mekana ait kararların çözülme sürecinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) 1980’lerden itibaren kullanılan bir teknolojidir. Mekansal çok ölçütlü karar analizinde, karar analizinde kullanılan birden çok sayıda coğrafi katmandan bir sonuç katman elde edilerek sonuca ulaşılmaktadır.

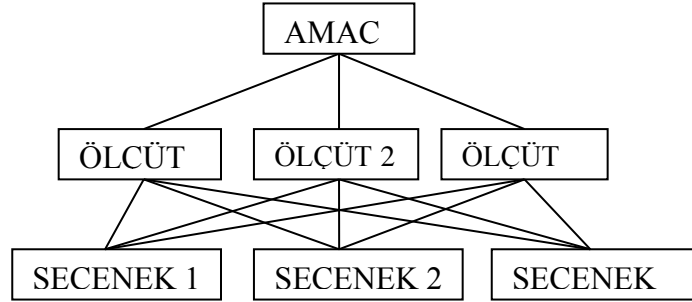
3.1 Analitik Hiyerarşi Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY), karmaşık karar problemlerinin analizleri için Thomas L. Saaty tarafından ilk olarak 1970’li yıllarda ortaya konmuş olup, problemi amaç, ölçütler, alt ölçütler ve seçenekler düzeyinde hiyerarşik olarak modelleyen, çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir (Saaty, 1980). Yöntemde oluşturulan hiyerarşi genel amaç, ölçütler ve seçenekler olarak üç ana bölümde özetlenebilir (**Şekil 3.1**). Mekansal veriler için seçenekler katmanlar olarak düşünülebilir ve bu katmanlar vektör veri yapısında nokta, çizgi ve poligonlarla, raster veri yapısında ise piksellerle ifade edilir (Yılmaz, 2014).

3.1.1 Hiyerarşinin kurulması

Analitik hiyerarşi yönteminin ilk aşaması karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılmasıdır. Bu aşamada bir karar verme probleminin alt öğelere ayrılması ve bu öğeler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulması amaçlanır. İlgili alt öğeler gruplanıp düzenlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur. Bu yöntemde, genel bir

amaç düzeyinden başlanıp daha spesifik olan alt düzeylere doğru aşağıya yönelik bir yapı izlenmektedir. Her düzey bir üst veya alt düzeyle ilişkilidir. Amaç ile ölçütler arasında alt-amaçlar olabileceği gibi ölçütler ile seçenekler arasında alt-ölçütler tanımlanarak hiyerarşik yapı genişletilebilir.



Şekil 3.1 : Hiyerarşik yapı (Öztürk ve Batuk, 2010).

Genel hiyerarşi kurulduktan sonra ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur, ağırlıklar belirlenir ve belirlenen ağırlıkların tutarlılık oranı hesaplanarak işlemin tutarlılığı test edilir.

3.1.2 İkili karşılaştırmalar

Kriterlerin birbirleriyle olan görece önemliliklerinin belirlenmesine yarayan teorik bir yaklaşım olan kriter ağırlıklarının hesaplanması için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ağırlıklar doğrudan atama ile değil matristeki kriter çiftlerinin karşılaştırılması ile özvektörden üretilen en uygun ağırlık kümesinin oluşturulması ile elde edilir (Saaty, 1994). Bu yöntem sayesinde kriterlerin ağırlıkları belirlenirken yardımcı kaynaklar ve uzman kişi veya kişilerden faydalanmak mümkündür.

İki ayrı elemana yönelik tercihleri ölçeklendirmek için hangi kriterin daha önemli olduğunun sayısal karşılığı belirlenirken 9 birimlik ölçek esas alınır (**Çizelge 3.1**).

Çizelge 3.1 : İkili karşılaştırma ölçeği (Öztürk ve Batuk, 2010).

1	Eşit Olarak Tercih Edilme
3	Biraz Tercih Edilme
5	Tercih Edilme
7	Kuvvetle Tercih Edilme
9	Kesinlikle Tercih Edilme
2,4,6,8	Ara değerler

Terslik (reciprocal) kuralına uyarak ölçeklendirilen tüm değerler ikili karşılaştırmalar matrisini oluşturur. Kurala göre bir ölçütün ikinci ölçüt üzerindeki önem derecesi 4 değerini alırken ikinci ölçütün birinci ölçüt üzerindeki önem derecesi $\frac{1}{4}$ değerini alır (Çizelge 3.2).

$$a_{ji} = 1 / a_{ij} \quad (3.1)$$

Çizelge 3.2 : Ölçütlerin ikili karşılaştırma matrisi.

	A	B	C	D	E
1	Ölçüt	a₁	a₂	a₃	a_n
2	a₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a _{1n}
3	a₂	1/a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a _{2n}
4	a₃	1/a ₃₁	1/ a ₃₂	a ₃₃	a _{3n}
5	a_n	1/ a _{n1}	1/ a _{n2}	1/ a _{n3}	a _{nn}

İkili karşılaştırmalar matrisinde önceliklerin belirlenmesi:

1. adım: İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanır. (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 : Adım 1.

	A	B	C	D	E
1	Ölçüt	a₁	a₂	a₃	a_n
2	a₁	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a _{1n}
3	a₂	1/a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a _{2n}
4	a₃	1/a ₃₁	1/ a ₃₂	a ₃₃	a _{3n}
5	a_n	1/ a _{n1}	1/ a _{n2}	1/ a _{n3}	a _{nn}
6	Toplam	=Top(B2:B5)	=Top(C2:C5)	=Top(D2:D5)	=Top(E2:E5)

2. adım: İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünerek normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinde her bir sütunun toplam değeri 1'e eşittir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Adım 2.

	A	B	C	D	E
7	Ölçüt	a₁	a₂	a₃	a_n
8	a₁	=B2 /B6	=C2/C6	=D2/D6	E2 /E6
9	a₂	=B3 /B6	=C3/C6	=D3/D6	E3/E6
10	a₃	=B4 /B6	=C4/C6	=D4/D6	E4/E6
11	a_n	=B5 /B6	=C5/C6	=D5/D6	E5/E6
12	Toplam	1	1	1	1

3. adım: Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesaplanarak, karşılaştırılan elemanların ağırlıklarıyla ilgili bir tahmin elde edilir. Tahmin edilen ağırlıklar **Çizelge 3.5**'te görüldüğü gibidir..Belirenen ağırlıkların doğruluğunun test edilmesi için bir sonraki aşama olan tutarlılık oranı hesaplanması aşamasına geçilir.

Çizelge 3.5 : Adım 3.

	A	B	C	D	E	F	G
7	Ölçüt	a₁	a₂	a₃	a_n	Toplam	Ağırlık
8	a₁	=B2/B6	=C2/C6	=D2/D6	E2/E6	=top(B8:E8)	=ort(F8/n)
9	a₂	=B3/B6	=C3/C6	=D3/D6	E3/E6	=top(B9:E9)	=ort(F9/n)
10	a₃	=B4/B6	=C4/C6	=D4/D6	E4/E6	=top(B10:E10)	=ort(F10/n)
11	a_n	=B5/B6	=C5/C6	=D5/D6	E5/E6	=top(B11:E11)	=ort(F11/n)

Tutarlılık oranı:

AHY'de ölçütlerin tahmini ağırlıkları belirlendikten sonra tutarlılıklarının hesaplanması, karar verici tarafından verilen değerlerin doğruluğunun kontrol edilmesidir. Tam bir tutarlılığın elde edilmesi zor olduğundan belirli bir aralıkta tutarlılık değerine uyum sağlamış olması verilen değerlerin kabul edilebilir olduğunu gösterir. Verilen değerlerin kabul edilebilirliğinin gösteren tutarlılık oranı 0.01dir. Bu değerden yüksek olması durumunda başa dönülür, karar vericilerin verdiği değerlerde değişiklik yapılarak aynı işlen sırası yeniden uygulanıp ağırlıklar yeniden belirlenir (Yılmaz, 1999).

Tutarlılık oranı hesaplanması aşamaları:

1. adım: İkili karşılaştırmalar matrisi ile hesaplamalar sonucu elde edilen ağırlık vektörü çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam vektör elde edilir (**Çizelge 3.6**).

Çizelge 3.6 : Tutarlılık oranı hesaplanma adım 1.

	H
7	Ağırlıklandırılmış toplam vektör
8	=DÇARP(B2:E2;G8:G11)
9	= DÇARP(B3:E3;G8:G11)
10	= DÇARP(B4:E4;G8:G11)
11	= DÇARP(B5:E5;G8:G11)

2. adım: Adım 1'de elde edilen ağırlıklandırılmış toplam vektörünün her bir elemanı, buna karşılık gelen ağırlıklandırılmış vektör değerine bölünür (**Çizelge 3.7**).

Çizelge 3.7 : Tutarlılık oranı hesaplanma adım 2.

	K
7	A.T.V./A.V.
8	= H8/G8
9	= H9/G9
10	= H10/G10
11	= H11/G11
12	=ortalama(K8:K11)

3. adım: 2. Adımda elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları tespit edilir. Bu ortalama değere *maksimum özdeğer* denir ve λ_{\max} simgesi ile gösterilir formül 3.2 kullanılarak hesaplanır.

$$\lambda_{\max} = (\text{Ağırlıklar toplamı}) / n \quad (3.2)$$

4. adım *tutarlılık indeksi* (Tİ) formül 3.3 kullanılarak hesaplanır.

$$T\dot{I} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (3.3)$$

5. adım: Tutarlılık oranı (TO) formül 3.4 kullanılarak hesaplanır.

$$TO = T\dot{I} / R\dot{I} \quad (3.4)$$

Rİ simgesi *rasgele (tesadüfi) indeks* anlamına gelir ve rasgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama tutarlılık indeksini ifade eder. Rİ değerleri, karşılaştırılan elemanların sayısına (n) bağlı olarak değişiklik gösterir (**Çizelge 3.8**) (Malczewski, 1999).

Çizelge 3.8 : Rasgele olarak üretilmiş ikili karşılaştırmalar matrislerinin ortalama tutarlılık indeksi (Malczewski, 1999).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tİ	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Yapılan hesaplamalar sonucu tutarlılık 0,1'den düşük çıkması durumunda oran kabul edilir ve ağırlıklar belirlenmiş olur. Oluşturulan hiyerarşideki tüm katmanlar için aynı uygulama tekrarlanır.

3.2 Örnek Çalışmalar

Coğrafi Bilgi Sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyon yer seçimi:

Erden ve Coşkun (2011), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyonları için en uygun yerin saptanmasında etkili olabilecek bir model geliştirmiştir ve İstanbul İli için yeni itfaiye istasyonu için en uygun yerler önerilmiştir. Bu çalışmada, yer seçimi yapılacak bölgenin şartları da göz önünde bulundurularak yeni itfaiye istasyonlarının yerlerinin saptanmasına yönelik ölçütler belirlenmiştir. Modelde, analitik hiyerarşi yönteminin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak belirlenen ölçütlerin uzman yardımı alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, analitik hiyerarşi yönteminin önceliklerin sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili her bir ölçüt için önem/ağırlık değerleri belirlenmiştir (**Çizelge 3.9**). Ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin elde edilmiştir.

Çizelge 3.9 : Karar verici grup tarafından belirlenen ölçüt ağırlıkları (Erden ve Coşkun, 2011).

ÖLÇÜTLER	AĞIRLIKLAR
Tehlikeli madde depolarına yakınlık	0,40 (%40)
Yüksek nüfus yoğunluğu	0,16 (%16)
Ana arterlere yakınlık	0,15 (%15)
İtfaiye istasyonuna uzaklık	0,10 (%10)
Ahşap ve tarihi binalara yakınlık	0,10 (%10)
Deprem riskinin yüksek olduğu yerlere uzaklık	0,9 (%9)

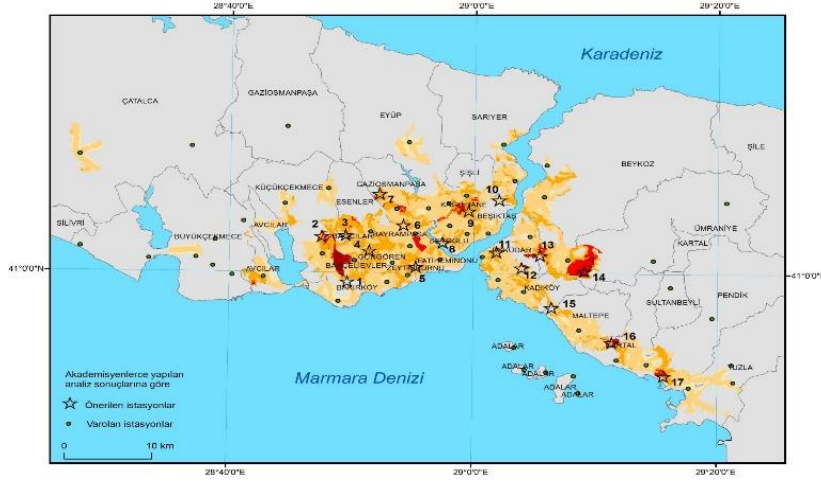
Çalışmada izlenen adımlar şu şekilde özetlenmektedir:

- Çözülecek problemin/amacın belirlenmesi;
- İtfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesinde etkili olan ölçütlerin belirlenmesi;
- Verilerin elde edilmesi, hazırlanması ve düzenlenerek CBS ortamına aktarılması;
- Parça parça olan veri gruplarının bir çalışma bölgesi oluşturacak şekilde düzenlenmesi ve herbir ölçütekarsılık gelen verilerin raster veri formatında gösterilmesi;
- Raster veri gruplarının sınıflandırılması;
- AHY'nin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak tercih matrislerinin oluşturulması;
- Karar verici grubun görüşlerine dayanarak oluşturulan tercih matrisinden yararlanarak özdeğer ve özvektör değerlerinin hesaplanması;

- AHY'nin önceliklerin sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili her bir ölçüt için önem/ağırlık değerlerinin belirlenmesi;
- Ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin CBS ortamında elde edilmesi ve
- Yeni itfaiye istasyon yerlerinin belirlenmesinde karar vericilere destek sağlayan bir sistemin önerilmesi.

İtfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla altı ölçüt saptanmıştır. Bunlar; yüksek nüfus yoğunluğu; ana arterlere yakınlık; itfaiye istasyonuna uzaklık; tehlikeli madde depolarına yakınlık; ahşap ve tarihi binalara yakınlık; deprem riskinin yüksek olduğu yerlere uzaklıktır. Belirlenen tüm bu ölçütler için verilerin elde edilmesi ve ilgili dönüşümlerin yapılmasından sonra AHY ile ölçütlerin öncelikleri/ağırlıkları belirlenmiştir. Bu amaçla, analitik hiyerarşi yöntemi ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak kriterlerin önem değerleri 1'den 9'a kadar numaralandırılmış ve daha sonrasında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Karar verici grubun değerlendirmeleri baz alınarak ölçütler ayrı ayrı önceliklendirilmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin normalize edilmesi, normalize edilen değerlerden lambda değerleri ve tutarlılık indisi hesaplamaları sonucunda tutarlılık oranı elde edilmiştir. Hesaplanan tutarlılık oranının 0,1 değerinden küçük elde edildiğinden ağırlıklar tutarlı olarak değerlendirilmiştir.

Modelin uygulama aşamasında, analizlerde ArcGIS yazılımının, ArcMap 9.2 platformunun spatial analyst eklentisi ile ArcToolbox araç kutusu kullanılmıştır. Analizde kullanılan her bir ölçüt ArcGIS yazılımında birer tabaka ile gösterilmiştir. Her bir ölçüt raster veri formatına dönüştürülmüştür ve yeniden sınıflandırılmıştır. Bu işlemler yapıldıktan sonra ağırlıklandırılmış toplam (Weighted Sum) aracı kullanılarak bindirme analizi yapılmıştır. Her bir ölçüt girdi raster verisi olarak temel alınmış ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi baz alınarak üretilen ölçüt ağırlıkları ağırlıklandırılmış toplama işlemine tabi tutulmuştur. Çalışmanın sonucunda, İstanbul ili içerisinde mahalle bazında 17 yeni itfaiye istasyonu önerilmiştir (**Şekil 3.2**).



