

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ULAŞIM AĞLARI TEMEL VERİ ALTYAPISININ
OLUŞTURULMASI**

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi Murat GÜNERİ

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve Coğ. Bil. Sis. Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Fatmagül BATUK

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Motivasyon	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 CBS’nde Ağlar ve Özellikleri	3
2.2 Ağ Türleri	5
2.3 Ağ Analizleri	7
2.3.1 İki Yol Arasındaki Optimum Yolun Belirlenmesi	7
2.3.1.1 Dijkstra Algoritması	8
2.3.2 Optimum Dağıtım Güzergâhının Belirlenmesi	10
2.3.3 Etki Alanının ya da Merkezi Konumun Belirlenmesi	11
2.3.4 Merkezlerin Etki Alanlarının Belirlenmesi	11
2.3.5 En Uygun Merkezi Konumun Belirlenmesi	12
2.4 Önceki Çalışmalar	13
3. CBS-U AĞ ANALİZİNDE VERİ GEREKSİNİMİ	14
3.1 Taşıt Yol Ağları Gereksinimleri	14
3.1.1 Yaya Yürüyüş Gereksinimleri	16
3.1.2 Taşıt Yol Ağlarında Dönüş Yasakları ve Maliyetleri	18
3.2 Toplu Taşıma Ağları Gereksinimleri	22
3.2.1 Raylı Hatlar	22
3.2.2 Deniz Hatları	25
3.2.3 Otobüs Hatları	27
3.3 Standartlar	28
3.3.1 ISO (International Organization for Standardization)	28
3.3.2 Inspire (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)	29
3.3.3 OGC	29
4. CBS-U UYGULAMASI	30
4.1 Veri Düzenleme	30
4.1.1 Veritabanının Oluşturulması	30
4.1.2 Topoloji Kurulması	32
4.2 Veri Yükleme ve Veri Oluşturma	33

4.3	Ağ Kurulumu	39
4.3.1	Bağlanırlık	39
4.3.2	Ağ Veri Setinin Öznitelikleri	41
4.4	Analiz	44
4.4.1	Yaya Yürüme Analizi	44
4.4.2	Toplu Taşıma Analizi	45
4.4.3	Taşıt Analizi	46
4.4.4	Ulaşım Veri Ağı Oluşturma İş Akışı	49
5.	Sonuçlar	50
KAYNAKLAR		52
EKLER		53
Ek 1 Tablo Örnekleri		54
ÖZGEÇMİŞ		56

KISALTMA LİSTESİ

CBS Coğrafi Bilgi Sistemi

CAD Computer-Aided Design

ED50 European Datum 1950

INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in the European Community

ISO International Organization for Standardization

İBB İstanbul Büyükşehir Belediyesi

OGC Open Geospatial Consortium

UTM Universal Transversal Mercator

VTYS Veri Tabanı Yönetim Sistemi

WGS84 World Geodetic System 1984

YTÜ Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Ağ kavramı: düğümler ve bağlantılar.....	3
Şekil 2.2 Düğümler ve bağlantı ilişkisi	4
Şekil 2.3 Toplu taşıma ağı örneği.....	6
Şekil 2.4 Belirlenmiş 3 nokta arasındaki optimum yol	8
Şekil 2.5 Dijkstra algoritması akış şeması.....	9
Şekil 2.6 Optimum dağıtım güzergahının görselleştirilmiş hali.....	10
Şekil 2.7 Etki alanı analizini sonucunun görselleştirilmiş hali.....	11
Şekil 2.8 En uygun merkezin bulunmasına yönelik analiz.....	12
Şekil 3.1 CBS-U alt bileşenleri	14
Şekil 3.2 Düğüm noktasının işlevi ne olursa olsun dönüşe izin verilmiş durum	18
Şekil 3.3 Kavşak ve çıkmaz sokak noktasında U dönüşüne izin verilmiş durum	18
Şekil 3.4 Sadece çıkmaz sokaklarda U dönüşüne izin verilmiş durum	18
Şekil 3.5 Tek bir düğüm noktasında U dönüşü	19
Şekil 3.6 Çok bağlantılı ve çok düğümlü U dönüşü	19
Şekil 3.7 Dönüş katmanı vasıtasıyla tanımlanabilecek dönüş biçimleri örnekleri	20
Şekil 3.8 Açısal dönüş tanımlanması.....	22
Şekil 3.9 Açısal dönüş tanımlanmasında geri dönüş ve sola dönüş örnekleri	22
Şekil 4.1 Çalışma alanı	30
Şekil 4.2 Veri setinde kullanılan koordinat sisteminin detayları	31
Şekil 4.3 Katman yapısı.....	32
Şekil 4.3 Trafik yönünün sayısallaştırma yönüyle aynı olduğu durum.....	33
Şekil 4.4 Trafik yönünün sayısallaştırma yönüyle zıt olduğu durum.....	33
Şekil 4.5 Yazılımda, sembolojinin “Tek Yön” alanındaki değerlere göre değiştirilmesi	34
Şekil 4.6 Sayısallaştırılmış veriden örnek görüntü	35
Şekil 4.7 Tramvay hatlarının sayısallaştırma çizimi	36
Şekil 4.8 Metro hatlarının sayısallaştırma çizimi	36
Şekil 4.9 Tren hatlarının sayısallaştırma çizimi	37
Şekil 4.10 Tren hatlarının sayısallaştırma çizimi	37
Şekil 4.11 Dönüş çizgisi ve öznitelik bilgileri.....	38
Şekil 4.12 Çalışmadaki dönüş çizgilerinden bir örnek	38
Şekil 4.13 İki bağlantı grubunun birbirleri ile ilişkisi	39
Şekil 4.14 Yol, tramvay ve metrodan oluşan ağın bağlantılarını gösteren şekil	40
Şekil 4.15 Bağlantı şeması	41
Şekil 4.16 Taşıtlara ait mesafenin belirlenmesinde kullanılacak katman ve alan bilgisi	42
Şekil 4.17 Toplu ulaşım süresinin belirlenmesinde öznitelik alanlarının kullanımı	43
Şekil 4.18 Ağ veri seti oluşturulurken yol yönlerinin ağa tanıtılması	44
Şekil 4.19 İki nokta arasında yürüme analizi	45
Şekil 4.20 İki nokta arasında toplu taşıma analizi	46
Şekil 4.21 İki nokta arasında taşıt rotası analizi	47
Şekil 4.22 Dönüş yasağının uygulandığı durum.....	48
Şekil 4.23 Dönüş yasağının uygulanmadığı durum.....	48
Şekil 4.24 Ulaşım veri ağı oluşturma iş akışı	49

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Yol parçalarına ait çizgi katmanının öznitelik tablosu	15
Çizelge 3.2 Arcgis network analyst’de üretilmiş bir dönüş katmanına ait öznitelik tablosu ...	21
Çizelge 3.3 İstasyon noktalarına ait temel öznitelik gereksinimleri.....	23
Çizelge 3.4 İstasyon giriş noktalarına ait temel öznitelik gereksinimleri.....	23
Çizelge 3.5 Transfer çizgi katmanını oluşturan temel öznitelikler.....	24
Çizelge 3.6 Raylı hatta ait çizgi katmanını oluşturan temel öznitelikler.....	25
Çizelge 3.7 İskele noktaları katmanına ait öznitelik gereksinimleri	26
Çizelge 3.8 İskele giriş noktaları katmanına ait öznitelik gereksinimleri	26
Çizelge 3.9 Transfer çizgileri katmanına ait öznitelik gereksinimleri.....	26
Çizelge 3.10 Hat çizgileri katmanının öznitelik gereksinimleri	27
Çizelge 3.11 Otobüs hat çizgileri katmanının öznitelik gereksinimleri	28
Çizelge 3.12 Otobüs durak noktaları katmanının öznitelik gereksinimleri	28
Çizelge 4.1 Tek yön özniteliği bilgi çizelgesi	34
Çizelge 4.2 Varsayılan değerler	35
Çizelge 4.3 Ağ veri setinde kullanılan öznitelikler	42

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu çalışmanın her aşamasında beni yönlendiren; farklı bakış açısıyla konuyu irdelememi sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Fatmagül BATUK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin yazım aşamasında yardımcı olan meslektaşlarım Gökhan GÜNDÜZOĞLU ve Hakan ATAK'a, veri tabanı yapıları ile ilgili görüşlerini benimle paylaşan mekansal veri tabanı uzmanı Albert GODFRIND'e, çalışmalarına destek olan Hamdi ÇİNAL'a ve desteklerini hiç esirgmeden hep arkamda duran aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Gün geçtikçe daha kapsamlı ve daha karışık hale gelen ulaşım sistemlerinin gerek kontrol altında tutulabilmesi, gerek planlanması, gerekse kullanıcıları tarafından verimli şekilde kullanılabilmesi için coğrafi bilgi sistemleri yönteminin kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Ulaşım sistemlerinin coğrafi bilgi sistemi konusu olmaya başladığı noktada ise devreye ağ kavramı girmektedir.

Bu çalışmada; ulaşım ağlarının CBS ortamında analiz edilmesi amaçlanmış, bunu gerçekleştirmek için ise birden fazla ulaşım sisteminin bir arada bulunduğu bir bölge, çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Ulaşım sistemlerinin CBS ortamına aktarılması ve bu sistemlerin bir ağ yapısı içerisinde irdelenmesi üzerinde durulmuş; farklı ulaşım ağlarının birbirlerine bağlanması için gerekli yöntem irdelenmiş ve buna yönelik örnek bir uygulama yapılmıştır. Örnek uygulama; özellikle ulaşım problemlerinin yoğun olarak yaşandığı İstanbul iline bağlı Beyoğlu ilçesi; Ömer Avni ve Gümüşsuyu mahallelerinde yapılmıştır. Seçilen mahallelerde; taşıt yolu, raylı sistemler ve deniz ulaşım ağı bulunmaktadır. Bu üç ulaşım sistemi gerekli veri düzenlemeleri yapılarak; ağa dahil edilmiştir. Çalışma sonucunda; farklı ulaşım sistemlerinin birbirleri ile entegrasyonu sırasında karşılaşılan problemler ve bu problemlerin çözüm yollarına değinilmiş, entegrasyon için gerekli veri düzenleme araçlarına ait detaylar ortaya konmuştur.

ABSTRACT

Keeping under control the transportation systems, which become increasingly comprehensive and more complex day after day, both in planning and ensuring effectiveness, using geographical information systems are becoming inevitable. Networks engage when transportation systems are becoming an issue of GIS.

The purpose of this study is to analyze transportation networks by using GIS. To achieve this; a work area with various types of transportation systems is chosen for this study.

In this study; integration of transportation networks to GIS and scrutinizing these in a network structure, connection of different types of transportation systems and a sample application are emphasized. This application takes place at neighborhoods called Ömer Avni and Gümüşsuyu which belong to Beyoğlu County and have high transportation intensity.

In chosen work area there are roads, railways and waterways. Every of them are included after their necessary modifications to the network. As a result of this study; problems, difficulties and solutions which are encountered during the process are mentioned in addition to details of editing and modifying process of the data.