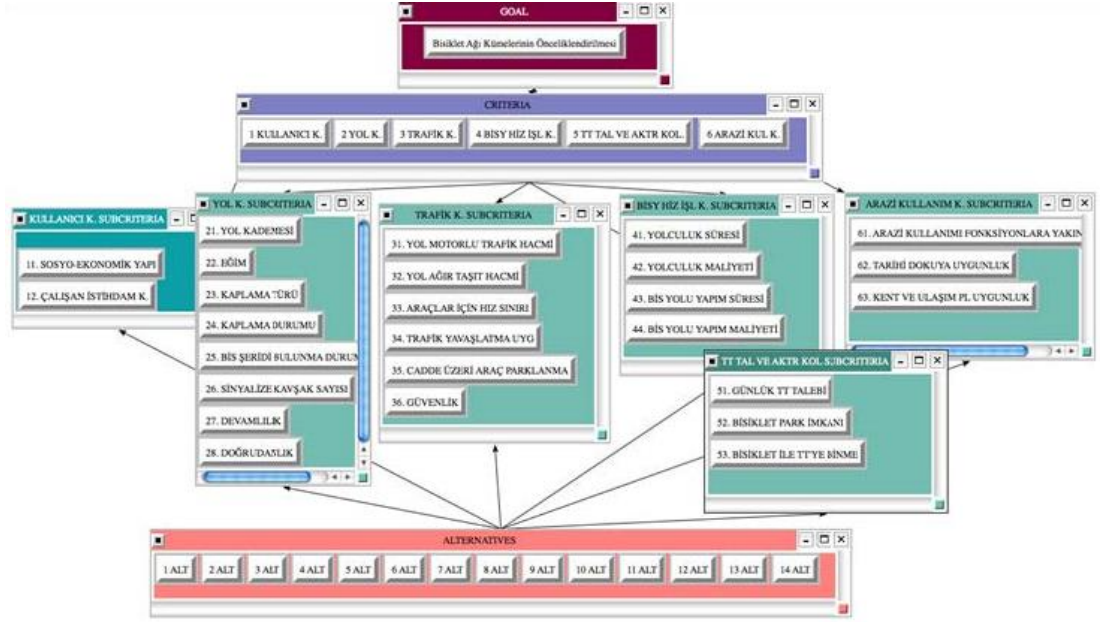
Şekil 3.2 : Analiz sonuçları (Erden ve Coşkun, 2011).

Analitik hiyerarşi yöntemi ile İstanbul'da bütünleşik bisiklet ağı kümelerinin önceliklendirilmesi:

Yılmaz ve Gerçek (2014), İstanbul metropoliten alanında toplu taşıma sistemi ile bütünleşik bisiklet ulaşım ağının aşamalı olarak gerçekleştirilmesi için bir karar destek modeli oluşturmuştur. Çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak ulaşım planlaması konusunda uzmanların değerlendirmeleri doğrultusunda, İstanbul metropoliten alanında toplu taşıma ile bütünleşik bisiklet ağı kümelerinin öncelikleri belirlenmiştir.

Değerlendirmede altlık teşkil edecek haritanın oluşturularak AHY uygulaması için ölçütler ve alt ölçütler belirlenmiştir. Ölçütler, ana ve alt olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. 6 ana ölçüt; kullanıcı karakteristikleri, yol karakteristikleri, trafik karakteristikleri, bisiklet yolu hizmet ve işletim karakteristikleri, toplu taşıma talebi ve aktarma kolaylığı, arazi kullanım karakteristikleri olarak belirlenmiştir. 26 adet alt ölçüt ise ana ölçütlerle ilişkili olacak şekilde belirlenmiştir. Kullanıcı karakteristiklerine ait alt ölçütler; sosyoekonomik durum (gelir ve otomobil sahipliği) ve çalışan/istihdam karakteristikleridir. Yol karakteristiklerine ait alt ölçütler; yol kademesi, eğim, kaplama türü, kaplama durumu, bisiklet şeridi bulunma durumu, sinyalizasyon kavşak sayısı, devamlılık ve doğrudanlıktır. Trafik karakteristiklerine ait alt ölçütler; yoldaki motorlu trafik hacmi, yoldaki ağır taşıt hacmi, araçlar için hız sınırı, trafik yavaşlatma uygulamaları, cadde üzeri araç parklanma durumu ve güvenlidir. Bisiklet yolu hizmet ve işletim karakteristiklerine ait alt ölçütler; yolculuk süresi, yolculuk maliyeti, bisiklet yolu yapım süresi ve bisiklet yolu yapım maliyetidir. Toplu taşıma talebi ve aktarma kolaylığına ait alt ölçütler; günlük toplu taşıma talebi,

bisiklet park alanı olanağı ve bisiklet ile toplu taşıma aracına binme olanağıdır. Arazi kullanım karakteristiklerine ait alt ölçütler ise fonksiyonlara yakınlık (okul, üniversite, işyeri, rekreasyon alanı, vb.), kentin tarihi dokusuna uygunluk ile kent ve ulaşım planlarına uygunluktur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterilmesi (Yılmaz ve Gerçek, 2014).

Toplu taşıma aktarma merkezlerine 15 dakikalık yolculuk mesafesi etki alanındaki bölgelerin birleştirilmesiyle oluşturulan 14 adet bisiklet ağı kümesi belirlenen ölçütlere göre ile uzmanlarca değerlendirilmiştir. Uzmanların görüşlerinin alınması amacıyla bir anket düzenlenmiş ve bu anket, ulaşım planlaması konusunda uzman 42 kişiye uygulanmıştır. Anketin birinci bölümünde, hedef açısından ölçütlerin ikili karşılaştırmalarının yapılarak ölçütlerin birbirlerine göre ağırlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ankete katılan her uzmandan bu ölçütlerin her biri için o ölçütün önem derecesini belirtecek şekilde 1, 3, 5, 7, 9 sayılarını (1: Eşit, 3: Biraz daha kuvvetli, 5: Kuvvetli, 7: Çok çok kuvvetli, 9: Aşırı derece kuvvetli) atamaları istenmiştir. Bu şekilde belirlenen bisiklet ağı kümelerinin önceliklendirilmesi sürecinde her ölçütün hangi önem düzeyine sahip olacağı belirlenmiştir. Anketin ikinci bölümünde ise ölçütler açısından alt ölçütlerin ikili karşılaştırmalarının yapılması istenmiştir. Buna göre yine uzmanlar tarafından 1, 3, 5, 7, 9 değerlerinin atanmasıyla her ölçüte ait alt ölçütlerin o ölçüte göre ikili karşılaştırmaları yapılmış ve alt ölçütlerin önem dereceleri hesaplanmıştır. İkili karşılaştırmalara ait hesaplamalar “Super Decisions” paket programı kullanılarak yapılmıştır. Anketin

üçüncü bölümünde “rating” yöntemi ile uzmanlardan alt ölçütler için seçeneklerin tercih edilme durumuna göre puanlanması istenmiştir. Puanlamada uzmanlar tarafından her alt ölçüte 1 ile 5 arasında bir değer (1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi) verilmiştir. Yapılan analizler ve analizlerin yorumlanması sonucunda belirli odaklar etrafında gelişen bisiklet ağı uygulamasının kent içinde hangi aşamalarla gerçekleştirilmesi gerektiğini gösteren bir çözüm oluşturulmuştur.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile çizgisel mühendislik yapılarında güzergâh optimizasyonu: doğalgaz iletim hattı örneği:

Yıldırım ve Yomralıoğlu (2013), Coğrafi Bilgi Sistem desteği ve analitik hiyererşi yöntemi ile sonucunda bir doğal gaz iletim hattı için optimum güzergahın belirlenmesi için bir model önerisi oluşturmuştur. Bu çalışmada öncelikle doğalgaz iletim hattı güzergâhlarına etki eden faktörler tespit edilmiş bu faktörlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Model için raster tabanlı bir güzergah planlaması üretilmesi amaçlanmıştır. Önerilen bu raster tabanlı güzergâh planlaması modelinde bir maliyet katmanı ve bir yön katmanı oluşturularak, güzergâh bu iki katman üzerinden belirlenmektedir.

Çalışmada, boru hattına etki eden faktörler üç ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Bunlar; a) çevresel, b) ekonomik ve c) sosyolojik faktörlerdir. Bu faktörlerin ağırlıkları AHY'nin ikili karşılaştırma yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Modelde, hem parametrelerin birbirine göre olan karşılaştırmalarında, hem de karar alternatiflerinin yani parametrelerin alt kriterlerinin etki değerlerinin (ağırlıklarının) belirlenmesinde mevcut uygulama çalışmaları, bilimsel araştırmalar ve boru hattı güzergâh belirleme çalışmalarında hazırlanan Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) raporları irdelenmiş, ayrıca uzman kişilerle yapılan görüşmelerle ikili karşılaştırmaların birbirlerine göre ağırlıkları belirlenmiştir.

Bu çalışmada boru hatları güzergâh planlaması için belirlenen faktör sayısı 10'dur (**Çizelge 3.10**). İlk olarak güzergah belirlenmesine etki eden temel faktörlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin belirlenmesi için veri katmanları arasında AHY'de ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Bu etki değerlerinin doğruluğunu test etmek amacıyla tutarlılık oranı hesaplanmış ve $TO=0,0136$ değeri bulunmuştur. Her bir faktörün alt kriter ağırlıkları da ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak belirlenmiştir. Çalışmada AHY ve ikili karşılaştırma matrislerinin çözümü ve tutarlılık oranlarının hesaplanabilmesi için excel tabanlı bir makro hazırlanmıştır. Bu

makro ile bütün veri katmanları için alt faktör ağırlıkları hesaplanmıştır. Ağırlıklı maliyet yüzeyi bulunduğundan sonra ki aşama verilen noktalar arasındaki en uygun güzergâhı belirlemektir. Bu çalışmada kullanılan algoritma da (cost distance algorithm) temel yaklaşım, başlangıç ve bitiş piksellerine 0 değeri atanarak bütün yüzeye ait birikmiş toplam maliyet yüzeyinin (accumulated cost surface) ve bu değerler doğrultusunda hareket yönünü gösteren bir ara veri katmanının oluşturulmasıdır. Uygulamada birikmiş toplam maliyet yüzeyi üzerinden başlangıç ve bitiş noktalarına göre uygun güzergâh tespit edilmiştir. Modelin uygulanmasında, Erzurum-Sivas doğalgaz ana iletim hattından alınan ve mevcut durumda tamamlanmış Trabzon doğalgaz iletim hattının, Gümüşhane sınırından sonraki 46 km'lik kısmının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.10 : Veri katmanlarının doğalgaz iletim hattı güzergâh planlamasına etki değerleri (A: arazi örtüsü, B: eğim, C: jeoloji, D: toprak, E: heyelan, F: akarsu, G: yol, H: flora/Fauna, I: koruma alanı, K: rekreasyon), (Yıldırım ve Yomralıoğlu, 2013).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	Ağırlıklar
A	1	1	2	3	4	7	8	5	6	9	0,256
B	1	1	1	2	3	6	7	4	5	8	0,205
C	1/2	1	1	1	2	5	6	3	4	7	0,156
D	1/3	1/2	1	1	1	4	5	2	3	6	0,116
E	1/4	1/3	1/2	1	1	3	4	1	2	5	0,084
F	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	1	1/2	1	2	0,033
G	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1	1	1/3	1/2	1	0,025
H	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	1	1	4	0,061
I	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	1	1	3	0,044
K	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/2	1	1/4	1/3	1	0,020

4. BİSİKLET YOLU GÜZERGAH BELİRLEME MODELİ

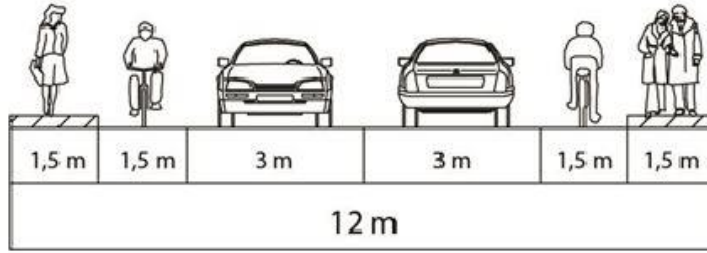
Yeni yapılacak olan bisiklet yollarının güzergahının belirlenmesi farklı uzmanlık alanlarından birçok kriterin göz önünde bulundurulması gereken, çok katmanlı bir tasarım süreci gerektirmektedir. Tasarım aşamasında, mevcut taşıt yollarına dahil edilecek bisiklet yollarına uygun genişlikte yolların belirlenmesi, bu yolların fiziki koşullarının uygunluğu, bisiklet kullanıcı profili, bisiklet kullanımını teşvik edecek çevresel faktörler gibi birçok etken belirlenerek bu faktörlerin tasarıma olan etkileri derecelendirilmelidir. Güzergah belirlenirken tek bir karar vericinin ya da az sayıda kriterin belirleyici olması ise, oluşturulan güzergahın istenilen aksine bisikletliler tarafından etkin bir şekilde kullanılmaması, bisiklet yolunun mevcut ulaşım ağına entegre olamaması ve bunların yanı sıra aşırı maliyet gibi sorunlar oluşturabilmektedir.

Ülkemizde yapılan bisiklet yolları genellikle sahil şeridi boyunca ya da yaya kullanımına tahsis edilmiş yerlerde yeşil alanlara dahil edilerek tasarlanmaktadır. Bu yaklaşım bisiklet yollarının bir ulaşım aracından çok eğlence-hobi amaçlı kullanımını teşvik etmeye yönelik, ulaşım sistemi elemanlarıyla entegrasyonunun sağlanmadığı yada bisiklet yolunun farklı kullanım amaçlarına uygun diğer gereklilikler düşünülmeden yapılan tasarım yaklaşımıdır. Yapılan kaynak taramasında görülmüştür ki güzergah belirlenirken farklı disiplinlerden birçok ölçüt güzergah belirlenmesinde etkili olmaktadır. Yapılacak olan güzergahın kullanım amacına ve bisiklet kullanıcının isteklerine göre ölçütlerin farklı önem dereceleri alarak bu sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından faydalanılarak, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak yolu güzergahı belirleme modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin amaca uygun düzenlenip sentezlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden faydalanılmış ve kriterlerin hesaplanmasında çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak modele dahil edilmiştir. AHY belirlenen amaca ve ölçütlerin

birbirleri ile ilişkilerinin kurulmasında uygun bir mekansal karar verme yöntemi olduğu için seçilmiştir. Geliştirilen modelinin uygulanması için, Bursa İli'nin Nilüfer ilçesinde bulunan Karaman, İhsaniye, Esentepe, Barış, Cumhuriyet ve Ataevler mahallelerinden oluşan çalışma alanı belirlenmiştir.

Tez kapsamında geliştirilen model farklı bisiklet yolu tasarımlarından bir tanesinin seçilip, mevcut alana uygulanması üzerine kurgulanmıştır. Seçilen bisiklet yolu, **Şekil 4.1**'de görüldüğü gibi, yolun her iki tarafında taşıt trafiği ile aynı yönde, tek şeritli olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 : Modelde uygulanacak bisiklet yolu için yol kesidi.

Model gelişiminde yapılan varsayımlar aşağıda listelenmiştir:

- Belirlenen bisiklet yolu için yol genişliğinin minimum 12 metre olması gerekmektedir.
- Çalışma kapsamında trafik yoğunluğu yol genişlikleriyle ilişkili olarak düşünülmüş yol genişlikleri arttıkça trafik yoğunluğunun artacağı varsayılmıştır. Trafik akış hızı değerlendirmeye katılmamaktadır.
- Çalışma kapsamında, oluşturulacak bisiklet yolunun mevcut ulaşım sistemleriyle entegrasyonunun değerlendirilmesi, metro duraklarına uzaklığı dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Çolakoğlu ve Küçükpehlivan, 2014).

4.1 Yöntem

Tez kapsamında öncelikle literatür çalışması yapıp bisiklet ulaşımı, bisiklet yolu tipleri, bisiklet yolu tasarım ilkeleri ve bisiklet kullanımı ile ilgili mevzuat incelenerek bisiklet yolu güzergahı belirlenmesinde kullanılacak ölçütler ve oluşturulabilecek farklı senaryolar belirlenmiştir. Kullanılacak ölçütlere farklı ağırlıklar verilebilmesi için çok ölçütlü karar verme yöntemleri incelenmiş ve

analitik hiyerarşi yönteminin uygun yöntem olduğu saptanarak bu yöntemde kullanılan hiyerarşinin kurulması, ikili karşılaştırmalar, tutarlılık oranı hesaplanması ve sentez adımları sırasıyla ele alınmıştır. Analitik hiyerarşi yönteminin adımları MS. Excel’de tanımlanarak ölçütlerin alacağı ağırlıklar hesaplanmıştır.

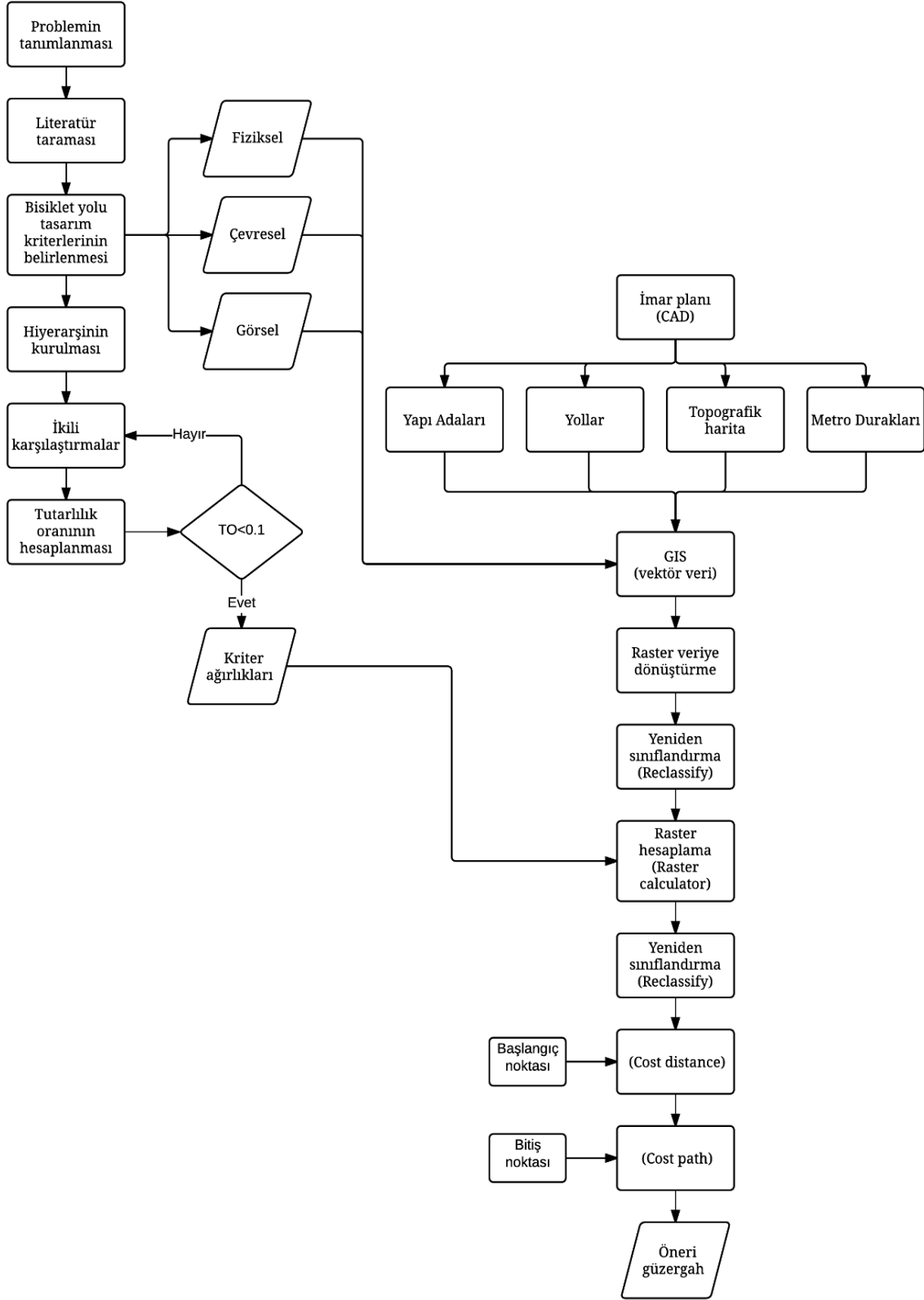
Modelin uygulama aşamasına geçildiğinde ilgili kurumlardan CAD ortamında elde edilen verilerin düzenlenmesi, analiz edilmesi ve sentezlenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından ArcGIS 10.2 kullanılmıştır. ArcGIS Yazılımında analiz araçları, verilerin düzenlenmesi ve sentezlenmesinde kullanılmıştır. ArcGIS Yazılımındaki araçlardan “Model Builder” kullanılarak analiz araçlarının kullanıldığı tüm süreç tek bir sistemde toplanmış ve bu sayede işlem adımları otomatikleştirilerek kolaylaştırılmıştır. Oluşturulan modelde belirlenen çalışma alanı içindeki iki yön (kuzey-güney, doğu-batı) için farklı senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryolarda belirlenen ölçütlerin ağırlıkları değiştirilerek güzergaha etki derecesi gözlemlenmiş, sonuç bölümünde ise, modelden elde edilen güzergahlar üzerinden modelin uygulanabilirliği, kısıtlamaları ve geleceğe yönelik hedefleri tartışılmıştır.

4.2 Model Oluşturma Süreci

Model oluşturma sürecini dört ana başlık altında toplanmak mümkündür. İlk bölüm, problemin tanımlanıp ölçütlerin belirlendiği; ikinci bölüm, belirlenen ölçütlerin ağırlıklarının yani alacağı puanların hesaplandığı; üçüncü bölüm, girdi olarak kullanılacak verilerin CBS ortamında düzenlendiği; dördüncü bölüm ise AHY’den gelen puanlar kullanılarak başlangıç ve bitiş noktası belirlenen güzergahın oluşturulduğu bölümdür.

İlk bölüm olan ölçütlerin belirlenmesinde, bisiklet yolu güzergahı tasarım ölçütleri fiziksel (yol genişikleri, eğim, yolun fiziksel durumu), çevresel (arazi kullanım türü, kullanıcı yoğunluğu, ulaşım sistemine entegrasyonu) ve görsel (kat yükseklikleri, bina nizam durumu ve rekreasyon alanlarına yakınlık) ölçütler olarak belirlenmiştir. İkinci bölümde, ölçütler arasında hiyerarşi kurularak ölçüt ve alt ölçütler belirlenmiş, ölçütler ve alt ölçütler arasında ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar yapılarak her birinin alacağı ağırlıklar belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıkların doğruluğunun kesinleştirilmesi için tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının 0.1’den küçük çıkması durumunda hesaplanan ağırlıkların doğruluğu kanıtlanmaktadır. 0.1’den büyük çıkması durumunda ise ikili karşılaştırmalar matrisine geri dönülüp

oluşturulan matristeki karşılaştırma değerleri değiştirilerek tutarlılık oranı tekrar hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının 0.1'den küçük olması durumu sağlandığında belirlenen ağırlıklar CBS ortamında kullanılacak veriler olarak kabul edilmektedir.



Şekil 4.2 : Akış diyagramı.

Modelin uygulanacağı çalışma alanı ile ilgili DWG formatında elde edilen imar planı ve eğim verileri CBS ortamında düzenlenmektedir. İmar planı; yapı adaları ve yol verileri olarak iki ayrı katmana ayrılmıştır. Yapı adalarından arazi kullanım, kat yükseklikleri, kullanıcı yoğunluğu, metro durakları; yol verisinden ise yol genişlikleri elde edilmektedir. Tüm bu veriler güzergah belirlemek için kullanılacak analizlerin yapılabilmesi için raster veri formatına dönüştürülmelidir. Raster veri formatın dönüştürülen verilerin karşılaştırılabilir değerlere sahip olması için yeniden sınıflandırılması (reclassify) yapılmaktadır.

Son aşamada AHY kullanılarak elde edilen puanlamalar devreye girmekte ve her bir pikselin alacağı puan raster hesaplama analiz aracıyla hesaplanmaktadır. Her bir pikselin değeri belirlendikten sonra ağırlıklı hesaplama analiz aracı kullanılarak en düşük maliyetli güzergahın hesaplanması (least-cost path) için girdi verisi oluşturulmaktadır. Başlangıç ve bitiş noktalarına göre en düşük maliyetli güzergah belirlenmektedir.

4.2.1 Ölçütler

Bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi sürecine dahil edilen ölçütler fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler olarak üç ana başlık altında toplanmıştır. Fiziksel ölçütler yolun fiziki koşullarının; çevresel ölçütler kullanıcı sayısının, kullanım türü farklılıklarının, belirlenecek güzergahın ulaşım sistemi ile bağlantısının; görsel ölçütler ise kullanıcının sürüş kalitesini, güvende hissetmesini ve çevresinde bulunan öğelerle ilişkisinin modele olan etkisini belirlemektedir.

Fiziksel ölçütler ana başlığı altında eğim, yol genişlikleri ve yolun fiziki durumu ölçütleri dikkate alınmıştır.

Eğim: Bisiklet kullanımı insan gücüne bağlı olduğundan topografyanın eğimli olması bisiklet kullanımını zorlaştırmaktadır. Kesintisiz ve rahat bir sürüş için %5'e kadar olan eğim, ideal eğimdir. Eğim arttıkça bisiklet kullanımı zorlaşmakta ve belirlenen güzergahın tercih edilme oranı düşmektedir. Modelde, topografyanın eğimi belirli aralıklarda sınıflandırılıp puanlandırılmaktadır.

Yol genişlikleri: Bisiklet yollarının mevcut yollara yapılabilmesi için yolun belirli bir genişliğe sahip olması gerekmektedir. Aksi takdirde, bisiklet yolu yapımı için minimum alan sağlanamadığından, belirlenen güzergahın projelendirilerek hayata geçirilmesi zordur. Minimum 12 m. yol genişliği bisiklet yolu yapılabilmesi için

temel alınmıştır. Bu yolların gidiş geliş çift şeritli taşıt yolu, ve her iki yolda taşıt trafiği ile aynı yanı yönde 1,5 m bisiklet yolu olacağı var sayılmaktadır. Bu yüzden, 12 m'den az genişliğe sahip yollar sürecin başında elenerek modele dahil edilmemektedir. Modelde, yol genişlikleri arttıkça şerit sayısının durumuna ve yol kademelenmesine göre puanlama yapılmaktadır.

Fiziksel koşullar: Yol yüzeyinin kaplama türü ve yolun kullanılabilirlik durumu bisiklet kullanıcıları için önemli faktörlerden bir tanesidir. Kaplama türünün sürtünme katsayısının fazla olması, yol yüzeyindeki girinti çıkıntılar kullanıcıyı için caydırıcı etmenlerdendir. Bunun yanı sıra proje yapım maliyetini arttıran faktörlerdendir. Modelde, yol yüzeyinin kaplama türünün uygunluğuna göre puanlama yapılmaktadır.

Çevresel ölçütler ana başlığı altında arazi kullanım, kullanıcı yoğunluğu ve ulaşım sistemine entegrasyon ölçütleri belirlenmiştir.

Arazi kullanım: Bisiklet kullanımının günlük yaşama dahil edilerek ulaşım amaçlı kullanılması hedeflendiğinde, oluşturulacak güzergahın bisikletliler tarafından yoğun olarak kullanılacağı düşünülen bölgeler belirlenerek tasarlanması gerekmektedir. Örneğin, günlük yaşamda kullanıcıların evlerinden alışveriş merkezlerine, okullara, ticaret yerleri ve ofislerin yoğun olarak bulunduğu bölgelere gidebilecekleri ön görülüp, bu alanlardan geçen bir güzergahın daha etkin kullanımı söz konusu olacaktır. Böylece iş-ev, okul-ev yolculukları, alışveriş vb. gün içinde yapılan aktivitelerde bisiklet kullanımı artacaktır. Modelde, kentteki arazi kullanım türleri yapılacak yolculuk sayısının belirlenmesinde ekili birer ölçüttür.

Kullanıcı yoğunluğu: Daha çok kişiye hizmet vermek amacıyla metrekareye düşen kişi sayısı miktarının güzergah belirlenirken ele alınması gerekmektedir. Kullanıcı yoğunlukları, konut alanlarında yaşayan kişi sayısı, diğer arazi kullanım türlerinde ise çalışan sayısının hesaplanıp alana bölünmesi ile bulunmaktadır.

Ulaşım sistemine entegrasyon: Bisiklet sadece kısa mesafeli bir ulaşım aracı olarak düşünülmemelidir. Bisiklet yollarının diğer ulaşım sistemlerine entegre edilmesi toplu taşıma sistemine ve bisiklet kullanımına karşılıklı yarar sağlamaktadır. Bisiklet kullanıcısı toplu taşıma aracını kullanarak daha uzun mesafelere yolculuk yapma olanağı bulmaktadır. Ayrıca yürüyüş mesafesinde olmayan duraklara bisikletle ulaşım sağlanarak toplu taşıma araçlarının hizmet etki alanı artmaktadır.

Görsel ölçütler ana başlığı altında kat yükseklikleri, bina nizam durumu ve yeşil alanlara yakınlık ölçütleri belirlenmiştir.

Kat yükseklikleri: Bisiklet yolcuğu süresince kullanıcının etrafındaki bina yükseklikleri hem görsel etki hem de sürüş kalitesi açısından önemli bir faktördür. Çok yüksek binaların bulunduğu bölgelerde binalar arasındaki mesafenin çokluğu kullanıcıya gideceği mesafenin çok uzak olduğu hissini verecektir. Ayrıca yüksek katlı binalar arasında hava akımının engellenmesinden dolayı oluşacak rüzgar bisiklet kullanıcısının sürüş kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir.

Bina nizam durumu: Belirlenecek güzergah etrafındaki binaların duvar etkisi yaratması kullanıcının kendini koridor içinde gidiyormuş hissine kapılmasına neden olacak ve bu durum güzergahın tercih edilmemesine sebep olabilecektir. Bu yüzden, binaların nizam durumları görsel ölçütler açısından ele alınmaktadır.

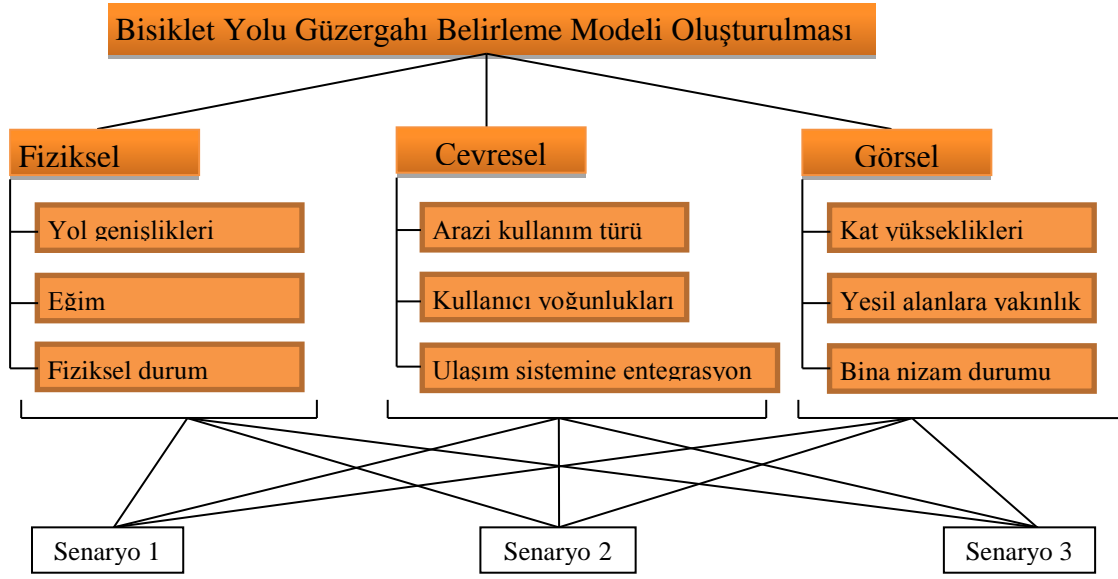
Yeşil alanlara yakınlık: Sürüş esnasında beton etkisi yaratan öğeler yerine görme alanı içerisinde yeşil alanların bulunması koridor etkisinin kırılmasına ve daha huzurlu bir sürüş elde edilmesine neden olacaktır.

4.2.2 Analitik hiyerarşi yöntemi

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin mekana dair kararların verilmesinde uzun yıllardır kullanmakta olduğu, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan analitik hiyerarşi yöntemi, modelde ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında kullanılmaktadır. Ölçütler belirlendikten sonra hiyerarşi kurulup ikili karşılaştırmalar yapılarak tutarlılık oranı hesaplandıktan sonra, oranın kabul edilebilirlik durumuna göre ölçütler ağırlıklandırılmaktadır.