1. GİRİŞ

Gelişmiş veya gelişmekte olan kentlerde; artan nüfusa bağlı olarak; özellikle ulaşım ağının karmaşık hale gelmesi; bu ağın yönetilmesi ve planlanması açısından büyük zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Farklı kent ulaşım ağlarının birbirleri ile ilişkilerinin kurulması; gerek yerel yönetimler, gerekse kullanıcılar açısından kullanım kolaylığı getirmektedir. Örneğin yerel yönetimlerce yapılacak olan ulaşım planlamasında farklı ulaşım türlerinin birbirleri ile bağlantılarının analiz edilmesi ile birçok ulaşım planlaması uygulamasının kolayca yapılacağı açıktır. Ayrıca yerel kullanıcılar karmaşık halde bulunan ulaşım sistemlerinin analiz edilmesi ile ağ analiz sonucuna göre kolaylıkla ulaşım planlaması yapabilecektir. Özellikle İstanbul gibi karmaşık ulaşım ağına sahip kentlerde; bu ağın yönetilmesi ancak ulaşım ağlarının birbiri ile entegrasyonu ile mümkün olabilmektedir.

Farklı ulaşım ağı sistemlerinin entegrasyonunun yapılabilmesi, bu ağın yönetilmesi, birbiri ile ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla CBS'nin kullanılması; özellikle kurulum aşamasında birçok kolaylığı beraberinde getirmektedir. Karmaşık ağ yapılarının birbiri ile entegre edilmesi; her bir ulaşım ağının ayrı ayrı değerlendirilmesini gerektirdiğinden; CBS yönteminin kullanılması; sonucun daha doğru ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Bütün bunlara ek olarak; özellikle ulaşım ağlarının kendi içlerinde yönetilmesi; düzenlenmesi; yeni ağların eklenmesi işlemlerinin özellikle yeni geliştirilen yazılımlarla daha hızlı ve doğru yapılabileceği açıktır. Ayrıca farklı ulaşım ağlarının birbirleri ile bağlantılarının belirlenmesi; bunların bağlantı türlerinin CBS yöntemi ile ortaya konması; klasik yöntemlere göre daha hızlı ve doğru olacaktır.

Bu çalışmada; taşıt yolları, raylı sistemler ve deniz hatlarına ait ulaşım ağının kendi içerisinde analize hazır hale getirilmesi için gerekli işlemler çıkartılarak belirli bir sistematik elde edilmiştir. Bu sistematik üç ulaşım ağı için ayrı ayrı yapılarak belirli bir düzenleme sistemi oluşturulmuştur. Ardından her bir ulaşım ağının birbiri ile entegrasyonu için gerekli işlemler belirlenerek; bu işlem neticesinde meydana gelebilecek hata türleri tespit edilmiş; bunlar için çözüm önerileri oluşturulmuştur. Ulaşım ağlarının analizi, birbirleri ile olan ilişkileri CBS kullanılarak yapılmış; örnek çalışmada bulunan veriler; CBS yazılımları yardımıyla değerlendirilerek sonuca ulaşılmıştır.

1.1 Motivasyon

Farklı ulaşım sistemlerinin entegrasyonu ve analizinde; gerek veri kalitesindeki eksiklikler gerekse de veri üreten kurum ve kuruluşlar arasında bir standart olmadığından kimi zaman bu

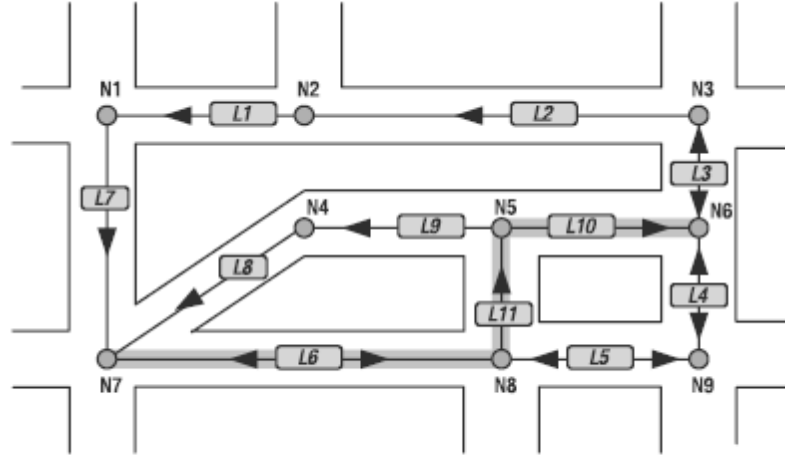
entegrasyon süreci imkansız hale gelmektedir. Ortaya, birlikte çalışılabilirliğe sahip olmayan veri yapıları, kendi başına anlam ifade etse de bütünsel bir analize imkân vermeyen sistemler çıkmaktadır. Örneğin; bir ilçe belediyesinin oluşturduğu veri yapısını, il belediyeleri kullanamamakta, il belediyesinin oluşturduğu bir veri yapısını ise Ulaştırma Bakanlığı kullanamamaktadır. Kullanılabilse bile bir standarda ve gerekli veri yeterliliklerine sahip olamamakta, bu durum da verimsizliğe ve iş gücü kaybına yol açmaktadır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu bu verimsiz durumu ortadan kaldırmak, çoklu ulaşım sistemlerinin CBS ile entegrasyonu ve analizini sağlamaya yönelik bir veri altyapısını ortaya koymaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 CBS’nde Ağlar ve Özellikleri

CBS bakış açısı ile ağ, nesneler arasındaki ilişkiyi, bağlantırlık özelliklerini kullanarak belirleyen bir matematiksel grafik tipidir. Ağlar, temel olarak düğüm ve bağlantılardan oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Ağ kavramı: düğümler ve bağlantılar

Karayolları, tren yolları, nehirler, boru hatları, telefon ve elektrik hatları gibi birbirlerine çizgi özelliklerle bağlı sistemler ya da yapılar ağ olarak adlandırılır. Ağ yapıları üzerinden bir noktadan diğer bir noktaya erişebilme özelliği vardır (Esri, 1996).

Bir ağ çeşitli yollarla aralarında bağ kurulmuş hat parçalarından (bağlantı) oluşur. Her hat parçası koordinatları bilinen başlangıç ve bitiş noktaları ile tanımlıdır. Bir parça başlangıç ve bitiş noktaları arasında koordinatları bilinen ara noktaları da içerebilir. Düğüm noktaları ile tanımlanan topolojik ilişkiler bir ağın bağlantırlığını belirler. Şekil 2.2’de bir sokak ağı yapısına benzeyen tipik bir ağ yapısı örneği görülmektedir. Şekildeki noktalar düğüm noktalarını temsil etmektedir. (Erden vd., 2003)

de akışa izin verirken, yöneltilmiş bağlantılar sadece tek bir yöne akışa izin verirler. Bağlantıların yönlerini düğümler belirler. Yöneltilmiş bir bağlantının başlangıç düğümünden, bitiş düğümüne doğru aktığı öngörülür.

Bir ağda; bağlanırlık, çizgi uçları, çizgi kırıkları ve noktaların ağın kurulumu sırasında belirlenmiş koşullar altında birbirleriyle kurdukları ilişkidir.

Ağ elemanları (bağlantılar ve düğümler) kendileriyle ilişkilendirilmiş geometrik veriye sahip olabilirler. Mantıksal ağlar, bağlanırlık verisini içermesine rağmen geometrik veri içermemektedir. Konumsal ağlar ise hem bağlanırlık verilerine hem de geometrik verilere sahip ağlardır.

Güzergâh, ağ üzerindeki rotayı temsil eder. Ardışık düğüm ve bağlantılardan oluşur. İki düğüm arasında birden fazla güzergâh olabilir.

Maliyet, düğümlerle veya bağlantılarla ilişkilendirilebilecek sayısal bir özneliktir. Maliyet, 2 düğüm noktası arasındaki güzergâhın hesaplanmasında kullanılır. Güzergâhın maliyeti, güzergâhın üzerindeki bütün düğüm ve bağlantıların toplam maliyetlerine eşittir. En düşük maliyete sahip güzergâh, başlangıç ve bitiş düğümleri arasında en düşük maliyete sahip güzergâhtır (en kısa mesafe veya en kısa zaman gibi). Bağlantı ve düğümler birden fazla maliyet değerine sahip olabilirler ancak aynı anda sadece bir tanesi kullanılabilir.

Ulaşılabilir düğümler, belirli bir düğümden ulaşılabilen düğümlerin tamamıdır.

Ağ kısıtlamaları, ağ üzerindeki akışın sınırlandırılmasına yarayan bileşenlerdir. Yol ağlarında, güzergâhın sadece kamyonların geçişine uygun olan yollar üzerinde belirlenmesi ya da paralı yolların kullanılıp kullanılmaması gibi pek çok durumda kullanılırlar.

2.2 Ağ Türleri

Taşıt Yol Ağları

Tipik bir yol ağında; düğümler kavşakları, bağlantılar ise her iki kavşak arasındaki yol parçalarını ifade eder. Yolun konumsal gösterimi, düğümler ve bağlantılarla özünde ilintili değildir. Örneğin, yol gösterimi üzerindeki bir nokta (yol üzerindeki sert bir dönüşü gösteren nokta) eğer bir kavşak (kesişim) noktası değilse bir düğüm noktası değildir. Tek bir konumsal nesne çok sayıda düğüm ve bağlantıdan oluşabilir. Buna örnek, düz bir yol parçasının başka yol parçaları tarafından kesilmesidir. Bu durumda ağın, düz yola ait kısmı, çok sayıda düğüm ve bağlantıdan oluşacaktır.

Yol ağlarındaki önemli işlemlerden biri, seyahat zamanını veya yol uzunluğunu minimize

ederek başlangıç ve bitiş düğümleri arasındaki güzergâhı belirlemektir. Bu işleme pek çok kısıtlama da dâhil edilebilir (güzergâhta kullanılması zorunlu bir yol belirleme ya da belli bir kavşağı kullanmama gibi)

Bir taşıt yol ağında, tipik maliyet, yol uzunluklarıdır. En kısa yol analizinin yapılması için bu maliyet gereklidir. Bunun yanında, taşıt yol ağlarının pek çoğu, maliyet olarak sürüş zamanını da içerirler. En hızlı güzergâhın bulunması için bu maliyetin bilinmesi gerekir.

Bu çalışmada üzerinde durulacak ve uygulaması yapılacak iki ağ çeşidinden biri taşıt yol ağıdır.

Toplu Taşıma Ağları

Toplu taşıma ağlarında, istasyonlar ve istasyon girişleri düğümleri, bunların birbirleri arasındaki yollar da bağlantıları oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Toplu taşıma ağlarındaki önemli işlemlerden birkaçı; bir istasyondan ulaşılacak diğer istasyonların bulunması, iki istasyon arasındaki durak sayısının bulunması ve iki istasyon arasındaki seyahat süresinin hesaplanmasıdır. Bu çalışmada üzerinde durulacak ve uygulaması yapılacak iki ağ çeşidinden biri toplu taşıma ağıdır.



Şekil 2.3 Toplu taşıma ağı örneği

Altyapı Ağları

Altyapı ağları, güç kabloları, telefon hatları gibi, çoğu zaman maliyetin en az olması istenen ağlardır. Bu tip ağlar üzerinde yapılacak işlemlere örnek olarak, ulaşılabilirlik analizi verilebilir. Örneğin; su boruları ve su istasyonlarından oluşan bir ağ üzerinde bir istasyonun çalışmasının durması durumunda, hangi alanların etkileneceği, hangi istasyonlardan bu alanlara su aktarılmasının mantıklı olacağı bu analiz sayesinde belirlenebilecektir.