Hiyerarşinin kurulması:

Bisiklet yolu güzergahı belirleme modeli oluşturmak amaçlı belirlenen ölçütler fiziksel, çevresel ve görsel ölçütlerdir. Belirlenen ölçütlerin alt ölçütleri fiziksel ölçütler için eğim, yol genişlikleri ve yolun fiziksel durumu; çevresel ölçütler için arazi kullanım türü, kullanıcı yoğunluğu, ulaşım sistemine entegrasyon; görsel ölçütler için ise kat yükseklikleri, bina nizam durumları, ve yeşil alanlara yakınlık olarak belirlenmektedir. Farklı senaryolar için ölçütlere farklı ağırlıklar verilerek alternatif güzergahlar oluşturulmaktadır (**Şekil 4.3**).



Şekil 4.3 : Ölçütlerin hiyerarşik gösterimi.

İkili karşılaştırmalar matrisinde önceliklerin belirlenmesi:

Öncelikle fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler için, ardından her bir ölçütün alt ölçütleri için ayrı ayrı ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur. Matris oluşturulurken ölçütlerin birbirlerine olan önem derecesi 9 birimlik ölçek esas alınarak belirlenmiştir. Fiziksel çevresel ve görsel ölçütler için oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi **Çizelge 4.1**'de görüldüğü gibidir. Fiziksel ölçüt çevresel ölçüte göre biraz tercih edilirken (ölçek birimi=3), görsel ölçüte göre kuvvetle tercih edilmiştir (ölçek birimi=7). Bölüm 2' de anlatıldığı gibi tam tersi durumlarda tercih edilme ölçütleri örneğin 1 / (..) olarak ifade edilmiştir

Çizelge 4.1 : İkili karşılaştırmalar matrisi

Ölçüt	Fiziksel	Çevresel	Görsel
Fiziksel	1	3	7
Çevresel	0,333	1	4
Görsel	0,143	0,250	1

1. adım: İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanmıştır.

Çizelge 4.2 : Adım 1.

Ölçüt	Fiziksel	Çevresel	Görsel
Fiziksel	1	3	7
Çevresel	0.333	1	4
Görsel	0.143	0.250	1
Toplam	1.476	4.25	12.00

2. adım: İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünerek normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3 : Adım 2.

Ölçüt	Fiziksel	Çevresel	Görsel
Fiziksel	0.677	0.706	0.583
Çevresel	0.226	0.235	0.333
Görsel	0.097	0.059	0.083

3. adım: Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesaplanarak, ağırlıklar tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.4 : Adım 3.

Ölçüt	Fiziksel	Çevresel	Görsel	Satır Toplamı	Ortalama
Fiziksel	0.677	0.706	0.583	1.967	0.656
Çevresel	0.226	0.235	0.333	0.794	0.265
Görsel	0.097	0.059	0.083	0.239	0.080

Tutarlılık oranının hesaplanması:

Verilen ağırlık değerlerinin doğruluğunun kontrol edilmesi için tutarlılık oranı hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı hesaplama aşamaları:

1. adım: İkili karşılaştırmalar matrisi ile hesaplamalar sonucu elde edilen ağırlık vektörü çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam vektör elde edilmiştir.

Çizelge 4.5 : Tutatarlılık oranı hesaplanması adım 1.

Ağırlıklandırılmış toplam vektör
2.007
0.802
0.239

2. adım: Adım 1’de elde edilen ağırlıklandırılmış toplam vektörünün her bir elemanı, buna karşılık gelen ağırlıklandırılmış vektör değerine bölünmüştür.

Çizelge 4.6 : Tutatarlılık oranı hesaplanması adım 2.

ATV/SO
3.062
3.028
3.007

3. adım: 2. Adımda elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları tespit edilerek maksimum özdeğer 4.1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\lambda_{\max} = 9.098 / 3 \quad (4.1)$$

4. adım: Tutarlılık indeksi (Tİ) 4.2. deki gibi hesaplanmıştır.

$$Tİ = (3.033 - 3) / 2 \quad (4.2)$$

5. adım: Tutarlılık indeksi rastgele indekse bölünerek tutarlılık oranı (TO) 4.3'teki gibi hesaplanmıştır.

$$TO = 0.016 / 0.58 \quad (4.3)$$

Yapılan hesaplamada bulunan tutarlılık oranı (0.028) 0.1'den küçük olduğu için verilen ağırlık değerlerinin doğruluğu kanıtlanmıştır. Fiziksel çevresel ve görsel ölçütlerin ağırlıkları **Çizelge 4.7**'deki gibidir.

Çizelge 4.7 : Hesaplar sonucu elde edilen ağırlıklar.

	Ağırlık
Fiziksel	0.656
Çevresel	0.265
Görsel	0.080

Alt ölçütler için aynı işlem adımları uygulanarak ağırlıklar belirlenmiştir. Fiziksel ölçütler için oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi **Çizelge 4.8**'deki gibidir.

Çizelge 4.8 : Fiziksel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.

FİZİKSEL	Genişlik	Eğim	Fiziksel Koşullar
Genişlik	1	3	7
Eğim	1/3	1	5
Fiziksel Koşullar	1/7	1/5	1

Çevresel ölçütler için oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi (**Çizelge 4.9**).

Çizelge 4.9 : Çevresel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.

ÇEVRESEL	Arazi kullanım türü	Kullanıcı yoğunlukları	Ulaşım
Arazi kullanım türü	1	4	7
Kullanıcı yoğunlukları	1/4	1	4
Ulaşım	1/7	1/4	1

Görsel ölçütler için oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi **Çizelge 4.10**'daki gibidir.

Çizelge 4.10 : Görsel ölçüt için ikili karşılaştırmalar.

GÖRSEL	Kat Yükseklikleri	Bina Nizam	Yeşil Alana Yakınlık
Kat Yükseklikleri	1	2	5
Bina Nizam	1/2	1	3
Yeşil Alana Yakınlık	1/5	1/3	1

Tüm ölçütlerin aldığı ağırlıklar **Çizelge 4.11**'deki gibidir. Bu örnekte, fiziksel ölçütlerin diğerlerine göre daha çok tercih edildiği bir senaryo oluşturulacağı varsayılmıştır.

Çizelge 4.11 : Tüm ölçütler için ağırlık tablosu.

Fiziksel	Ağırlık	Çevresel	Ağırlık	Görsel	Ağırlık
	0.656		0.265		0.080
Yol genişlikleri	0.643	Arazi kullanım	0.542	Kat yükseklikleri	0.581
Eğim	0.283	Kullanıcı yoğunlukları	0.318	Yeşil alanlara yakınlık	0.110
Fiziksel durum	0.074	Ulaşım sistemine entegrasyon	0.140	Bina nizam durumu	0.309

Ağırlık kat sayıları belirlenirken daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır.

4.2.3 ArcGIS Yazılımı kullanılarak verilerin düzenlenmesi

İmar planındaki yapı adaları, yol orta çizgilerinden çoklu doğrular çizilerek oluşturulan dwg formatındaki yol verileri ve nokta veri formatındaki metro durakları Arcmap'e aktarılmıştır. Çizgisel veri olarak aktarılan yol verisine yeni öznitelik sütunları oluşturularak fiziksel koşullar ve yol genişliklerine dair öznitelik bilgileri eklenmiştir.

İmar planı kararlarından yararlanılarak Arcmap'te toplam 1044 adet yapı adasına bina nizam durumu, arazi kullanım türleri, kat yükseklikleri ve emsal değerleri yeni öznitelik verileri olarak eklenmiştir. Kullanıcı yoğunluğunun hesaplanabilmesi için, ilk olarak yapı adalarının alanları *attribute table > calculate geometry* kullanılarak belirlenmiştir. *Attribute table > field calculator* kullanılarak yeni oluşturulan öznitelik sütununda emsal değerleri ve ada alanlarının çarpılması sonucu inşaat alanı

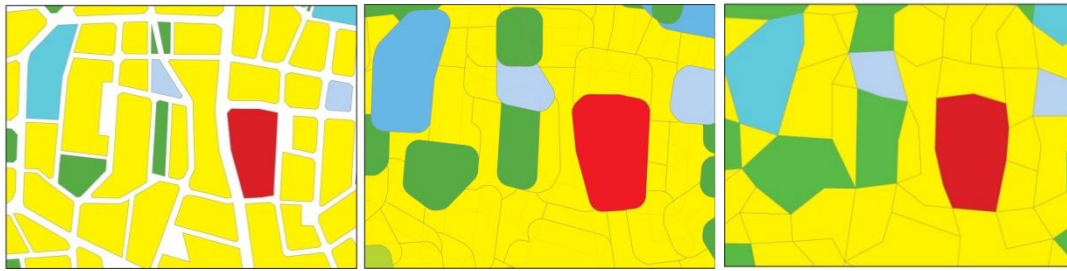
hesaplanmıştır. İnşaat alanı hesabından sonra arazi kullanım türlerine göre örneğin; konut alanlarında 25 m²'de 1 kişi, yaşadığı varsayılarak her bir ada için toplam inşaat alanı 25'e bölünmüş ve yaşayan kişi sayısı bulunmuştur. Kişi sayısının bulunmasının ardından kullanıcı yoğunlukları kişi sayısının ada alanına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

Çalışma alanına ait 1'er metre aralıklı eşyüksekti eğrilerine sahip haritadan **Şekil 4.4**'deki işlem adımları gerçekleştirilerek eğim haritası elde edilmiştir. Eğim haritası piksel değeri 1 dir. Elde edilen eğim haritası yol verisiyle kesleştirilerek eğim verisi yola aktarılmıştır.



Şekil 4.4 : Eğim verisinin oluşturulma süreci.

Eklenecek tüm veriler tamamlandıktan sonra bu verilerin yola verisine aktarılması aşamasına geçilmiştir. Öncelikle, yollar ile ada alanlarının kesişmesi için ada alanlarına *arc catalog> analysis tool> proximity> buffer* uygulaması denenmiştir. Fakat, bu uygulamada buffer uygulanan yapı adalarının birbirleri ile üst üste çakışma problemi ile karşılaşmıştır. Bu problemin çözümlenmesi için buffer uygulanmış yapı adaları veri kümesine *topoloji* tanımlanmıştır. Tanımlanan topolojinin kuralı “must not overlap” (üst üste binmeler olmamalı) seçilerek üst üste binmiş olan yapı adalarının birbirleri ile kesişmeden bütün alanı kaplaması sağlanmıştır. Böylece **Şekil 4.5**'teki gibi tüm alan ada veri kümesinden gelen tüm öz nitelilerle kaplanmıştır.



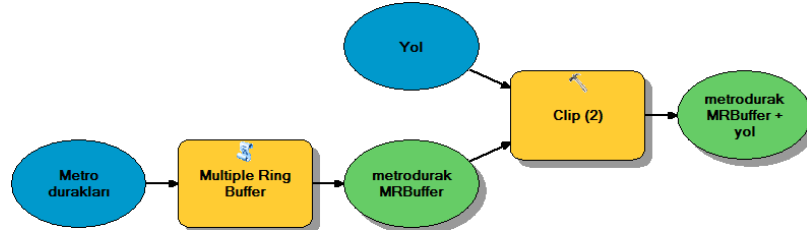
Şekil 4.5 : Yapı adalarındaki özelliklerin tüm alana aktarılması.

Tüm öz nitelik verilerinin yol verisine aktarılması için **Şekil 4.5**'teki gibi ada katmanı ile yol katmanı *analysis tool> extract> clip* kullanılmıştır.



Şekil 4.6 : Yapı adalarındaki özelleiklerin yol verisine aktarılması.

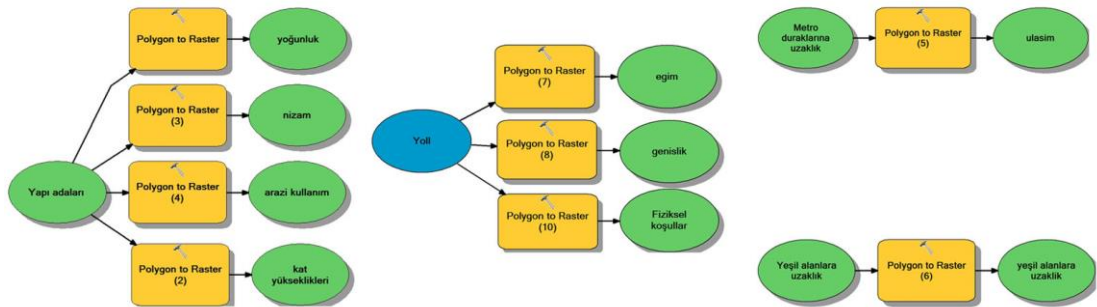
Metro duraklarına olan uzaklıkların kademeli olarak hesaplanabilmesi için durak noktaları etrafında 500'er metrelik uzaklıklarla *multiple ring buffer* oluşturulmuştur. Metro duraklarına uzaklık verisi ile yol verisinin kesişimi, öznelik verilerinin metro duraklarına olan mesafeyle alınacağı şekilde yapılmıştır.(Şekil 4.7)



Şekil 4.7 : Metro duraklarına yakınlık verisinin oluşturulma süreci.

Yeşil alanlara olan uzaklık verisi için, aralık değerleri değiştirilerek metro duraklarına uygulanan işlem adımları tekrarlanmış ve yol verisi üzerine yeşil alanlara uzaklık öznelik verisi aktarılmıştır.

Alt ölçütlerde bulunması gereken tüm veriler yol poligon sınırları içersine aktarıldıktan sonra analitik hiyerarşi yöntemi ile belirlenen ağırlıkların verilebilmesi Şekil 4.8'de görüldüğü gibi vektör verilerin tümü öznelik katmanlarına göre ayrı ayrı *arctoolbox> conversion tool> to raster> polygon to raster* aracı kullanılarak raster veri formatına dönüştürülmüştür.



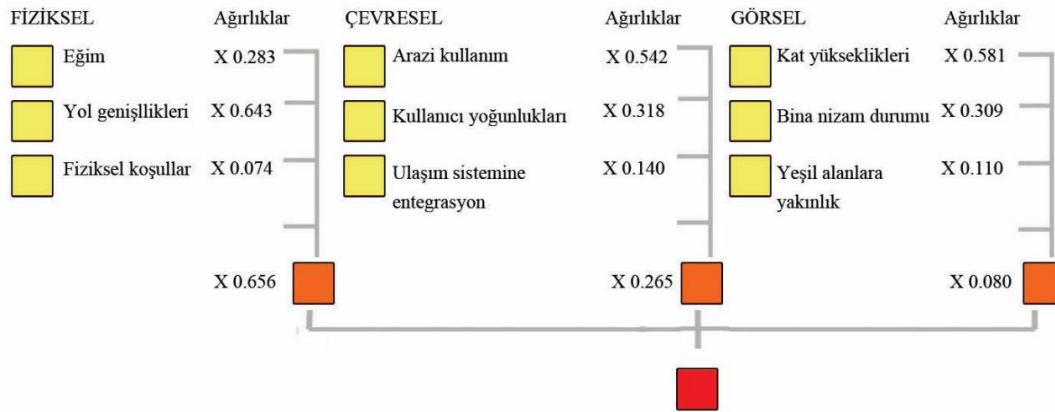
Şekil 4.8 : Modelde kullanılan ölçütlerin raster veri formatına çevrilmesi.

Raster formattaki verilerin karşılaştırılabilir olması için veri değerlerine *arctoolbox> spatial analyst> reclass> reclassify* aracı kullanılarak standartlaştırma işlemi uygulanmıştır. Bu standartlaştırma işlemi her bir katman için aşağıdaki tabloda belirlenen değerler kullanılarak yapılmıştır. Standartlaştırma işlemi yapılırken sınıflandırmanın önem derecelerine dikkat edilmiştir. Şemalar **Çizelge 4.12**'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Alt ölçütler için standartlaştırılma.