Biyokimyasal Ağlar

Biyokimyasal ağlar, yaşayan organizmalardaki düzeni ve reaksiyonları yani biyokimyasal süreci modellemek için kullanılır. Düzenleyici güzergâhlar protein-protein etkileşimini temsil ettiği durumda, enzim reaksiyonlarındaki metabolik güzergâhlar biyokimyasal ağı oluşturur. Bu örnekte, ağı oluşturan güzergâhta; genler, proteinler ve kimyasal bileşikler düğümleri ve bu düğümler arasındaki reaksiyonlar ise bağlantıları oluşturur.

Finans Ağları

Çok uluslu şirketlerin pek çoğu, bu ülkelerdeki yan kuruluşlarıyla, fonlarının aktarımında (kar payları, telifler, faizler gibi) finansal ağ üzerinden bağlıdır. Ülkeden ülkeye değişen vergi miktarları, ağın bağlantılarına maliyet olarak tanımlanır. Çeşitli ağ analizleri, sermayenin optimum yollardan yer değişimine olanak sağlarlar.

Proje Ağları

Proje ağları, aktivitelerin ve proje aşamalarının, bağlantı ve düğümleri oluşturduğu ve bu aktivitelerin çeşitli maliyetlere (bir aktiviteyi bitirmek için gereken zaman veya gereken kaynaklar gibi) sahip olduğu ağlardır.

2.3 Ağ Analizleri

2.3.1 İki Yol Arasındaki Optimum Yolum Belirlenmesi

CBS’de, iki nokta arasında birden çok bağlantı var ise, bu bağlantılardan hangisinin en uygun çözüm olduğuna karar vermek için yapılan işlemler, optimum yol belirleme olarak bilinir (Yomralıoğlu, 2000).

En uygun çözüm ile kastedilen, iki nokta arasındaki en kısa mesafe olabileceği gibi, belli özellikleri sağlayan başka kriterler de en uygun yolun belirlenmesinde etkili olabilir. Örneğin bir ambulans için, hastayı aldığı nokta ile hastane arasındaki trafik yoğunluğu en az olan,

nispeten daha uzun, fakat daha hızlı ulaşılabilecek bir yol, en uygun çözüm olabilir (Şekil 2.4). Benzer şekilde, iki şehir arasındaki farklı iki yoldan, topografyası ve zemin yapısı daha iyi olanı, daha uzun olsa da, diğerine göre tercih edilebilir. (Karaş, 2007)

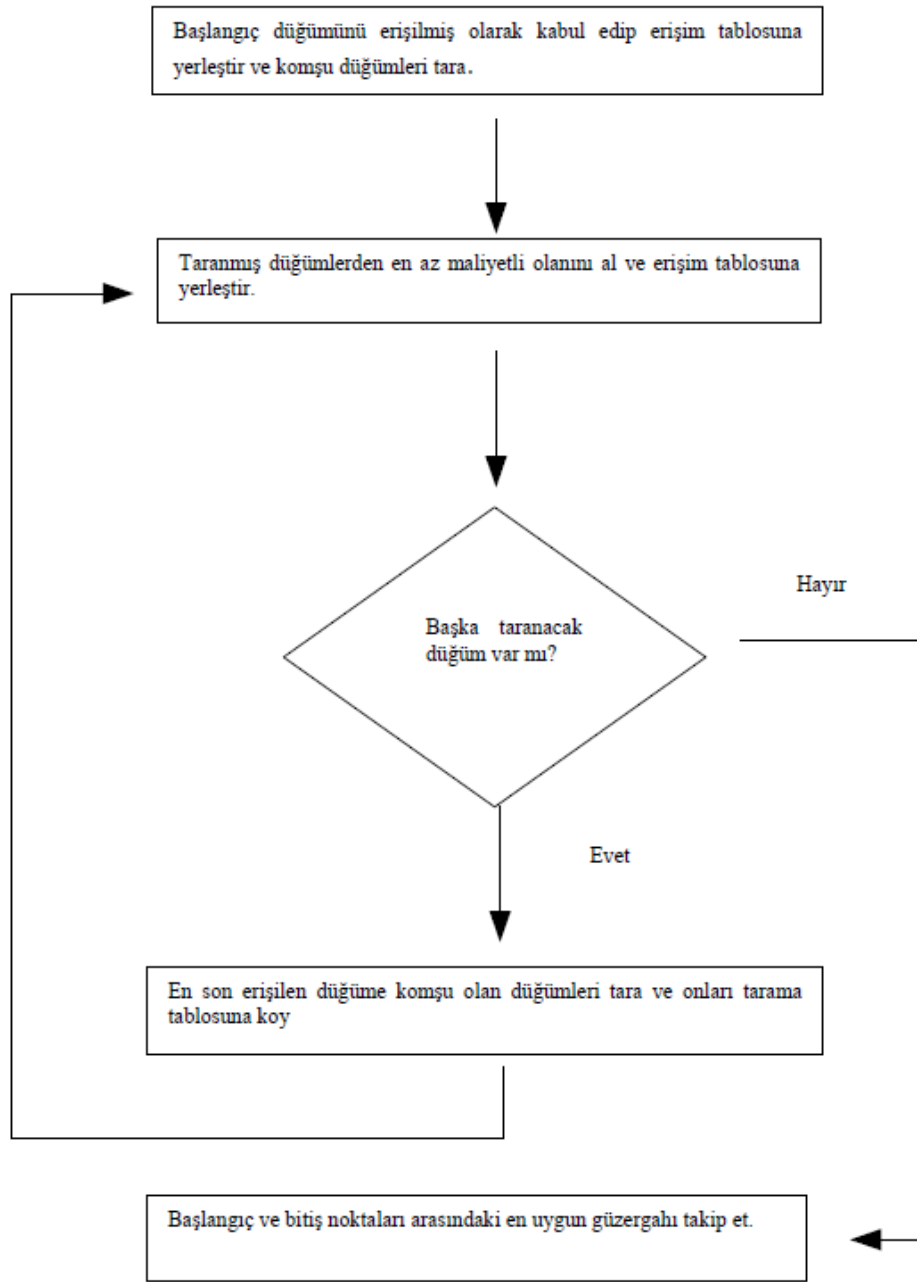
CBS yazılımlarında, optimum yolun belirlenmesi işleminin matematiksel altyapısı Dijkstra tarafından geliştirilen yöntemeye dayanır (Karaş, 2007).



Şekil 2.4 Belirlenmiş 3 nokta arasındaki optimum yol

2.3.1.1 Dijkstra Algoritması

Dijkstra algoritması en kısa yol problemlerinin çözümü için en etkin algoritmalarından biridir. Algoritma adını E.W.Dijkstra'dan almıştır. Ağırlıklandırılmış bir ağda, iki düğüm noktası arasındaki en kısa yolu bulmayı amaçlar. Kenarlara verilen ağırlıklar; uzaklık, maliyet ve zaman gibi kriterleri göstermek için kullanılabilir. Dijkstra algoritması bir çizgede belirlenen bir kaynaktan aynı zamanda tüm diğer hedef noktalara en kısa yolları bulabildiği için *tek kaynaklı en kısa yol* (single-source shortest paths) algoritması olarak da bilinir. (Erden vd.,2003)



Şekil 2.5 Dijkstra algoritması akış şeması (Erden vd.,2003)

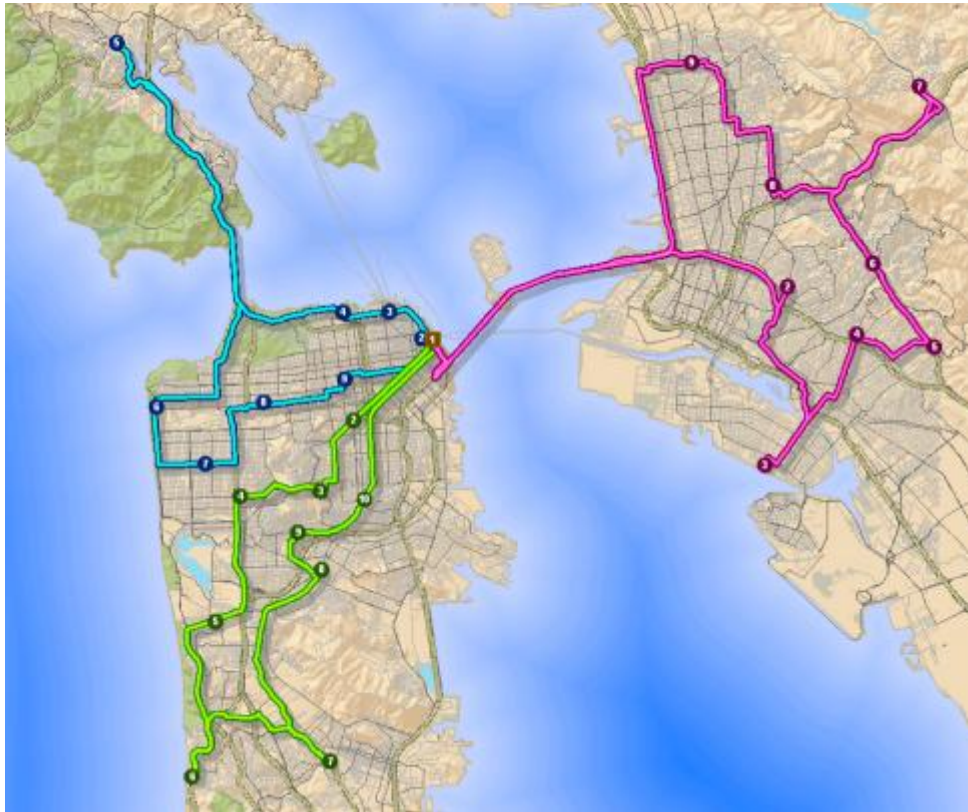
En kısa yol problemi en az dallanan ağaç problemine benzemektedir. Bir ara noktadan tüm diğer ara noktalara olan yolları (path) gösteren bir çizge tüm ara noktaları içermelidir. Bir çizge için $G=(V,E)$ fonksiyonu yazılabilir. Burada V ara nokta grubunu E ise sınırlar (edge) grubunu göstermektedir.

$G=(V,E)$, fonksiyonunda $V=\{1,...,n\}$ ve E 'deki tüm (i,j) 'ler için ara uzaklıklar $l_{i,j}$ olmak üzere, algoritma 1'den n 'e kadar olan ara noktalar ve $l_{i,j} > 0$ olan kenar uzunluklarına sahip (i,j)

sınırları ile verilen bir çizgede 1'nci ara noktadan itibaren tüm ara noktalara (1, 2,...,n) en kısa uzaklıkları saptar. Giriş verileri, ara noktaların sayısı (n), sınırlar (i,j) ve l_{ij} uzunluklarıdır. Çıkış verileri ise en kısa yolların uzunlukları j'dir (j= 2,...,n). Algoritmanın akış şeması Şekil 2.5'de yer almaktadır.

2.3.2 Optimum Dağıtım Güzergâhının Belirlenmesi

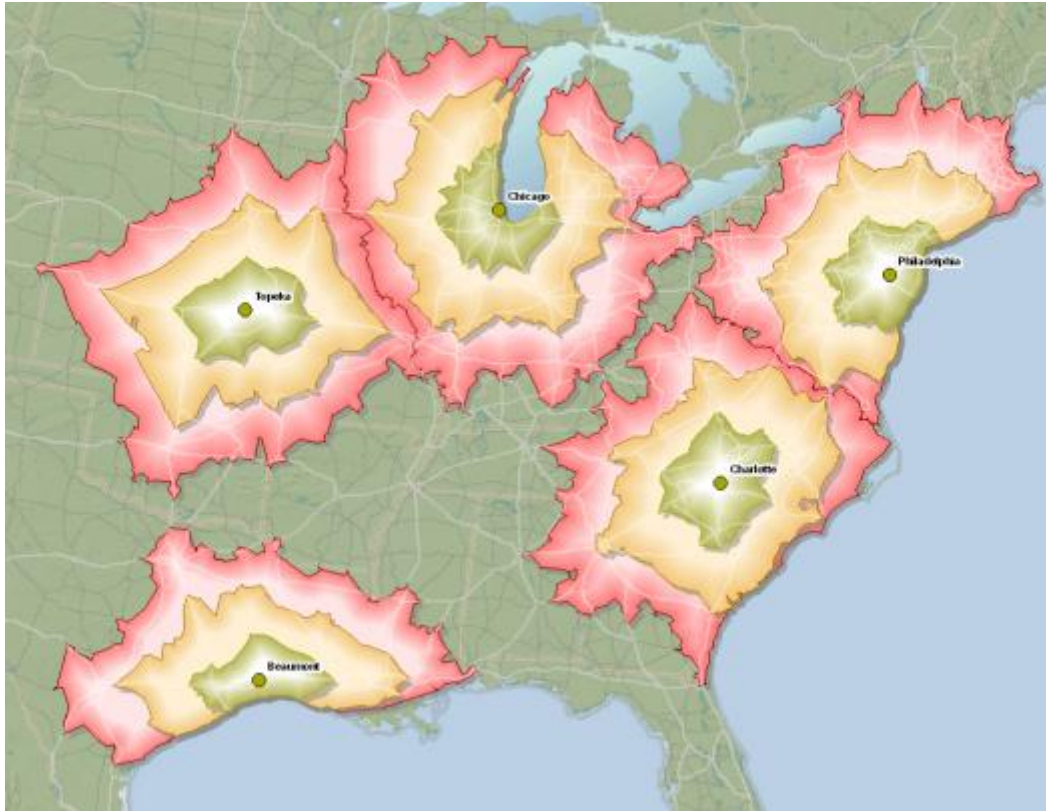
Bir noktadan başlayıp, gidilmesi gerekli birçok noktadan geçerek başlanılan noktaya geri dönülen en kısa turun gerçekleştirilmesi, bu tür uygulamaların konusunu oluşturur. Örneğin, bir postacı şehrin muhtelif kesimlerine teslimat yapacak olsun. Posta merkezinden çıkıp, gitmesi gereken tüm adreslere uğradıktan sonra turu tamamlayarak tekrar posta merkezine geri dönmesi gerekmektedir. Bunu sağlayacak olan alternatif turlardan en kısa olanının analiz edilmesi CBS' de dağıtım güzergâhlarının belirlenmesi olarak bilinir (Şekil 2.6). Söz konusu analizin temeli Hamilton tarafından ortaya konulan ve Gezgin Satıcı Problemi olarak bilinen matematiksel altyapıya dayanır. Dağıtım, çöp toplama ve devriye hizmetleri gibi birçok uygulama için optimum turun bulunması bu analiz sayesinde gerçekleştirilir (Karaş, 2007).



Şekil 2.6 Optimum dağıtım güzergâhının görselleştirilmiş hali

2.3.3 Etki Alanının ya da Merkezi Konumun Belirlenmesi

Bu tür analizler genellikle planlama ve yatırıma yöneliktir. Uygulamada iki şekilde gerçekleştirilir. İlki hastane, okul gibi mevcut olan merkezi noktaların, ulaşım imkânları göz önüne alınarak etki ve sorumluluk alanlarının bulunması işlemidir (Şekil 2.7). Diğerisi ise belirli bölgelere ayrılmış bir ağdaki her bir bölgenin merkezinin bulunması işlemidir ve örneğin bir dağıtım ağında bu noktalar kaynak nokta olarak anılmaktadır. Bu açıdan Kaynak Tahsisi (Resource Allocation) de denmektedir. Söz konusu analizlerin matematiksel temeli Graf Teorisine dayanmaktadır ve en az dallanan ağaçlardan, maliyeti en düşük olanının bulunması ile çözüme ulaşılmaktadır (Karaş, 2007).



Şekil 2.7 Etki alanı analizini sonucunun görselleştirilmiş hali

2.3.4 Merkezlerin Etki Alanlarının Belirlenmesi

Merkezi noktaların etki alanının sınırlarının belirlenmesi işlemidir. Büyük şehirlerdeki mevcut polis merkezlerinin her birinin, konumlarına bağlı olarak optimum yoldan ulaşımını sağlamak üzere müdahale alanlarının belirlenmesi, bu tür bir işleme örnektir. Bu analizle mevcut karakolların sorumluluk alanına giren bölgeler tespit edilmekte ve sınırları belirlenebilmektedir. Bu şekildeki bir paylaşım ile şehrin tüm noktalarına etkin bir şekilde ulaşılabilir ve en kısa zamanda müdahale edilmesi sağlanabilecektir (Karaş, 2007).

2.3.5 En Uygun Merkezi Konumun Belirlenmesi

Bu işlem, etki alanını belirlenmesi işleminin tersi bir uygulamadır ve verilen bölgeler için en uygun merkez bulunur (Şekil 2.8). Örneğin, belediye tarafından bir otobüs hattı üzerindeki durakların yerinin belirlenmesi, bu tür bir analize örnektir ve yolcuların nüfus ve ikamet durumu ve duraklara erişim olanakları gibi bilgiler dikkate alınarak gerçekleştirilir (Korte, 1997). Benzer şekilde, okul alanları, çöp toplama merkezleri, hastaneler, itfaiye çıkış noktaları, ya da ticari amaçlı bir alışveriş merkezi gibi yapılar için en uygun yer tespiti de birçok parametrenin irdelenmesini gerektirir. Bu tür uygulamalar, ağ yapısındaki coğrafi varlıkların aynı anda analiz edilerek, uzaklık, ulaşım maliyeti ve ulaşım zamanı gibi ölçütlerin göz önüne alınması ve en optimum merkezlerin noktasal olarak tespit edilmesi şeklinde gerçekleştirilirler. Tespit edilecek merkez, kullanıcı tarafından verilecek kriterleri sağlayacak nitelikte olacağından, ağ üzerindeki tüm nokta ve çizgiler yeterli öznetelik bilgilerine sahip olmalıdır (Yomralıoğlu, 2000). Örneğin, gerçekleştirilecek seçimde oy sandıklarının yerleştirileceği noktaların tespiti gibi bir talebin karşılanması için, ulaşım ağı yanında, sandık sayıları, numaraları ve bu sandıklarda oy kullanacak seçmenlerin adres bilgileri bilinmeli ve hepsi birlikte değerlendirilmelidir. Ağ analizleri ile sandıkların yerleştirileceği noktalar tespit edilmelidir (Karaş, 2007).



Şekil 2.8 En uygun merkezin bulunmasına yönelik analiz

2.4 Önceki Çalışmalar

Karaş (2007), “Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi” isimli çalışmada; üç boyutlu ağ analizi için bir uygulama geliştirerek, bu uygulamayı YTÜ kampusundaki bazı binalar için entegre etmiştir. Bu çalışmada; ilk olarak 2 boyutlu ağ analizinin yapıları incelenerek; 3 boyutlu ağ analiz fonksiyonu değerlendirilmiştir. Çalışma sırasında kullanılacak verinin otomatik olarak üretilmesi için MUSCLE (Multidirectional Scanning for Line Extraction) yöntemi geliştirilerek; kat planından bina ve ağ modelinin üretimi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda; özellikle bina için konumlandırmanın zorluklarından bahsedilerek bunun için farklı çözüm önerilerinin gereksinimi vurgulanmıştır.

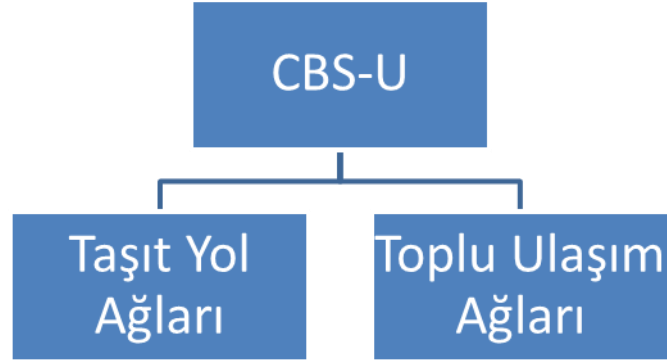
Ayar (2008), “Multimodal Multicommodity Routing Problem With Scheduled Services” isimli Yüksek Lisans çalışmada; farklı taşıma şebekeleri; zaman ve kapasite sınırlandırılması nedeni ile rotalama probleminin farklı matematiksel formüllerle ifade edilmiş; bununla ilgili yeni bir formülasyon geliştirilmiştir.

Özkan (2008). “Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı ile Koşullu Yer Belirleme Analizi” isimli çalışmada; Şişli İlçesi sınırlarında bulunan beş adet mahalle örnekleminde; yeni açılacak olan eczane alanlarının uygunluk kriterlerine göre belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda araştırmacı; çalışmada kullanılan yöntemler göz önüne alındığında; eczane yer seçiminde farklı kriterlerin belirlenmesi ile birlikte; yönetmeliklerde bulunan yer seçim kriteri eksikliğinin tamamlanabileceği üzerinde durmuştur. Ayrıca bu çalışmada; uygun yer seçimi için farklı kriterler geliştirilmiştir.

Toroman (2009). “Mekânsal Çok Ölçütlü Karar Analizi: Ulaştırma İçin Güzergâh Seçenekleri” isimli çalışmada; İstanbul’da yapılması planlanan üçüncü köprü güzergâhı için bağlantı çevre yolu güzergâh planlaması yapılmıştır. Ulaşım planlanmasında bulunan kriterler Çok Ölçütlü Karar Analiz Yöntemi ile CBS yöntemi yardımıyla sorgulanarak güzergâh planlanmıştır. Planlama işleminde risk alanları ortaya konmuş; ayrıca yeni güzergâhın neden olacağı çevre kirlilik riski ortaya konmuş; bu yöntemler CBS ile optimum düzeye getirilerek güzergâh optimize edilmiştir. Güzergâh planlamasında nüfus yoğunluk değerleri de göz önüne alınmıştır. Çalışma sonucunda Toroman; kriterlerin önemlerinin belirlenmesinde ayrıca anket çalışmasının gerekliliğine değinmiştir.

3. CBS-U AĞ ANALİZİNDE VERİ GEREKSİNİMİ

Ulaşım alanında ağ analizi yapılırken kullanılan başlıca iki ağ, taşıt yol ağı ve toplu ulaşım ağıdır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 CBS-U alt bileşenleri

3.1 Taşıt Yol Ağları Gereksinimleri

Taşıt yol ağları, yolları temsil eden çizgiler (ağın kurulması sonucunda bağlantıları oluşturur) ve kavşakları temsil eden noktalardan (ağın kurulması sonucu düğümleri oluşturur) oluşur. Kavşak noktalarının (düğümlerin) operatör tarafından elle belirlenmesine gerek yoktur. Çeşitli yazılımlar vasıtasıyla yol parçalarının kesişim noktalarında otomatik olarak oluşturulabilir. Taşıt yol ağları ile ilgili gereksinimlerden başlıcaları, bu ağ sayesinde, en kısa yol, en kısa süre gibi temel analizlerin yapılabilmesi için gerekli olan özniteliklerdir. Bu öznitelikler ise yol parçalarına ait çizgi katmanında tutulur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Yol parçalarına ait çizgi katmanının öznitelik tablosu

Alan	Veri Türü	Uygulama
Tek Yön	Metin	Tek yönlü yolların yönünü belirler.
Seviye	Tam Sayı	Bağlantıların doğru olmasını sağlar.
Uzunluk	Çift Duyarlı Sayı	En kısa rotanın bulunmasını sağlar.
Hız	Tam Sayı	Seyahat zamanlarının hesaplanabilmesini sağlar.
Hiyerarşi	Tam Sayı	Yolların kademelendirilmesini sağlar.
Seyahat Zamanı	Çift Duyarlı Sayı	En hızlı rotanın bulunmasını sağlar.
Yol Türü	Metin	Hiyerarşi oluşturulmasını sağlar.
Yol Adı	Metin	Yol tarifinin yapılabilmesini sağlar.