Yol Genişlikleri		Kullanıcı yoğunluğu		Kat yükseklikleri	
0-10 m	2	0-0.5kişi/m2	1	0-4	3
11-50 m	3	0.51-0.1kişi/m2	2	5-8	2
51-60 m	1	0.11-0.16 kişi/m2	3	9-12	1
Eğim		Arazi kullanım		Yeşil alanlara yakınlık	
%0-%2	3	Kamusal	3	0-50m.	3
%2.1-%5	2	Konut	1	51-100m.	2
%5.1-%10	1	Ticaret	2	150-+	1
%10-%11	0	Yeşil alan	3		
Fiziksel koşullar		Ulaşım sistemine entegrasyon		Bina nizam durumu	
İyi	3	0-500m.	3	Ayrık	3
Orta	2	501m-1000m.	2	Bitişik	0
Kötü	1	1001m-1500m	1	Serbest	2

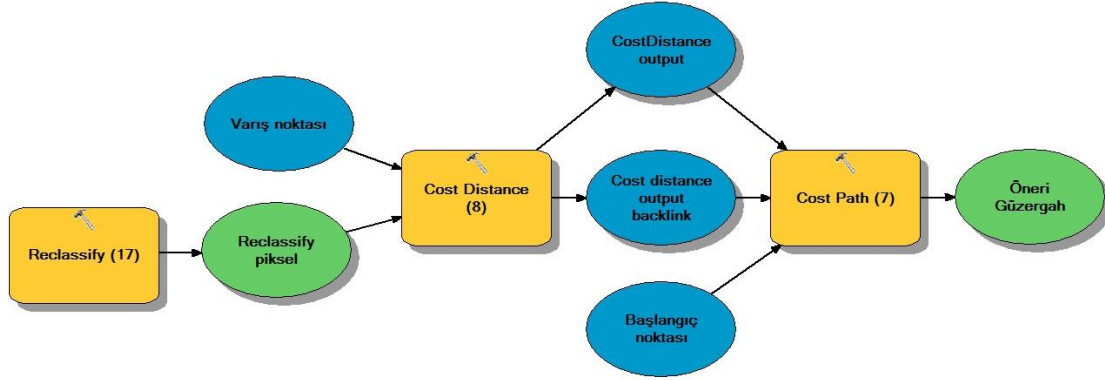
Daha önceden AHY kullanılarak verilmiş ağırlıkların ve standartlaştırılmış öznelik verilerinin piksel bazında hesaplamasını yapabilmek için *arctoolbox> spatial analyst> map algebra> raster calculator* aracı kullanılmıştır. Böylece her bir pikselin tüm ölçüt katmanlarından aldığı ağırlıklı puanlar birleştirilmiş ve tek bir katman elde edilmiştir. Yapılan hesaplama sonucunda her bir pikselin alacağı değer bulunmuştur



Şekil 4.9 : Piksellerin aldıkları puanların hesaplanması.

$$\begin{aligned}
& ((\text{Eğim} \times 0.283 + \text{Yol genişlikleri} \times 0.643 + \text{Fiziksel koşullar} \times 0.074) \times 0.656) + \\
& ((\text{Arazi kullanım} \times 0.542 + \text{Metro duraklarına yakınlık} \times 0.140 + \text{Kullanıcı} \\
& \text{yoğunluğu} \times 0.318) \times 0.265) + ((\text{Kat yükseklikleri} \times 0.581 + \text{Bina nizam} \\
& \text{durumu} \times 0.309 + \text{Yeşil alanlara yakınlık} \times 0.110) \times 0.080)
\end{aligned}
\tag{3.4}$$

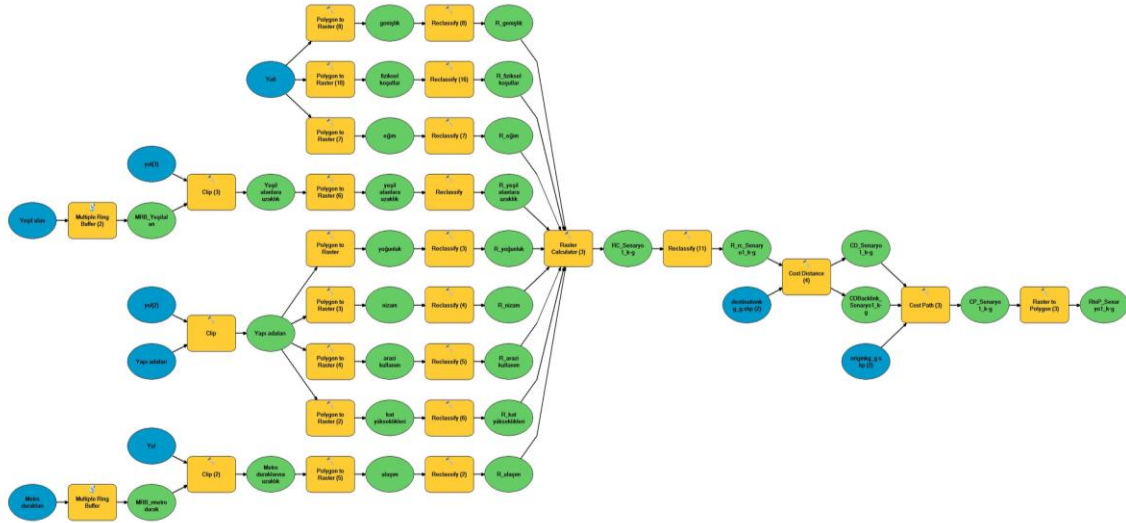
Piksellerin alacağı değerler yeniden sınıflandırılarak en düşük maliyetli yolun bulunması (least-cost path) analizinde kullanılmıştır. En düşük maliyetli güzergah (least-cost path): maliyetin, zamana, mesafeye ya da bazı diğer kullanıcı tanımlı faktörlere bağlı bir fonksiyon olarak tanımlandığı iki nokta arasında var olan en düşük maliyetli en uygun güzergah olarak tanımlanmaktadır (Tecim, 2008). En düşük maliyetli güzergah (least-cost path) uygulama süreci Şekil 4.10' daki gibidir.



Şekil 4.10 : En düşük maliyetli yol (least-cost path) uygulama süreci.

Modelde amaç en yüksek puanı alan piksellerden geçen güzergahı belirlemektir fakat analiz aracı tam tersi mantıkla çalışmaktadır. Bu sorunu çözmek için yeniden sınıflandırmada en yüksek puanı alan piksel en düşük puanı alacak şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Least cost path analizinin ilk aşaması olan cost distance analizinde varış noktası ve reclassifyden gelen ver seti kullanılarak elde edilen sonuçlar ve başlangıç noktası verileri cost distance analizinde kullanılarak en uygun güzergah belirlenmiştir.

Yukarıda tek bir öneri güzergah belirlenmesi için anlatılan süreç Model Builder kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç model Şekil 4.11'de vermiştir. Çalışmada Model Builder kullanılmasının temel amacı, birçok farklı yöntemin bir arada kullanıldığı sürecin otomatikleştirilmesidir. Böylelikle, verilerde yapılacak herhangi bir değişiklik modelde kısa sürede yapılabilmekte ve sonuç ürün oluşturulmaktadır.



Şekil 4.11 : Model Builder ‘da oluşturulan güzergah belirleme modeli.

4.3 Örnek Uygulamalar

Güzergah belirlemek için oluşturulan modelde tüm ölçütler farklı ağırlıklarla sisteme dahil edilmiştir. Oluşturulan model, uygulama kapsamında kullanılan ölçüt ağırlıklarının değiştirilmesi durumunda kısa sürede yeni ağırlıklara göre bir güzergah belirlemeye olanak sağlamaktadır. Modelin elverişliliği sayesinde aynı başlangıç ve bitiş noktasına sahip iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Aynı senaryolar alanın doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularında uygulanıp, çalışma alanı için alternatif 4 adet bisiklet yolu güzergahı belirlenmiştir.

Senaryolardan birincisi, fiziksel ölçütlerin yol genişlikleri, eğim ve fiziksel koşulların- çevresel ve görsel ölçütlere göre daha önemli olduğu; diğeri ise çevresel ölçütlerin -arazi kullanım türü, ulaşım sistemine entegrasyon, kullanıcı yoğunluklarının- fiziksel ve görsel ölçütlere göre daha önemli olduğu senaryodur. Senaryolar oluşturulurken fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler için yeniden AHY uygulanmış, alt ölçütlerin ağırlıkları değiştirilmemiştir.

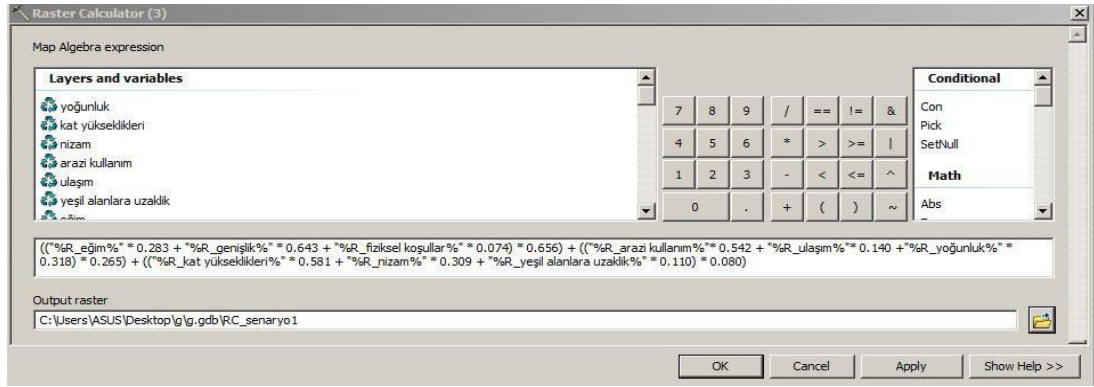
Senaryo 1:

Bu senaryoda yolun fiziksel ölçütlerinin diğer ölçütlere göre daha önemli olduğu bir güzergah belirlenmiştir. Böylece, bisiklet yolunun uygulama aşamasında sağlanacak kolaylık daha büyük öneme sahip olmuştur. AHY ile belirlenen ağırlıklar **Çizelge 4.10**’deki gibidir.

Çizelge 4.13 : Senaryo 1 için AHY ile oluşturulmuş ağırlıklar tablosu.

Fiziksel	Ağırlık	Çevresel	Ağırlık	Görsel	Ağırlık
Yol genişlikleri	0,656	Arazi kullanım	0,265	Kat yükseklikleri	0,080
Eğim	0,283	Kullanıcı yoğunlukları	0,318	Yeşil alanlara yakınlık	0,110
Fiziksel durum	0,074	Ulaşım sistemine entegrasyon	0,140	Bina nizam durumu	0,309

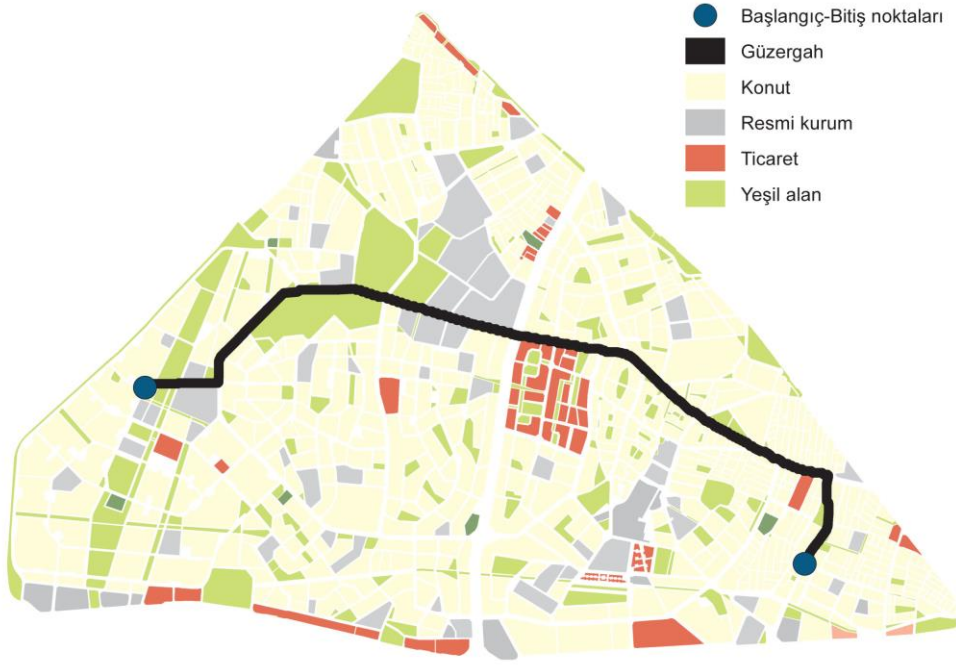
Bulunan tüm ağırlıklar modelin raster hesaplama (raster calculator) aşamasında modele dahil edilmiştir (**Şekil 4.12**).



Şekil 4.12 : Senaryo 1 için raster hesaplayıcıya (raster calculator) AHY ile belirlenen ağırlıkların girilmesi.

Oluşturulan senaryoya göre piksellerin hesaplanmasından sonra, kuzey-güney ve doğu-batı yönlerindeki güzergahların belirlenebilmesi bu yönler üzerinde belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları seçilerek, en düşük maliyetli yol analizi (least cost path) yapılmıştır. **Şekil 4.13**, modelin çalıştırılması sonucu birinci senaryonun doğu-batı yönündeki belirlediği güzergahı, **Şekil 4.14** ise modelin aynı senaryonun kuzey-güney yönünde belirlediği güzergahı göstermektedir.

Belirlenen güzergahlar için ağırlık oranı en fazla olan ölçütler, fiziksel ölçütlerin alt ölçütleri olan yol genişlikleri, eğim ve fiziksel durum ölçütleridir. Bu ölçütlerin ardından ikinci sırada belirleyici olan ölçütler çevresel ölçütün alt ölçütleri olan arazi kullanım, kullanıcı yoğunlukları ve ulaşım sistemine entegrasyon alt ölçütleridir. Bu senaryoda en az etkisi olan ise görsel ölçütün alt ölçütleri olan kat yükseklikleri yeşil alanlara yakınlık ve bina nizam durumu ölçütleridir.



Şekil 4.13 : Bursa İli Çalışma Alanında senaryo 1 için doğu-batı yönünde belirlenen güzergah.



Şekil 4.14 : Bursa İli Çalışma Alanında modelin senaryo 1 için kuzey-güney yönünde oluşturduğu güzergah.

Senaryo 2:

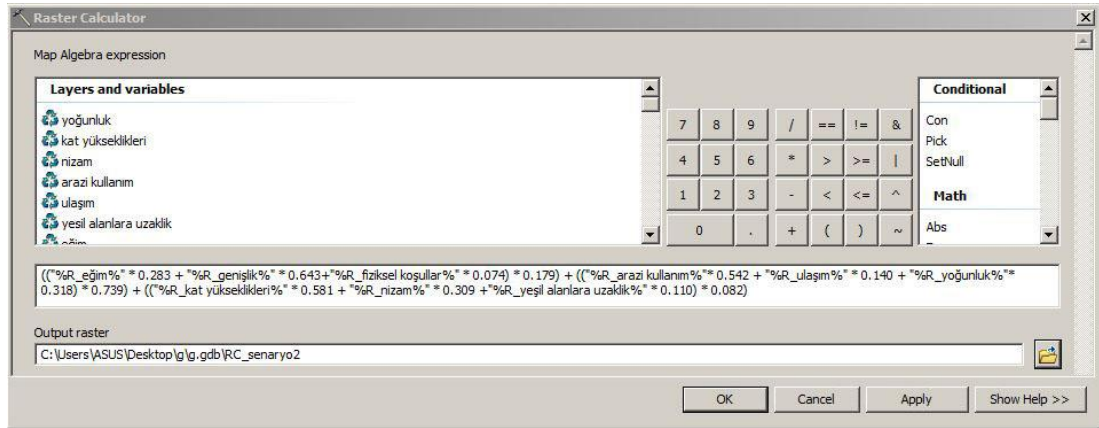
Bu senaryoda yolun çevresel ölçütlerinin -arazi kullanım, kullanıcı yoğunlukları ve ulaşım sistemine entegrasyon- diğer ölçütlere göre daha önemli olduğu bir güzergah

belirlenmiştir. Böylece, bisiklet yolunun kullanıcı odaklı olması sağlanmıştır. AHY ile belirlenen ağırlıklar **Çizelde 4.14**'teki gibidir.

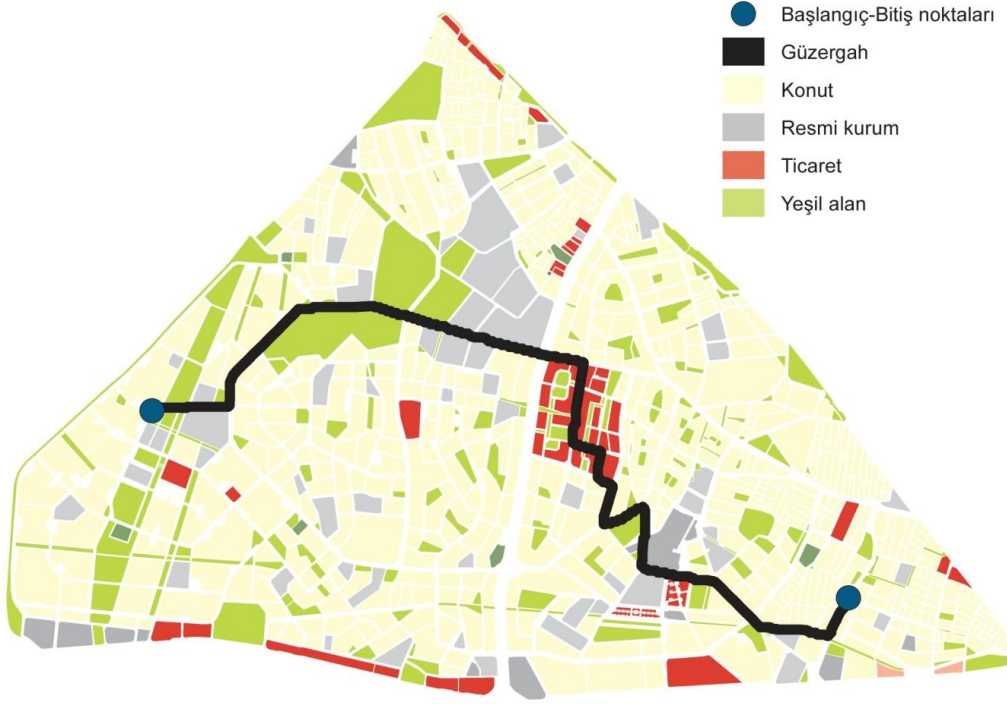
Çizelge 4.14 : Senaryo 2 için AHY ile oluşturulmuş ağırlıklar tablosu.

Fiziksel	Ağırlık	Çevresel	Ağırlık	Görsel	Ağırlık
	0,179		0,739		0,082
Yol genişlikleri	0,643	Arazi kullanım	0,542	Kat yükseklikleri	0,581
Eğim	0,283	Kullanıcı yoğunlukları	0,318	Yeşil alanlara yakınlık	0,110
Fiziksel durum	0,074	Ulaşım sistemine entegrasyon	0,140	Bina nizam durumu	0,309

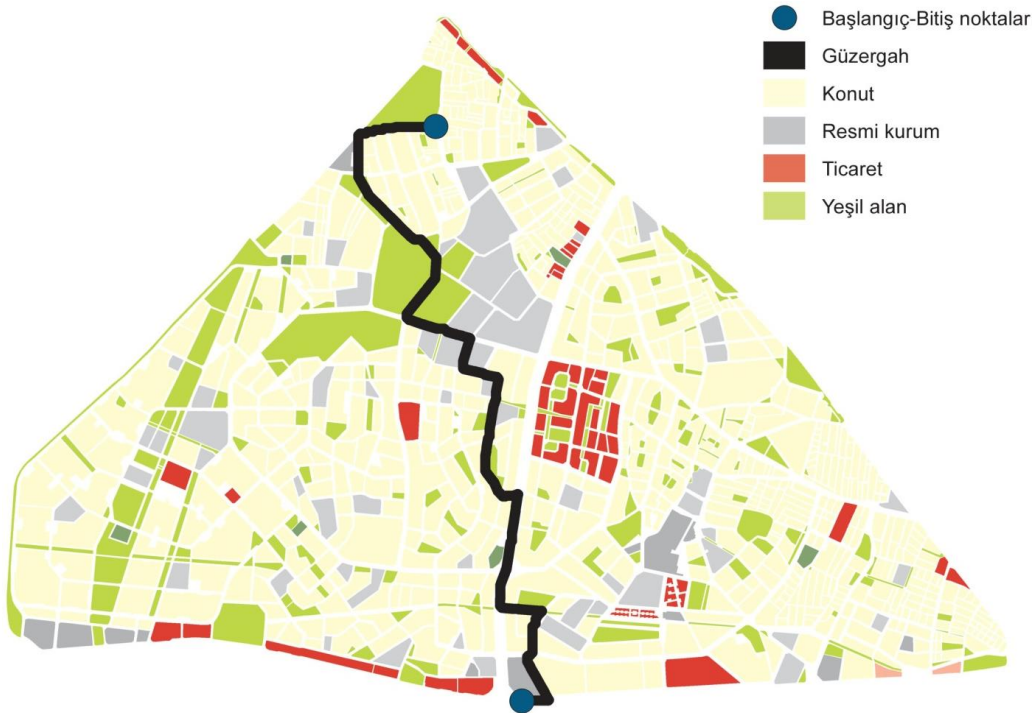
Çevresel ölçütün ağırlığı 0,739, fiziksel ölçütün 0,179 ve görsel ölçütün 0,082 olarak hesaplanmıştır. Bulunan tüm ağırlıklar modelin raster hesaplama (raster calculator) aşamasında modele dahil edilmiştir (**Şekil 4.15**). Oluşturulan senaryoya göre piksellerin hesaplanmasından sonra, kuzey-güney ve doğu-batı yönlerindeki güzergahların belirlenebilmesi bu yönler üzerinde belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları seçilerek, en düşük maliyetli yol analizi (least cost path) yapılmıştır. **Şekil 4.16** modelin çalıştırılması sonucu ikinci senaryonun doğu batı yönündeki belirlediği güzergahı, **Şekil 4.17** ise modelin aynı senaryonun kuzey-güney yönünde belirlediği güzergahı göstermektedir.



Şekil 4.15 : Senaryo 2 için raster hesaplayıcıya (raster calculator) AHY ile belirlenen ağırlıkların girilmesi.



Şekil 4.16 : Bursa İli Çalışma Alanında modelin senaryo 2 için doğu-batı yönünde oluşturduğu güzergah.



Şekil 4.17 : Bursa İli Çalışma Alanında modelin senaryo 2 için kuzey-güney yönünde oluşturduğu güzergah.

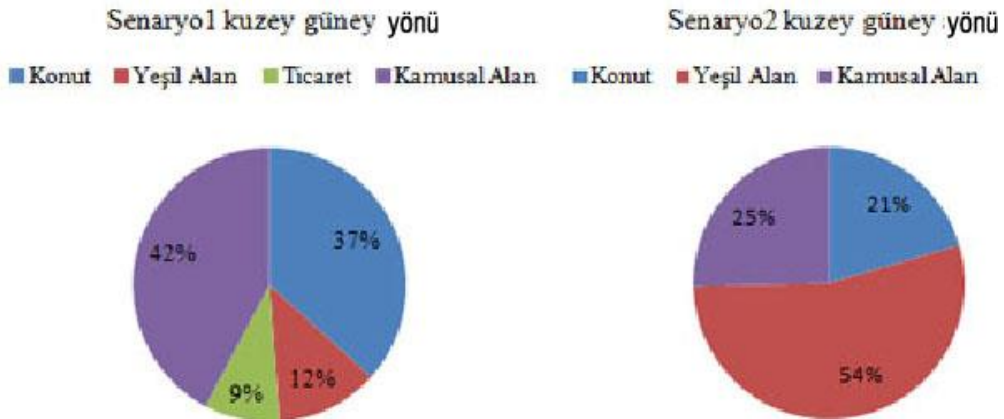
4.3.1 Belirlenen güzergahların değerlendirilmesi

Belirlenen güzergahların uzunlukları Senaryo 1 için, doğu-batı yönünde 3960 m, kuzey-güney yönünde 3142 m; Senaryo 2 için, doğu-batı yönünde 4550 m, kuzey-güney yönünde ise 3780 m olarak hesaplanmıştır. Farklı senaryolarda alt ölçütlere ve ölçütlere verilen ağırlıklar değiştiği için güzergah uzunlukları da farklılaşmaktadır. Güzergahlar çevresel ve fiziksel ölçütlere göre en fazla ağırlığa sahip olan yol genişlikleri ve arazi kullanım türü alt ölçütlerine göre değerlendirilmiştir. Arazi kullanım türüne göre değerlendirildiğinde Senaryo 1 ve Senaryo 2 için doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde alt ölçütlere göre hesaplanan mesafeler **Çizelge 4.12**'deki gibidir.

Çizelge 4.15 : Senaryo 1 ve Senaryo 2 için mesafeler.

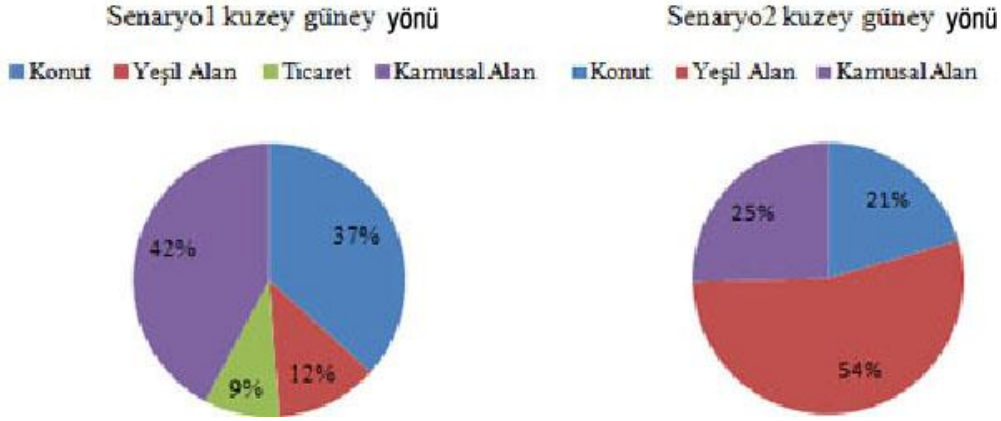
Senaryolar	Arazi kullanım türü			
	Konut	Yeşil Alan	Ticaret	Kamusal Alan
Senaryo 1 doğu-batı	1012	1978	372	598
Senaryo 1 kuzey-güney	1152	381	281	1328
Senaryo 2 doğu-batı	798	1823	857	1068
Senaryo 2 kuzey-güney	776	2046	0	958

Senaryo 1 ve Senaryo 2 için doğu-batı yönleri karşılaştırıldığında, senaryo 2 de belirlenen güzergahta kamusal alan, ticaret alanlarından ve konut alanlarından geçen uzunluğun yüzdesinin daha fazla olduğu gözlemlenmektedir (**Şekil 4.18**).



Şekil 4.18 : Doğu-batı yönünde oluşturulan iki farklı senaryo için değerlendirmeler.

Senaryo 1 ve Senaryo 2 için kuzey-güney yönleri karşılaştırıldığında senaryo 2 de belirlenen güzergahta yeşil alanlardan geçen uzunluğun yüzdesinin daha fazla olduğu gözlemlenmektedir (**Şekil 4.19**).



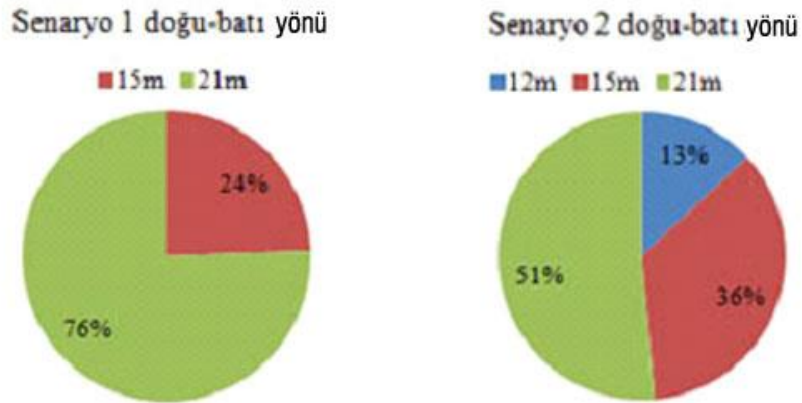
Şekil 4.19 : Kuzey-güney yönünde oluşturulan iki farklı senaryo için değerlendirmeler.

Yol genişliklerine göre yapılan değerlendirmede Senaryo 1 ve Senaryo 2 için doğu-batı ve kuzey-güney güney yönlerinde alt ölçütlere göre hesaplanan mesafeler Çizelge 4.16'daki gibidir.

Çizelge 4.16 : Senaryo 1 ve Senaryo 2 için mesafeler.

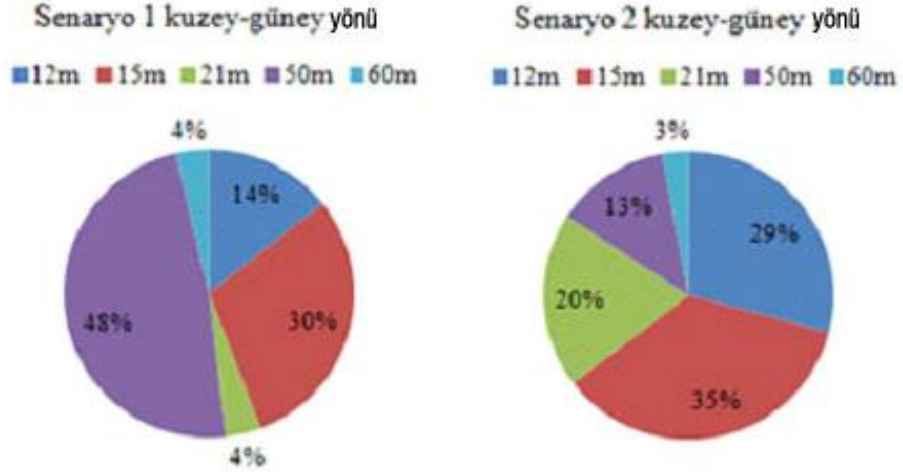
Senaryolar	Yol genişlikleri				
	12m	15m	21m	50m	60m
Senaryo1 doğu-batı	0	968	2992	0	0
Senaryo1 kuzey-güney	450	940	122	1514	116
Senaryo2 doğu-batı	596	1611	2339	0	0
Senaryo2 kuzey-güney	1100	1343	739	486	112

Senaryo 1 ve Senaryo 2 için doğu-batı yönleri yol genişlikleri ölçütüne göre karşılaştırıldığında Senaryo 2 de belirlenen güzergahın 12 m'lik yollardan da geçtiği gözlenmektedir.(Şekil 4.20).



Şekil 4.20 : Kuzey-güney yönünde oluşturulan iki farklı senaryonun yol genişliklerine göre değerlendirmesi.

Senaryo 1 ve Senaryo 2 için kuzey-güney yönleri yol genişlikleri ölçütüne göre karşılaştırıldığında, senaryo 2 de belirlenen güzergahın ağırlıklı olarak 12 m ve 15 m genişliğinde yollardan geçtiği, senaryo 1 de belirlenen güzergahın ise ağırlıklı olarak 50 m genişliğindeki yollardan geçtiği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.21 : Doğu-batı yönünde oluşturulan iki farklı senaryonun yol genişliklerine göre değerlendirilmesi.

Sonuç olarak güzergah belirlemede en çok etkili olan ölçütlere göre; Senaryo 1’de modelin oluşturduğu güzergah için, yol genişliklerinin fazla olduğu yerlerden geçtiğini, Senaryo 2’de ise yol genişliklerinden çok arazi kullanım türlerinin güzergahın belirlenmesinde etkili olduğunu ve bu yüzden güzergahın daha uzun bir yol izlediğini söylemek mümkündür.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından faydalanılarak, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak bisiklet yolu güzergahı belirleme modeli oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada çok ölçütlü karar verme yöntemleri, birden fazla ölçütün farklı oranlarda etkilerinin modele dahil edilmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Tez kapsamında ArcGIS yazılımı kullanılarak geliştirilen model, farklı senaryolar belirlenerek Bursa İli'nin Nilüfer ilçesinde bulunan Karaman, İhsaniye, Esentepe, Barış, Cumhuriyet ve Ataevler mahallelerinden oluşan çalışma alanında uygulanmıştır.