Tek yön özneliği, yolun akış yönünü belirtir. Tek yönlü yolların, akış yönlerinin, sayılaştırma yönüyle aynı olmadığı durumlarda kullanılması zorunlu bir özneliktir. Yol ağındaki çeşitli düzenlemeler ve numarataj sebebiyle sayılaştırma yönünü değiştirmek esnek bir çözüm olmayacağı göz önünde bulundurulduğunda bu alanın kullanmasının neredeyse her durumda zorunlu olduğu söylenebilir. Yol yönünü belirtmek için kullanılabilecek özneliğin içeriği veritabanının yaratıcısına bağlı olmakla birlikte, en çok kullanılan içerik türü, sayılaştırma yapılan çizginin başlangıç ve bitiş noktalarına göre kısaltmalar kullanılmasıdır.

Seviye özneliği ise birbiriyle aslında kesişmeyen yolların (üst geçit, alt geçit, viyadük vb.) topolojik sorunlara yol açmadan sisteme dahil edilmelerini sağlar. Sayısal ortamda birbirini kesen yollara belirli seviyeler atayarak, analiz sırasında bu yollardan birbirine geçişler engellenir.

Uzunluk özneliği, neredeyse her durumda, verinin geometrik uzunluğuyla aynıdır. Ayrı bir öznelik olarak tutulmasının sebeplerinin başında ise veritabanları arasında aktarımlar yapıldığında, verinin geometrik uzunluğuna bağlı öznelik sütunlarının isminin sabit kalmamasıdır. Söz gelimi, bir veritabanı sistemi, çizgilerin geometrik uzunluklarını “shape_length” adıyla bir sütuna yazarken, bir başka veritabanı sistemi, bunu “shape_len” olarak yazmaktadır. Bu tarz karmaşaların engellenmesi amacıyla uzunlukların ayrı bir öznelik olarak tutulması yerinde olacaktır.

Hız özniteliği, en kısa süre analizinin yapılabilmesi için gerekli olan, seyahat zamanı değerinin hesaplanabilmesi için gerekli özniteliktir. Bu veri pek çok kaynaktan elde edilebilir (sensör verileri, gps track verileri gibi). Verilerin hassas bir şekilde elde edilemediği durumlarda ise, yol türü, trafik durumu gibi etkenler göz önünde bulundurularak, tahmini değerler verilebilir.

Hiyerarşi özniteliği, yolları, analizi daha etkin bir şekilde yapabilmek amacıyla sınıflara ayırıp bunlara öncelik atayabilmemiz için gerekli özniteliktir. Yolun, resmi türünden farklı olarak tamamen mevcut durum (hızlar, sürücülerin tercihleri gibi) göz önünde bulundurularak sınıflarına ayrılmasıdır. Örneğin, sadece yol türü göz önünde bulundurulduğunda bir başka yola göre daha çok tercih edilebileceğini öngörebileceğimiz bir yol, aslında çeşitli sebeplerden dolayı daha az tercih ediliyor olabilir. Bu gibi durumlarda, analizin bu yola yönelmesini sağlamak hiyerarşi özniteliğinin etkin kullanımıyla mümkün olmaktadır.

Seyahat zamanı özniteliği, hız özniteliği kullanılarak hesaplanan, her bir yol parçası üzerinde, öngörülen hızda seyahat eden bir aracın, bu yol parçasını ne kadar sürede kat ettiği bilgisini barındıran özniteliktir. En kısa süre analizinin ana özniteliğidir. Analiz sonucunda ortaya çıkan rotanın barındırdığı yol parçalarının seyahat zamanları toplamı, rotanın toplam zamanını vermektedir.

Yol türü özniteliği, yolun resmi tür bilgisini barındırır (sokak, cadde, ana arter, otoban vb.). Temel olarak, analiz sonuçlarının yol tarifi olarak kullanılmasında etkin rol oynar. Bunun dışında daha detaylı tespit olanaklarının bulunmaması durumunda, yol hızlarının belirlenmesinde, sınıflandırma verisi olarak da kullanılmaktadır.

Yol adı özniteliği, yol parçalarının ait olduğu yolların isimlerini barındırır. Analiz sonuçlarından yol tarifi üretmekte kullanılır.

3.1.1 Yaya Yürüyüş Gereksinimleri

Yayalara ilişkin ayrı bir yol ağı tanımlamasına gerek duyulmamakla birlikte, taşıt ve toplu ulaşım ağlarıyla birlikte, yayaların yürüme özelliklerini de göz önünde bulundurmak gerekir. Yaya yol ağlarının ayrı bir katmanda tutulması isteğe bağlı bir husustur. Yayalar çoğu zaman, taşıt yolları boyunca devam eden kaldırımları kullandığından pek çok durumda yol ağlarıyla aynı katmanda tutulurlar. Ancak bu noktada dikkat edilmesi gereken, taşıt yol ağlarının sahip olması gereken geometrik ve öznitelik gerekliliklerine ek olarak bir takım düzenlemeler gerekmesidir.

Yayaların yürüyüş hatları göz önünde bulundurulduğunda yaya ağlarının bulundurulması

gereken öznitelikler Çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Yaya yolu parçalarına ait çizgi katmanının öznitelik tablosu

Öznitelik	Veri Türü	Uygulama
Seviye	Tam Sayı	Bağlantıların doğru olmasını sağlar.
Uzunluk	Çift Duyarlı Sayı	En kısa rotanın bulunmasını sağlar.
Yürüyüş Hızı	Tam Sayı	Seyahat zamanlarının hesaplanabilmesini sağlar.
Yürüyüş Zamanı	Çift Duyarlı Sayı	En hızlı rotanın bulunmasını sağlar.
Yol Türü	Metin	Hiyerarşi oluşturulmasını sağlar.
Yol Adı	Metin	Yol tarifinin yapılabilmesini sağlar.

Yaya yol ağlarında seviye özniteliği, taşıt yol ağlarındaki seviye özniteliklerine ek olarak yaya alt geçidi, yaya üstgeçidi, toplu taşıma girişleri gibi ağ elemanlarına ait analizlerin doğru yapılmasına yönelik veriler içerir.

Yürüyüş hızı özniteliği, en kısa süre analizinin yapılabilmesi için gerekli olan, yaya zamanı özniteliğinin hesaplanabilmesi için gerekli özniteliktir. Burada temel yaklaşım yayaların ortalama yürüyüş hızlarının bu sütuna girilmesidir. Bu alana girilecek değerleri etkileyecek üst ve alt geçitlerin merdivenlerinin yavaşlatıcı etkisi gibi parametreler de mevcuttur. Gerekli olduğu takdirde, saha çalışması yapılarak da bu hızlar ölçülüp daha detaylı analizler yapılabilir.

Yürüyüş zamanı özniteliği, yaya hızı özniteliği kullanılarak hesaplanan, her bir yol parçası üzerinde, öngörülen hızda yürüyen yayanın, bu yol parçasını ne kadar sürede kat ettiği bilgisini barındıran özniteliktir. En kısa süre analizinin ana özniteliğidir. Analiz sonucunda ortaya çıkan rotanın barındırdığı yol parçalarının yaya yürüyüş zamanları toplamı, rotanın toplam zamanını vermektedir.

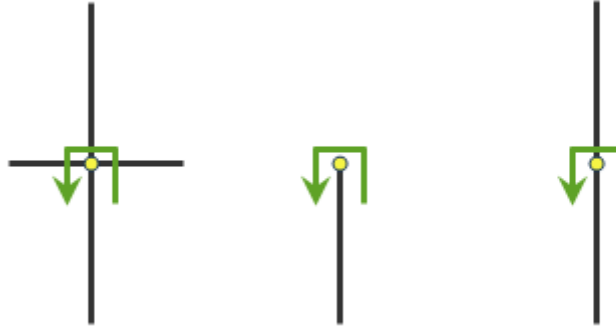
Yol türü özniteliği, taşıt ağları için kullanılan verilere ek olarak, sadece yaya yollarına özgü türlerin eklenmesiyle oluşur. Buna verilebilecek örneklerden birkaçı, trafiğe kapalı yollar, park içi yollar, alt ve üst geçitlerdir.

Yol adı özniteliği, yol parçalarının ait olduğu yolların isimlerini barındırır. Analiz sonuçlarından yol tarifi üretmekte kullanılır.

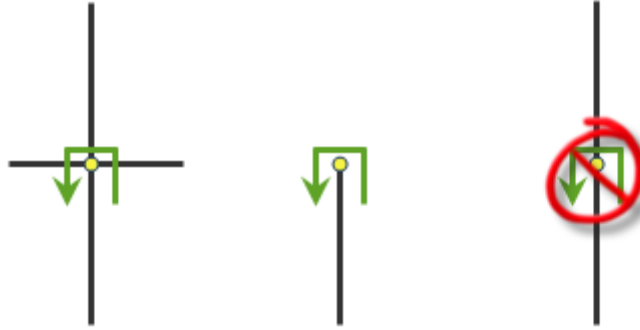
3.1.2 Taşıt Yol Ağlarında Dönüş Yasakları ve Maliyetleri

Yollarda uygulanmakta olan dönüş yasakları, dönüş yasağının türüne göre yol ağlarına değişik şekillerde uygulanabilir.

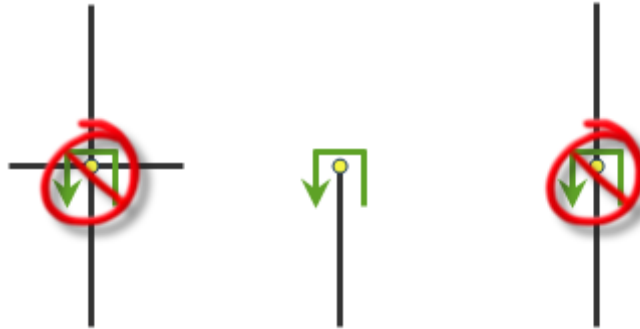
U dönüşü yasaklarının uygulanmasında kullanılan yöntemlerden biri, Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4’de çeşitli varyasyonlarının da görülebileceği gibi, U dönüşüne konu olacak düğüm noktasının işlevine göre sınıflara ayırıp (kavşak noktası, çıkmaz sokak uç noktası ve ara nokta) ona göre yasak belirlemektir.