Yapılan literatür çalışması sonucu tasarım aşamasında, mevcut taşıt yollarına dahil edilecek bisiklet yollarına uygun genişlikte yolların belirlenmesi, bu yolların fiziki koşullarının uygunluğu, bisiklet kullanıcı profili, bisiklet kullanımını teşvik edecek çevresel ve görsel faktörler gibi birçok etken belirlenerek bu faktörlerin tasarıma olan etkilerinin belirlenmesi gerekliliği tespit edilmiştir. Karmaşık bir mekansal karar verme probleminin çözümüne dair yapılan araştırmalar ve incelenen örnekler sonucu AHY'nin çözüm için kullanılan yöntemlerden biri olduğu saptanmıştır. Belirlenen tüm ölçütlerin ağırlıklarının hesaplanmasında AHY kullanılarak elde edilen ağırlıklar modele dahil edilmiştir. Elde edilen verilen düzenlenmesi, verilen ağırlık değerlerinin ölçütlere aktarılması, tüm ölçütlerin sentezlenmesi ve model oluşturulmasında ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Tüm sürecin tekrarının ve farklı senaryolar için uygulanabilirliğinin kolaylaştırılması için ise ArcGIS yazılımının Model Builder aracından faydalanılarak, yeni bir model oluşturulmuştur.

İki farklı senaryo doğrultusunda tüm ölçütler için uygulanan AHY ile ölçütlerin aldığı ağırlıklar hesaplanmıştır. Oluşturulan modelde fiziksel, çevresel ve görsel ölçütler başlıkları altındaki tüm alt ölçütler için ayrı katmanlar oluşturulmuştur. Vektör veri formatından raster veriye dönüştürülen tüm katmanların karşılaştırılabilir olması için katmanlar altındaki öznitelik verileri standartlaştırılmıştır. Ölçütler için belirlenen ağırlıklar raster hesaplama kısmında sisteme dahil edilerek hesaplama

yapılmış ve tüm ölçütlerden ağırlıklarına göre değer alan pikseller tek bir katmanda toplanarak sonuç elde edilmiştir. Bir sonraki adımda kullanılan analiz aracı en düşük değer alan piksellerden geçen en kısa yol hesaplamaktadır. Bu yüzden elde edilen piksellerin değerleri gruplandırılarak en yüksek puan alan piksel en düşük puan alacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Elde edilen sonuç katmanı ile birlikte güzergahın başlama ve bitiş noktası, maliyeti en düşük yolu bulma aracında (least cost path) girdi olarak kullanılmıştır. Tüm bu aşamaların sonucunda belirlenen senaryo doğrultusunda en uygun güzergah belirlenmiştir. Fiziksel ölçütün diğerlerine göre daha yüksek ağırlık aldığı senaryoda, belirlenen güzergahta bisiklet yolunun yol genişliklerinin, eğimin ve yol fiziksel koşullarının uygun olduğu yerlerden geçtiği gözlemlenmiştir. Çevresel ölçüt ağırlığının fazla olduğu senaryoda ise belirlenen güzergahta, kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu, kamusal alanlar, ticaret alanları ve yeşil alanların bulunduğu yerlerden bisiklet yolunun geçtiği gözlemlendi.

Oluşturulan model belirlenen başlangıç ve bitiş noktasına göre tek bir güzergah oluşturmaktadır. İleriye yönelik çalışmalarda, bu sistemin bisiklet yolu ağı oluşturabilen daha kapsamlı bir model olarak geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, modelin belirlenen senaryolar kapsamında farklı öneri güzergahlar oluşturması, belirlenen güzergahların uygunluğunun test edilebilmesi için çalışmalar yapılarak uygun olup olmadığına karar verilmesi amaçlanmaktadır. Sabit tutulan alt ölçütlerin ağırlıklarının senaryolar değiştikçe senaryonun türüne göre değiştirilmesi, model kapsamında belirlenen alt ölçütlerin farklı uzmanlıklardan alınacak görüşler doğrultusunda belirlenmesi yönünde çalışmalar ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- AASHTO.** (1999). Guide for the Development of Bicycle Facilities, American Association of State Highway and Transportation Officials, 78s, Washington, USA.
- Akay, A.** (2006). Ulaşımında Bisikletin Yeri ve Ankara Bilkent Koridorunda Bisiklet Yolu Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Çalışkan, A.** (2013). İstanbul İli, Sarıyer İlçe, Zekeriyaköy-Uskumruköy-Kilyos Koridorunda Bisiklet Yolu Uygulaması ve Kavşaklarda Güvenli Geçişe İlişkin Alternatiflerin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Çiftci Ö.** (2006). Metropolitan Alanda Bisiklet Yolu Planlaması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Çolakoğlu, A., Küçükpehlivan, G.** (2014). *Kullanıcı odaklı bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi için karar destek modeli önerisi. VIII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, İzmir, İYTE.*
- Clarke, C. F.** (2012). Evaluation of New Zealand's bicycle helmet law. *NZMJ, 125, 1-10.*
- Erden, T., & Coşkun, M. Z.** (2011). Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyon yer seçimi: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.
- Karavaşin, M., & Terzi, S.** (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Isparta-Antalyaburdur Karayolunun Kara Nokta Analizi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 9(3).*
- Kaya, M., & Öcalir, E. V.** (2010). Konya'da Bisiklet Ulaşımı: Planlama Ve Uygulama Süreçlerinin Karşılaştırılması. *METU JFA, 1, 223.*
- Litman, T., Blair, R., Demopoulos, W., Eddy, N., Fritz, A., Laidlaw, D., Forster, K.** (2005). *Pedestrian and bicycle planning: a guide to best practices:* Victoria Transport Policy Institute.
- Malczewski, J.** (1999). *GIS and multicriteria decision analysis:* John Wiley & Sons.
- Mert, K.** (2007). Konya'da Bisiklet Ulaşımı-Planlama Ve Uygulama Sürecinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Öztürk, D., & Batuk, F.** (2010). Analytic Hierarchy Process for Spatial Decision Making. *Sigma, 28, 124-137.*

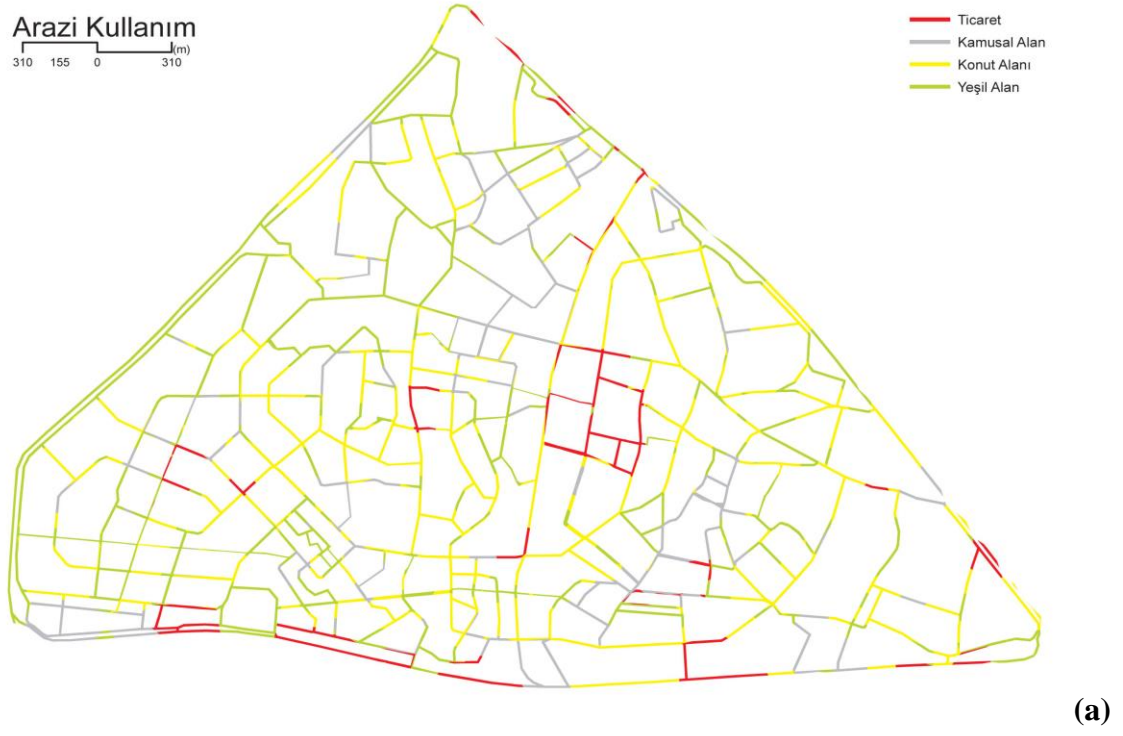
- Robinson, D. L.** (2005). Safety in numbers in Australia: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Health promotion journal of Australia*, 16(1), 47-51.
- Saaty, T.** (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L.** (1994). How to Make a Decision: *The Analytic Hierarchy Process, Interfaces, Vol.24, N.6*, p.21.
- Tecim, V.** (2008). Coğrafi bilgi sistemleri harita tabanlı bilgi yönetimi. *Renk Form Ofset Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, ISBN, 978-605*.
- Toole, J.** (2010). Update of the AASHTO Guide for the Planning, Design, and Operation of Pedestrian Facilities. *Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC*.
- Url-1** < <http://www.pisiklet.net> >, alındığı tarih: 05.03.2015.
- Url-2** < <http://www.streetblog.org> >, alındığı tarih: 05.03.2015.
- Url-3** < <http://www.bisikletliler.org> >, alındığı tarih: 05.03.2015.
- Url-4** < <http://www.bicyclecoalition.org> >, alındığı tarih: 05.03.2015.
- Uz, V. E.** (2004). *Bisiklet yollarının geometrik planlama esasları ve uygulaması*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Uz, V.E., Kardeşahin, M.** (2004). "Kentiçi Ulaşımında Bisiklet", *Türkiye Mühendislik Haberleri, Kentiçi Ulaşım*, Sayı: 429.
- Yıldırım, V., Yomraloğlu, T., (2013)**, "Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Çizgisel Mühendislik Yapılarında Güzergah Optimizasyonu: Doğalgaz İletim Hattı Örneği", *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(1), Afyon.
- Yılmaz, E.** (1999). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü, *Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Tarsus*.
<http://doa.ogm.gov.tr/Documents/dergiler/doa5/d1.pdf>
- Yılmaz, Ç. D.** (2014). Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İstanbul Metropolitan Alanında Toplu Taşıma İle Bütünleşik Bisiklet Ağı Kümelerinin Önceliklendirilmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Yılmaz Ç. D., Gerçek, H., (2014)**, "Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle İstanbul'da Bütünleşik Bisiklet Ağı Kümelerinin Önceliklendirilmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(6), Denizli.

EKLER

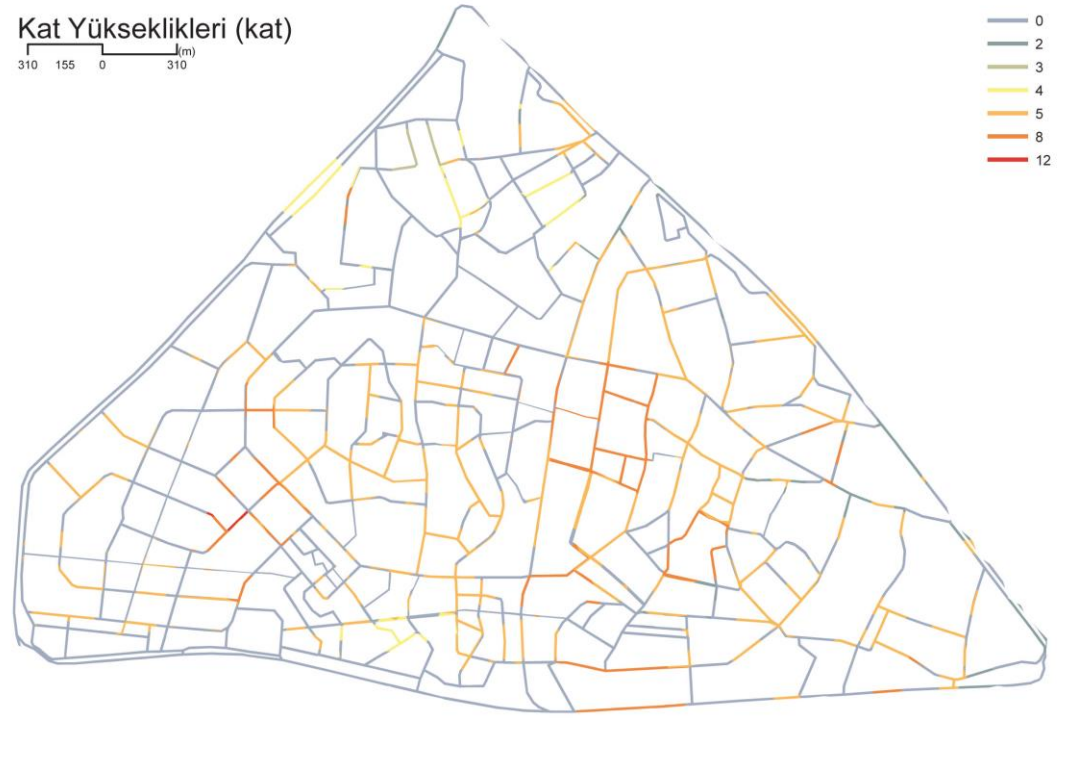
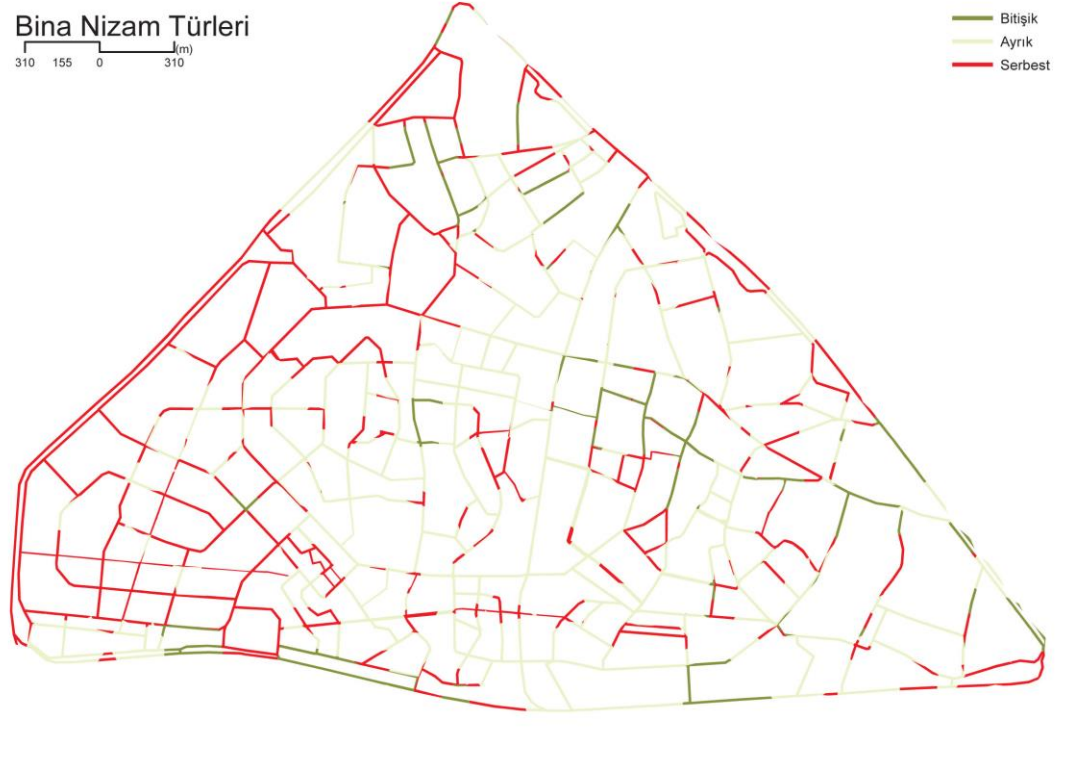
EK A: Analiz Haritaları

EK B: Model Builder 'da oluşturulan güzergah belirleme modeli.