Şekil 3.2 Düğüm noktasının işlevi ne olursa olsun dönüşü izin verilmiş durum (Esri, 2010)

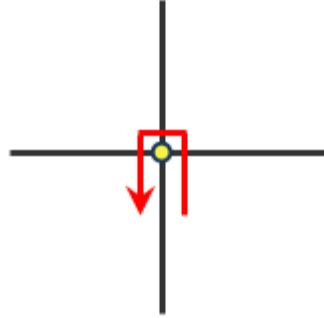


Şekil 3.3 Kavşak ve çıkmaz sokak noktasında U dönüşüne izin verilmiş durum (Esri, 2010)

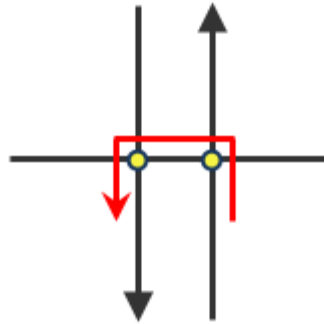


Şekil 3.4 Sadece çıkmaz sokaklarda U dönüşüne izin verilmiş durum

Dönüş yasaklarında kullanılan diğer bir yöntem ise dönüşleri geometrik olarak tanımlayan bir dönüş katmanı kullanmaktır. Buna gerek duyulmasının başlıca sebeplerinden biri, anlatılan ilk yöntemin ağın geneline uygulanmak zorunda oluşu, bir diğeryse bu yöntemin şekil 3.5'deki U dönüşünü engelleyebilmesine rağmen, Şekil 3.6'daki gibi dönüş durumlarını engelleyememesidir. Bu dönüşler ancak dönüş katmanı kullanılması halinde yasaklanabilirler.

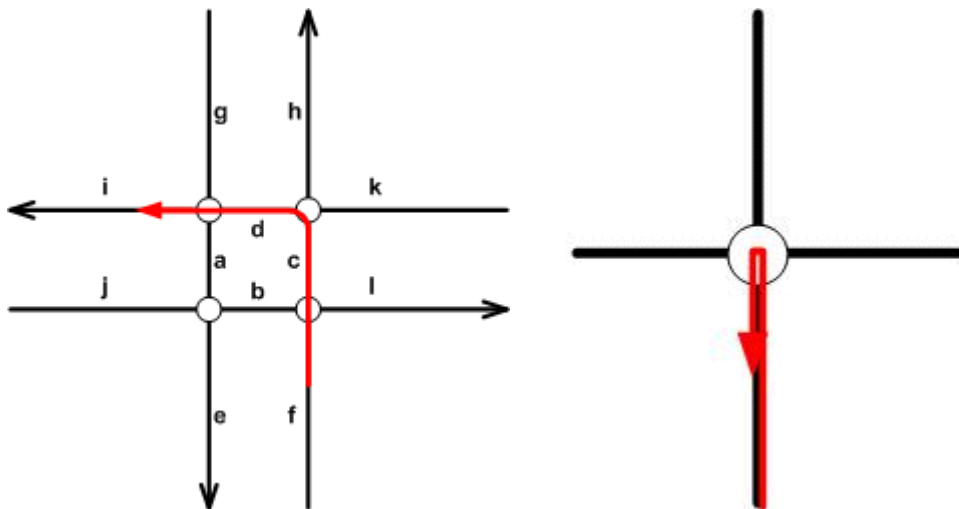


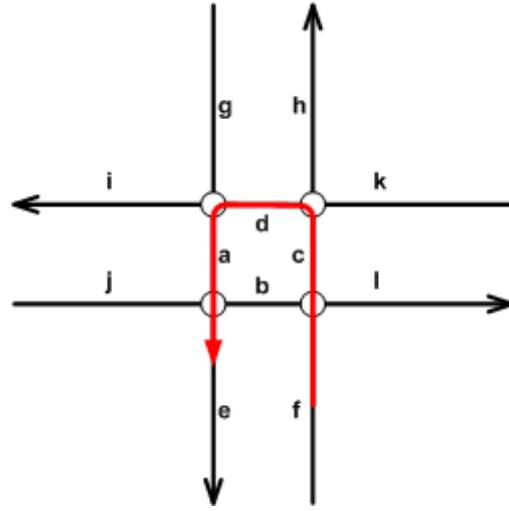
Şekil 3.5 Tek bir düğüm noktasında U dönüşü (Esri, 2010)



Şekil 3.6 Çok bağlantılı ve çok düğümlü U dönüşü (Esri, 2010)

Dönüş katmanları, ağlarda, kompleks dönüşleri tanımlayabilme yeteneğine sahiptirler (Şekil 3.7). Sadece dönüşleri yasaklamak için değil, bu dönüşlerle ilgili, analizin davranışlarını belirlemeye de yararlar.





Şekil 3.7 Dönüş katmanı vasıtasıyla tanımlanabilecek dönüş biçimleri örnekleri (Esri, 2010)

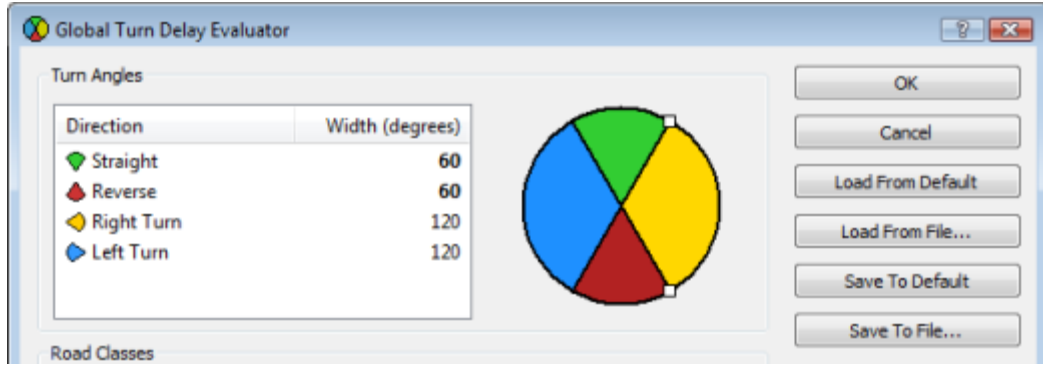
Dönüş katmanlarının ağ içerisinde dönüşleri tanımlayabilmeleri için tablolarında kullanılacak yazılıma göre değişen belirli alanları barındırmaları (Çizelge 3.2) ve bu alanların, yazılım desteğiyle girilmesi gerekir.

Çizelge 3.2 Arcgis network analyst’de üretilmiş bir dönüş katmanına ait öznitelik tablosu

Alan	Açıklama
ObjectID	Dönüş ID’si
Shape	Dönüş geometrisi
Edge1End	Dönüşün, ilk bağlantının sonundan veya başından başladığını belirtir.
Edge1FCID	Dönüşe ait ilk bağlantı çizgisinin sınıf ID’si
Edge1FID	Dönüşe ait ilk bağlantı çizgisinin ID’si
Edge1Pos	Bağlantının, dönüş içerisindeki diğer bağlantılara göre konumu
Edge2FCID	Dönüşe ait ikinci bağlantı çizgisinin sınıf ID’si
Edge2FID	Dönüşe ait ikinci bağlantı çizgisinin ID’si
Edge2Pos	Bağlantının, dönüş içerisindeki diğer bağlantılara göre konumu
Edge3FCID	Dönüşe ait üçüncü bağlantı çizgisinin sınıf ID’si
Edge3FID	Dönüşe ait üçüncü bağlantı çizgisinin ID’si
Edge3Pos	Bağlantının, dönüş içerisindeki diğer bağlantılara göre konumu

Dönüş katmanında, dönüşü simgeleyen çizgi, dönüşe ait bağlantılar ile birleştirilerek (snap) çizilir. Yazılım, bu çizginin birleşik olduğu bağlantıların ID’lerini ve dönüşünün içerisindeki sıraları gibi bilgileri öznitelik tablosuna yazar.

Bir diğer dönüş tanımlama tekniği ise, dönüşleri, yine bir yazılım ile açısal olarak tanımlamaktır. Şekil 3.8’de görülebileceği gibi, belirli açıların sağa, sola, geriye dönüşler olarak tanımlanmasıyla, dönüşlerin karakterlerine göre çeşitli kısıtlamalar ve maliyetler getirilebilmektedir.



Şekil 3.8 Açısal dönüş tanımlanması

Şekil 3.9'daki 2 durum, Şekil 3.8'deki açısal değerler de göz önüne alındığında, soldaki dönüş 30 derecenin altında olduğu için geri dönüş olarak, sağdaki dönüş ise 30 dereceden fazla olduğu için sola dönüş olarak tanımlanır. Kısıtlamalar ve maliyetler, bu tanımlamalar sonucunda dönüşlere atanır.



Şekil 3.9 Açısal dönüş tanımlanmasında geri dönüş ve sola dönüş örnekleri

3.2 Toplu Taşıma Ağları Gereksinimleri

Toplu taşıma ağları 3 temel alt gruba ayrılabilir. Bunlar, raylı hatlar, deniz hatları ve otobüs hatlarıdır. Türkiye'deki ulaşım sistemleri göz önünde bulundurulduğunda bu alt gruplara, minibüs, dolmuş gibi sistemler de eklenebilecek olmasına karşın, bu sistemlerin karakterlerindeki düzensizlikler sebebiyle bu çalışmanın dışında tutulmuştur.

3.2.1 Raylı Hatlar

Raylı hatların ağ analizine dâhil edilebilmeleri için temel olarak, iki nokta, iki de çizgi katmanına ihtiyaç vardır. Bunlar, sırasıyla; istasyon noktaları, istasyon giriş noktaları, transfer çizgileri (istasyon giriş noktasıyla istasyon noktasını birleştiren çizgiler) ve hat çizgileridir.

İstasyon noktaları, raylı hatlar üzerinde seyahat eden araçların, yaya iniş-biniş platformuyla ilişki kurduğu noktalardır. Hatların gidiş-geliş hatlarına ait platformlarının birbirleriyle karşılıklı olmadıkları durumlar hariç, her istasyon için tek bir istasyon noktası yeterlidir. İstasyon noktalarına ait temel öznitelik gereklilikleri, Çizelge 3.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 İstasyon noktalarına ait temel öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
Adı	Text	İstasyon adını belirtir.
Hat Türü	Text	Hattın türünü belirtir (tren, metro vb.).
Hat Adı	Text	İstasyonun ait olduğu raylı hattın adını belirtir.
Bekleme	Tam Sayı	Aracın istasyondaki bekleme süresini belirtir.

İstasyon giriş noktaları, yaya yollarını (yaya ve taşıtlar için tek bir katman kullanılıyorsa, her ikisini de) sadece raylı hattı kullanacak kullanıcı için ayrılmış olan yoldan (transfer çizgileri) ayıran noktalardır. Çoğu durumda, kullanıcıların taşıtları kullanmak için ücret ödediği noktalardır (bilet gişeleri, turnikeler, vb.). Ancak metro, tren istasyonu girişleri gibi yerlerde, şayet bu girişler raylı hatların kullanımı dışında bir amaca daha hizmet vermiyorsa (alt geçit, üst geçit gibi), istasyon giriş noktaları, kullanım amacının değiştiği yere atılmalıdır. İstasyon giriş noktalarına ait öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 İstasyon giriş noktalarına ait temel öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
Adı	Text	Girişin adını belirtir (varsa)
Hat Türü	Text	Hattın türünü belirtir (tren, metro vb.).
Hat Adı	Text	İstasyonun ait olduğu raylı hattın adını belirtir.
Ücret	Tam Sayı	Raylı hattın kullanım ücreti bilgisini belirtir.