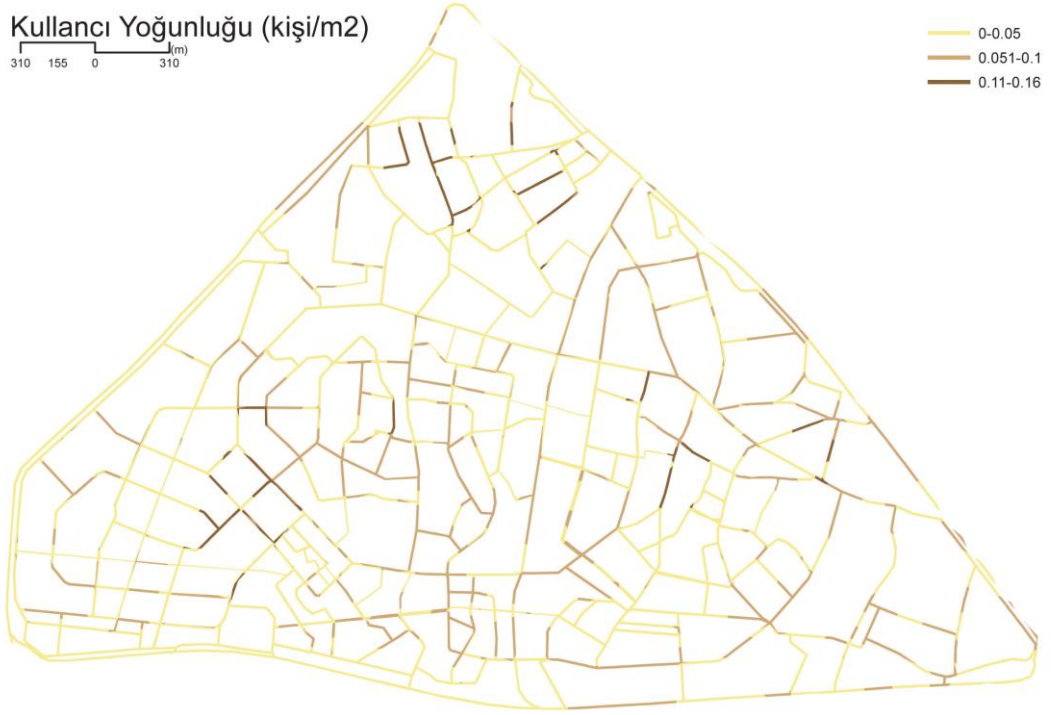
EK A



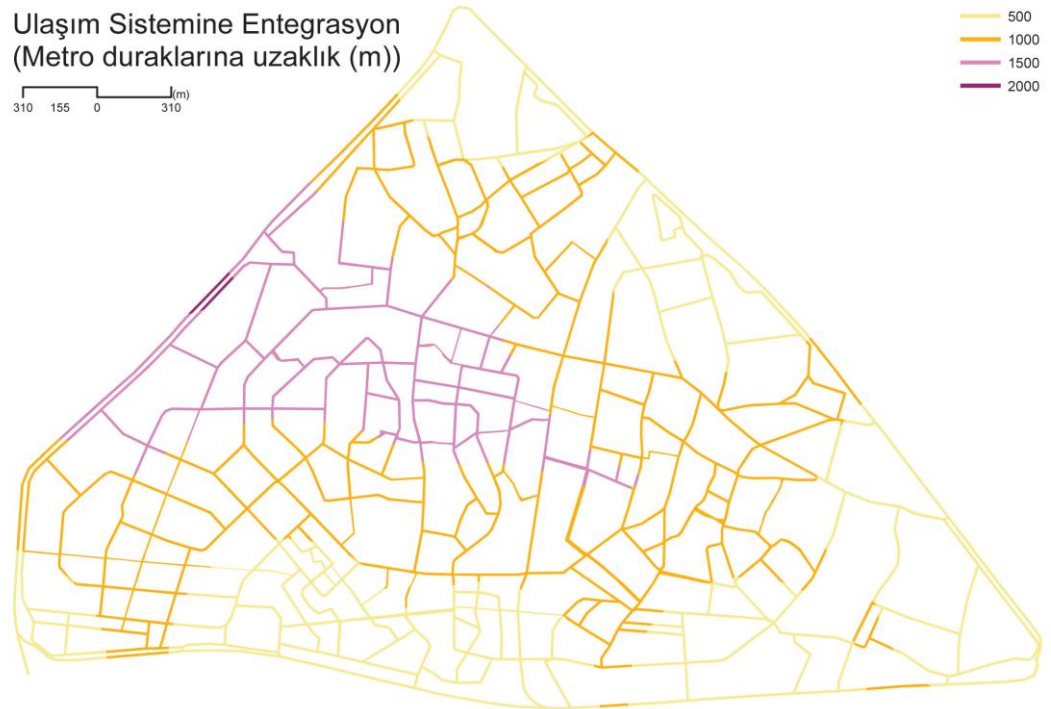
Şekil A.1 : Analiz haritaları: (a) Arazi kullanım, (b) Eğim.



Şekil A.2 : Analiz haritaları: (a) Bina nizam, (b) Kat yükseklikleri.



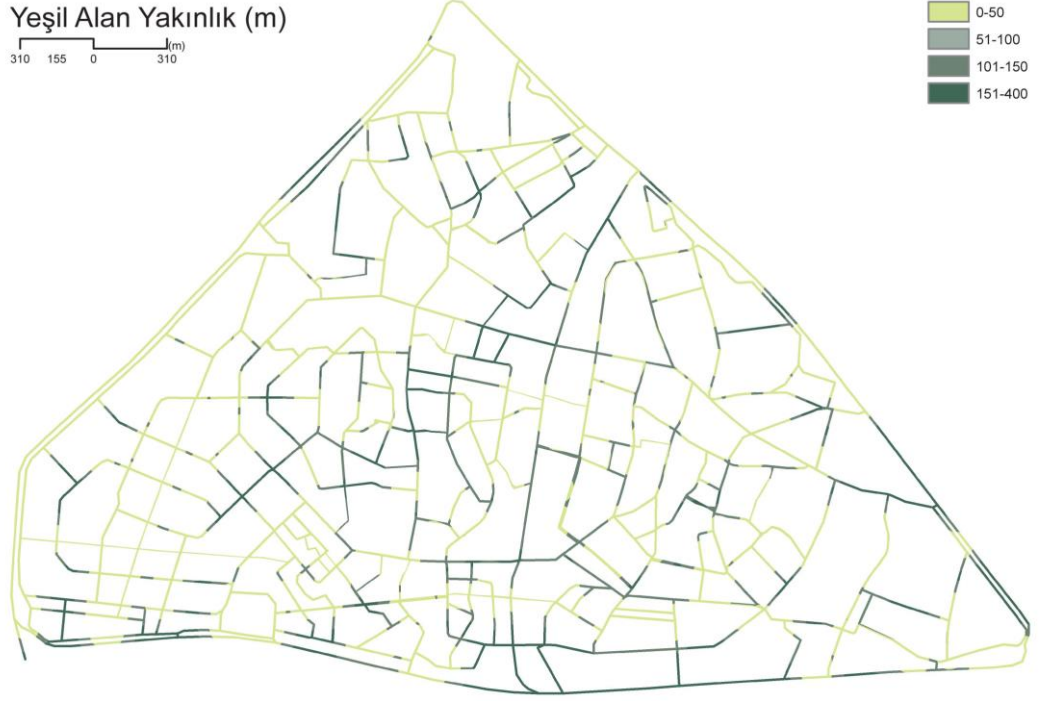
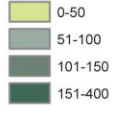
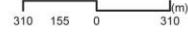
(a)



(b)

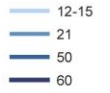
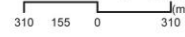
Şekil A.3 : Analiz haritaları: (a) Kullanıcı yoğunlukları, (b) Metro duraklarına uzaklık.

Yeşil Alan Yakınlık (m)



(a)

Yol Genişliği (m)

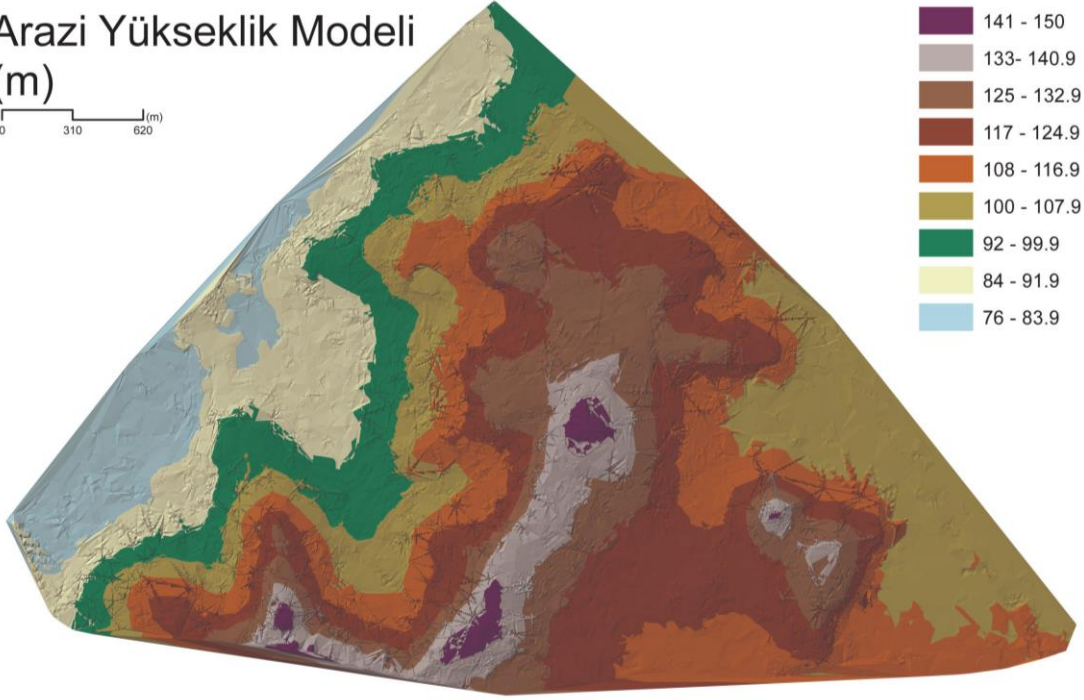


(b)

Şekil A.4 : Analiz haritaları: (a) Yeşil alanlara yakınlık, (b) Yol genişlikleri.

Arazi Yükseklik Modeli (m)

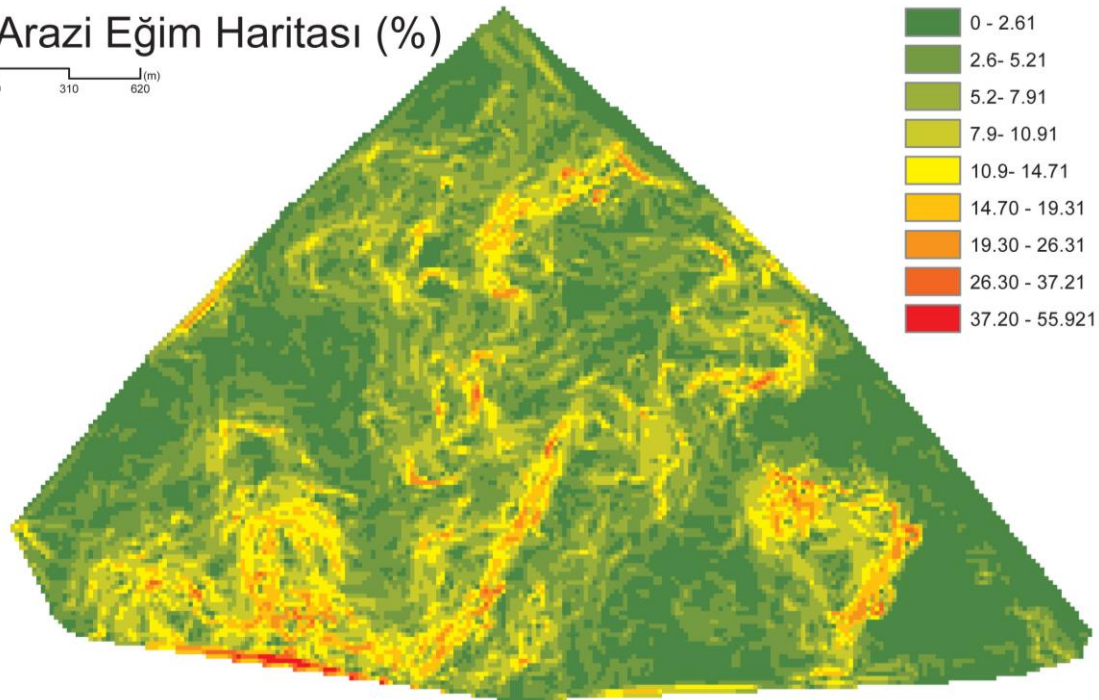
0 310 620 (m)



(a)

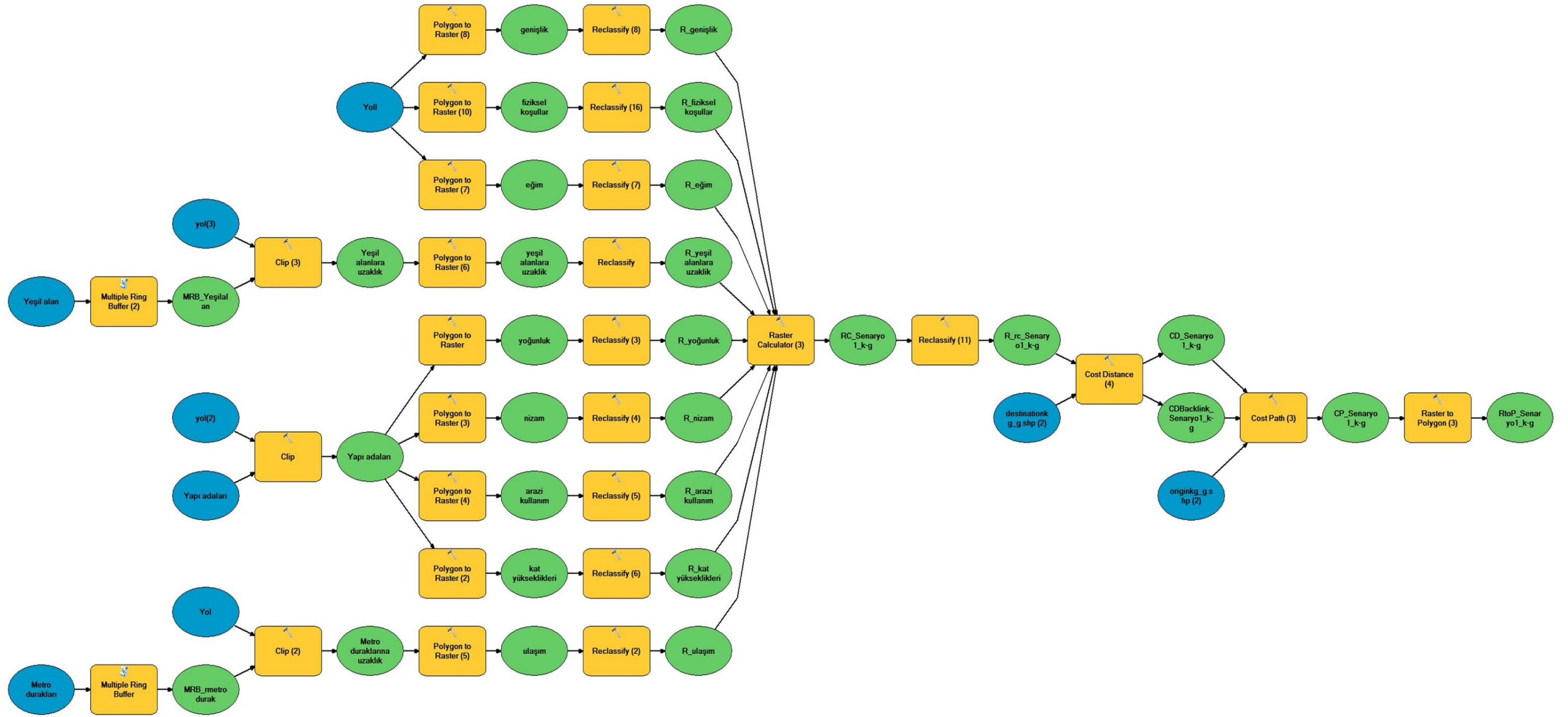
Arazi Eğim Haritası (%)

0 310 620 (m)



(b)

Şekil A.1 : Analiz haritaları: (a) Arazi yükseklik modeli, (b) Eğim haritası.



Şekil B.1 : Model Builder 'da oluşturulan güzergah belirleme modeli.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gizem Küçükpehlivan

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir, 23.05.1989

E-Posta: gizemkucukpehlivan@gmail.com

Lisans: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve bölge Planlama, İzmir.

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

2011 Uşak Otobüs Terminali, Mimari Tasarım Yarışması (3. Mansiyon Ödülü)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

Çolakoğlu, A., Küçükpehlivan, G. (2014). Kullanıcı odaklı bisiklet yolu güzergahı belirlenmesi için karar destek modeli önerisi. *VIII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu*, İzmir, İYTE.