Transfer çizgileri, istasyon giriş noktalarıyla istasyon noktalarını birleştiren yolları temsil eder. Yayaaların taşıtları bekleme maliyetlerinin ve girişten istasyona kadar yürümek için geçen zamanın sisteme tanımlanması için önem taşır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 Transfer çizgi katmanını oluşturan temel öznitelikler

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
İstasyon Adı	Metin	İstasyon adını belirtir.
Hat Türü	Text	Hattın türünü belirtir (tren, metro vb.).
Hat Adı	Text	Raylı ait olduğu raylı hattın adını belirtir.
Yaya Bekleme	Çift Duyarlı Sayı	Yayanın istasyondaki bekleme süresini belirtir.
Yaya Yürüme	Çift Duyarlı Sayı	Yayanın girişten platforma kadar yürüme süresini belirtir

Hat çizgileri, istasyonları birbirine bağlayan hatların sayısallaştırılmış halidir. Bu hat çizgileri, hattın gerçek geometrisine sadık kalınarak, geometrik olarak sayısallaştırılabileceği gibi (özellikle, tren, tramvay gibi yüzeyde seyahat edilen sistemlerde), geometriden yoksun olarak da (özellikle, metro, fönüküler gibi yer altından seyahat eden sistemlerde) ağı dahil edilebilirler. Burada, belirleyici olan etmen, kurulacak ağı kendine has gereksinimidir.

Hat çizgileri sayısallaştırılırken gidiş-geliş hatları birbirlerinden geometrik olarak farklı değilse (belirleyici etmen iki istasyon arasındaki uzunluklarının birbirinden farklı olup olmadığıdır) tek bir çizgiyle ifade edilir. Ray platformlarının birbirlerine paralelliklerinin ortadan kalktığı hatlarda ise gidiş ve dönüş hatları ayrı çizgilerle ifade edilir. Hat çizgileri katmanının barındırması gereken temel öznitelikler Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Raylı hatta ait çizgi katmanını oluşturan temel öznitelikler

Alan	Veri Türü	Uygulama
Seviye	Tam Sayı	Bağlantıların doğru kurulabilmesini sağlar.
Uzunluk	Çift Duyarlı Sayı	En kısa rotanın bulunmasını sağlar.
Hat Hızı	Tam Sayı	Seyahat zamanlarının hesaplanabilmesini sağlar.
Hat Zamanı	Çift Duyarlı Sayı	En hızlı rotanın bulunmasını sağlar.
Hat Türü	Metin	Hiyerarşi oluşturulmasını sağlar.
Hat Adı	Metin	Yol tarifinin yapılabilmesini sağlar.

3.2.2 Deniz Hatları

Deniz hatlarının ağı dahil edilebilmeleri için gereken katmanlar; limanların ve iskelelerin geometrik konumlarının sayısal ifadesi olan bir iskele noktaları katmanı, iskele giriş noktası katmanı, iskele girişiyle iskele noktasını birbirine bağlayan transfer çizgisi katmanı ve bu iskeleleri birbirine bağlayan hat katmanıdır.

İskele noktaları katmanındaki noktaların, yolcuların deniz hattındaki araca iniş-biniş yaptıkları platform noktası, iskele giriş noktalarının ise hattın kullanım ücretlerinin ödendiği nokta olması uygundur. Ancak ücret ödenen noktaya ulaşılmadan evvel, hattı kullanabilmek için yürünmesi gereken özel bir yol (alt geçit veya üstgeçit gibi) varsa giriş noktalarının, buraların önüne konması gereklidir. Bunun sebebi, giriş noktasına sahip diğer hatlar gibi, sistemin, ağ analizi yaparken, sadece bu hattın kullanımına yönelik olan yollara, bu sistemi kullanması gerekli olmayan kullanıcıyı yönlendirmesini engellemektir. İskele noktaları ve iskele giriş noktalarına ait öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 İskele noktaları katmanına ait öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
Adı	Metin	İskele adını belirler.
Hat Türü	Metin	Hattın türünü belirler (deniz otobüsü, şehir hatları vb.).
Bekleme	Tam Sayı	Taşıtın iskeledeki bekleme süresini belirler.

Çizelge 3.8 İskele giriş noktaları katmanına ait öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
Giriş Adı	Metin	Giriş adını belirler (varsa)
Hat Türü	Metin	Hattın türünü belirler (deniz otobüsü, şehir hatları vb.).
Ücret	Tam Sayı	Ücret bilgisini belirtir

Transfer çizgileri katmanı, iskele noktalarıyla iskele girişi noktalarını birbirine bağlayan çizgilerden oluşur. Yayaların iskele girişinden taşıta binecekleri platforma kadar olan yürüyüş süreleri ve taşıtı bekleme süreleri bu katmanda belirtilir. İskele girişini iskele noktalarına bağlayan transfer çizgilerine ait öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 Transfer çizgileri katmanına ait öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
İskele Adı	Metin	İstasyon adını belirtir.
Hat Türü	Text	Hattın türünü belirtir (deniz otobüsü, şehir hatları vb.).
Yaya Bekleme	Çift Duyarlı Sayı	Yayanın iskeledeki bekleme süresini belirtir.
Yaya Yürüme	Çift Duyarlı Sayı	Yayanın girişten iskeleye kadar yürüme süresini belirtir

Deniz hatlarının hat çizgileri katmanı, iskeleleri birbirine bağlayan çizgilerin oluşturduğu katmandır. Bu çizgilerin geometrisinin, belirleyici bir önemi yoktur, hatta metro hatlarında olduğu gibi mantıksal ağlar şeklinde de düzenlenebilirler. Ancak hatların görselleştirmesi için gerekli olduğundan geometrik olarak da sisteme dâhil edilmeleri uygundur. Hat çizgileri katmanının öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Hat çizgileri katmanının öznitelik gereksinimleri

Alan	Veri Türü	Uygulama
Seviye	Tam Sayı	Bağlantıların doğru kurulabilmesini sağlar.
Uzunluk	Çift Duyarlı Sayı	En kısa rotanın bulunmasını sağlar.
Hat Hızı	Tam Sayı	Seyahat zamanlarının hesaplanabilmesini sağlar.
Hat Zamanı	Çift Duyarlı Sayı	En hızlı rotanın bulunmasını sağlar.
Hat Türü	Metin	Hiyerarşi oluşturulmasını sağlar.
Hat Adı	Metin	Yol tarifinin yapılabilmesini sağlar.

3.2.3 Otobüs Hatları

Ulaşım ağlarının içinde önemli yer tutan otobüs hatlarının sisteme dâhil edilebilmesi için 2 temel katmana ihtiyaç vardır. Bunlar; otobüs hatlarını oluşturan çizgi katmanı ve otobüs duraklarını oluşturan nokta katmanıdır.

Hatların güzergâhlarından oluşan çizgi katmanı geometrik olarak, üzerinde gittiği yol ağının kopyası olabileceği gibi, yol ağından bağımsız bir geometriye de sahip olabilir. Ancak her iki durumda da durakların geometrik olarak hem yol ağının hem de otobüs hattının üzerinde bulunması gerekir. Ağ analizinde yol ağı ve otobüs hatları arasındaki ilişki bu duraklar sayesinde kurulur. Otobüs hatlarında kullanılacak çizgi katmanının öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.11 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11 Otobüs hat çizgileri katmanının öznitelik gereksinimleri

Alan	Veri Türü	Uygulama
Hat Adı	Metin	Yol tarifiinin yapılabilmesini sağlar.
Uzunluk	Çift Duyarlı Sayı	En kısa rotanın bulunmasını sağlar.
Hat Hızı	Tam Sayı	Seyahat zamanlarının hesaplanabilmesini sağlar.
Hat Zamanı	Çift Duyarlı Sayı	En hızlı rotanın bulunmasını sağlar.

Otobüs duraklarına ait nokta katmanındaki noktalar, bağlantıların düzgün kurulabilmesini sağlamak için, hat çizgilerinin uç noktalarına yapışık olmalıdır. Yani ardışık her 2 durak arasında, o hatta ait tek bir hat çizgisi olmalıdır. Ayrıca bu duraklar taşıt yol ağı üzerindeki bir uç ya da kırık noktaya yapışık olmalıdır. Otobüs durak noktalarına ait öznitelik gereksinimleri Çizelge 3.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 Otobüs durak noktaları katmanının öznitelik gereksinimleri

Alan	Öznitelik Türü	Uygulama
Durak Adı	Metin	Durak adını belirler.
Bekleme	Tam Sayı	Taşıtların duraktaki bekleme süresini belirler.

3.3 Standartlar

Ulaşım ağlarıyla ilgili standart üreten ve belirleyen pek çok kurum ve kuruluş vardır. Bunlardan başlıcaları ISO, OGC ve INSPIRE’dir.

3.3.1 ISO (International Organization for Standardization)

Son yıllarda ISO’nun “Coğrafi Bilgi” alanında oluşturduğu ISO/TC 211 komitesi; coğrafi bilgi ortamında dijital veri yönetimi için yöntem ve araçları, farklı kullanıcılar arasında dijital ortamda verinin elde edilmesi, islenmesi, analizi, erişimi ve sunumu için standartları belirlemektedir. ISO/TC 211 teknik komitesi; Coğrafi Bilgi’nin kullanılabilirliğini artırmak, Coğrafi Bilgi’ye erişimi ve paylaşımı artırmak, Dijital Coğrafi Bilgi’nin ve ilgili yazılım/donanım sistemlerinin etkin ve ekonomik kullanımını olanaklı hale getirmek, Küresel ekolojik ve insanlık problemlerin çözümünde bütünleşik bir yaklaşım sağlamayı amaçlamaktadır (Aydınoglu, 2007). ISO’nun 190xx serisi standartlarının pek çoğu ulaşım ağlarının standardizasyonu konusunun içinde yer alır.

3.3.2 Inspire (Infrastructure for Spatial Information in the European Community)

Proje, 15 Mayıs 2007 tarihinde, Avrupa Birliği parlamentosunca kabul edilen INSPIRE Direktifi ile başlamıştır. Söz konusu direktif, AB üyesi ülkelerinin, Coğrafi veri Altyapılarını INSPIRE Direktifine uygun olarak düzenlemelerini öngörmektedir. Proje, AB üyesi ülkelerin temsilcilerinden oluşan INSPIRE komitesince yürütölmektedir. Projede ISO ve OGC standartları kullanılmaktadır. (Türksat, 2008)

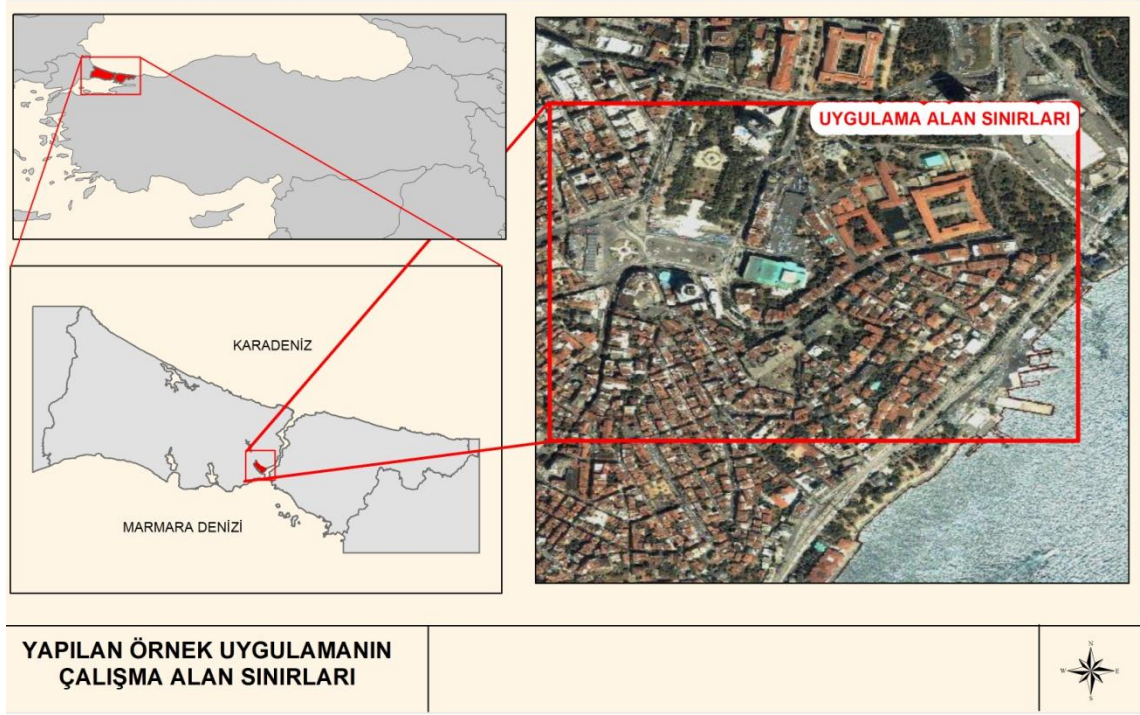
Inspire'ın D2.8.I.7 kodlu kılavuzu (INSPIRE Data Specification on Transport Networks Guidelines) ulaşım ağlarına ilişkin AB standartlarını belirler. Bu kılavuz, Avrupa Birliğinin değişik bölgelerinden uzmanlar tarafından oluşan Ulaşım Ağları Tematik Grubu tarafından oluşturulmuştur. ISO'nun 190xx serisi standartlarının pek çoğunun harmanlanmasından oluşur.

3.3.3 OGC

Open Geospatial Concoortium (OGC), farklı yazılım ve donanım platformlarında Coğrafi Bilgi'nin paylaşımı ve birlikte çalışabilirliğe yönelik doğrudan sektör odaklı standartlar üretmektedir (Aydinoğlu, 2007). Bu standartlar ISO tarafından, daha sonra da INSPIRE tarafından kabul edilmektedir.

4. CBS-U UYGULAMASI

Bu çalışmada, İstanbul ili, Beyoğlu ilçesinde, birden fazla toplu taşıma sistemi içeren bir bölgede, ağ analizi uygulaması yapılmıştır. Seçilen bölgenin, çok modlu (multimodal) ağ kurulumunun pek çok özelliğini bir arada barındırmasına özen gösterilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çalışma alanı

4.1 Veri Düzenleme

Bu bölümde, çalışmanın, veritabanının oluşturulmasından, ağın kurulmasına hazır hale getirilmesine kadar olan süreç açıklanmıştır.

4.1.1 Veritabanının Oluşturulması

Ağın oluşturulması için gereken katmanlara zemin hazırlayacak olan veritabanı, ArcCatalog programının 9.3.1 versiyonu yardımıyla oluşturulmuştur. Ardından, kullanılacak veri seti yine aynı yazılım vasıtasıyla veritabanının içinde oluşturulmuştur. Koordinat sistemi olarak, verilerin bir kısmının sağlandığı İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Coğrafi Bilgi Sistemi Müdürlüğü'nün kullandığı ED50 UTM Zone 35N kullanılmıştır. Kullanılan koordinat sisteminin detayları (Şekil 4.2)'de gösterilmiştir.

```

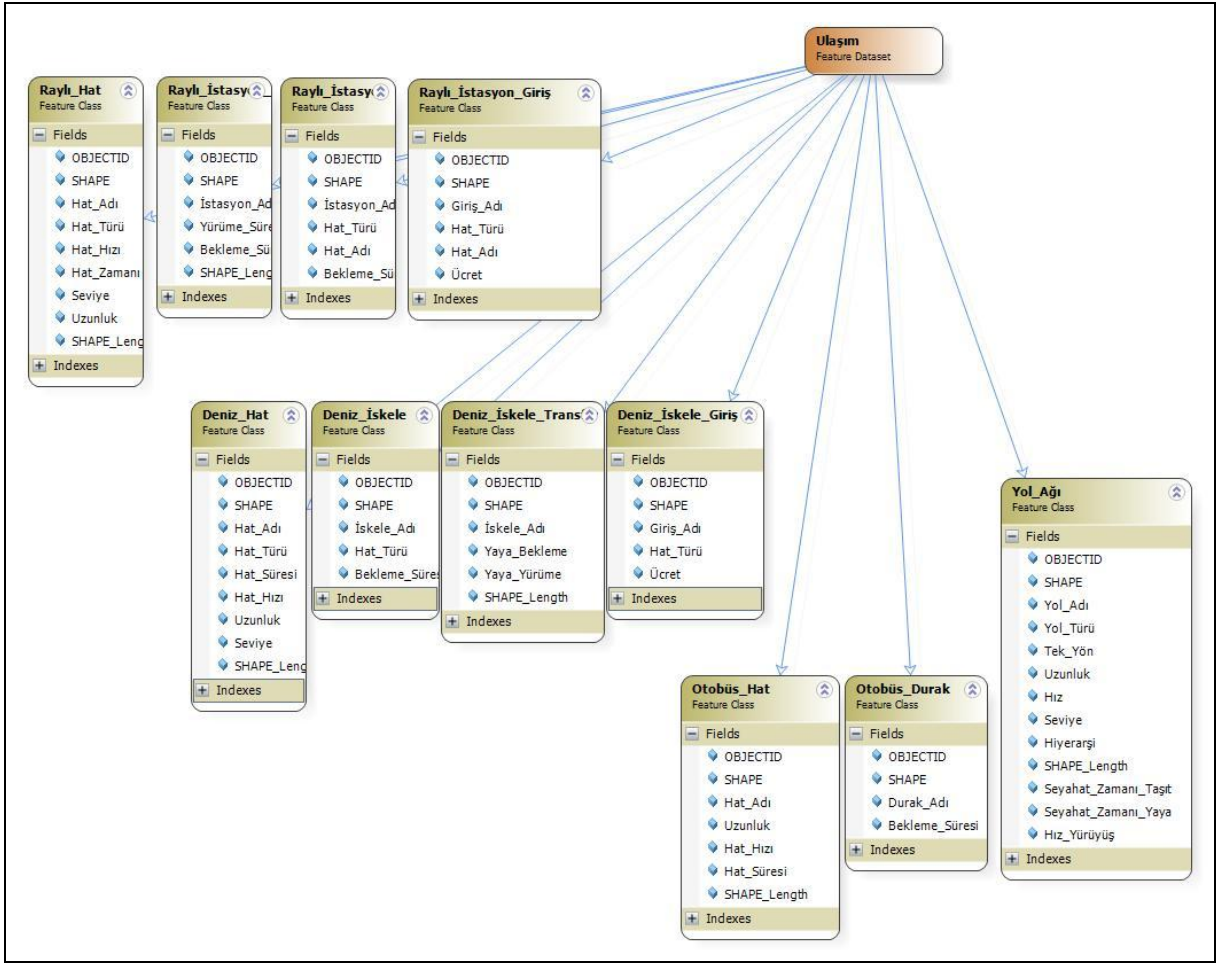
Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 500000,000000
False_Northing: 0,000000
Central_Meridian: 30,000000
Scale_Factor: 1,000000
Latitude_Of_Origin: 0,000000
Linear Unit: Meter (1,000000)
Geographic Coordinate System: GCS_European_1950
Angular Unit: Degree (0,017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich (0,000000000000000000)
Datum: D_European_1950
Spheroid: International_1924
Semimajor Axis: 6378388,000000000000000000
Semiminor Axis: 6356911,946127946500000000
Inverse Flattening: 297,000000000000000000

```

Şekil 4.2 Veri setinde kullanılan koordinat sisteminin detayları

Veri setinin oluşturulmasının ardından, ArcGIS Diagrammer yazılımı kullanılarak, ağ için katmanlar oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Katmanların sahip olması gereken öznitelikler ve türleri, Bölüm 3’de detaylı olarak anlatılmıştır. Oluşturulan katmalar şöyle sıralanabilir;

- Yol Ağı (çizgi)
- Raylı Hat (çizgi)
- Raylı İstasyon (nokta)
- Raylı Giriş (nokta)
- Raylı Transfer (çizgi)
- Deniz Hat (çizgi)
- Deniz Giriş (nokta)
- Deniz İskele (nokta)
- Deniz Transfer (çizgi)
- Otobüs Hat (çizgi)
- Otobüs Durak (nokta)



Şekil 4.3 Katman yapısı

4.1.2 Topoloji Kurulması

Veritabanının, veri setinin ve katmanların oluşturulmasının ardından, bağlantıların düzgün bir şekilde çalışabilmesi için katmanlar içinde ve katmanlar arasında topoloji kurulmuştur. Topoloji kurarken kullanılacak kuralların seçimi, topolojinin işlevini yerine getirmesi bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışmada kullanılan kurallar şöyle şunlardır;

- Yol Ağı çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Raylı İstasyon noktaları Raylı Hat çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı İstasyon Giriş noktaları Raylı İstasyon Transfer çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı İstasyon Giriş noktaları Yol Ağı çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı Hat çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Raylı İstasyon Transfer çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Deniz İskele noktaları Deniz İskele Transfer çizgilerinin ucunda olmalı.
- Deniz İskele noktaları Deniz Hat çizgilerinin uç noktasında olmalı.
- Deniz İskele Giriş noktaları Yol Ağı çizgilerinin ucunda olmalı.
- Deniz İskele Transfer çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Deniz Hat çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Otobüs Durak noktaları Yol Ağı çizgilerinin üzerinde olmalı
- Otobüs Durak noktaları Otobüs Hat çizgilerinin ucunda olmalı

4.2 Veri Yükleme ve Veri Oluşturma

Topoloji kurallarının oluşturulmasının ardından veri oluşturulma işlemlerine başlanmıştır. Verilerin oluşturulması ve düzenlenmesinde ArcGIS 9.3.1 yazılımı kullanılmıştır. Yapılan çizimlere altlık olarak 2007 yılına ait hâlihazır harita ve 2009 yılına ait ortofoto görüntüleri kullanılmıştır.

Çift yön olan ve refüjle ayrılmamış yollar tek bir çizgiyle, refüjle ayrılmış çift yönlü yollar, yol yönüne göre ayrılmış iki çizgi ile sayısallaştırılmıştır. Tek yönlü yolların sayısallaştırılması ise tek bir çizgi ile yapılmıştır.

Sayısallaştırma sırasında, sayısallaştırma yönüne dikkat edilmiştir. Tek yön yolların akış yönü, sayısallaştırma yönü olduğu durumlarda (Şekil 4.3) “Tek Yön” değeri olarak “FT”, sayısallaştırma yönünün tersi olduğu durumlarda (Şekil 4.4) “TF” girilmiştir. Yolun çift yön olduğu durumlarda “Tek Yön” özneliği boş bırakılmıştır. Yol trafiğe herhangi bir sebepten kapalıysa veya sadece yayalara özel bir yolsa, “Tek Yön” özneliği olarak “N” girilmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.3 Trafik yönünün sayısallaştırma yönüyle aynı olduğu durum

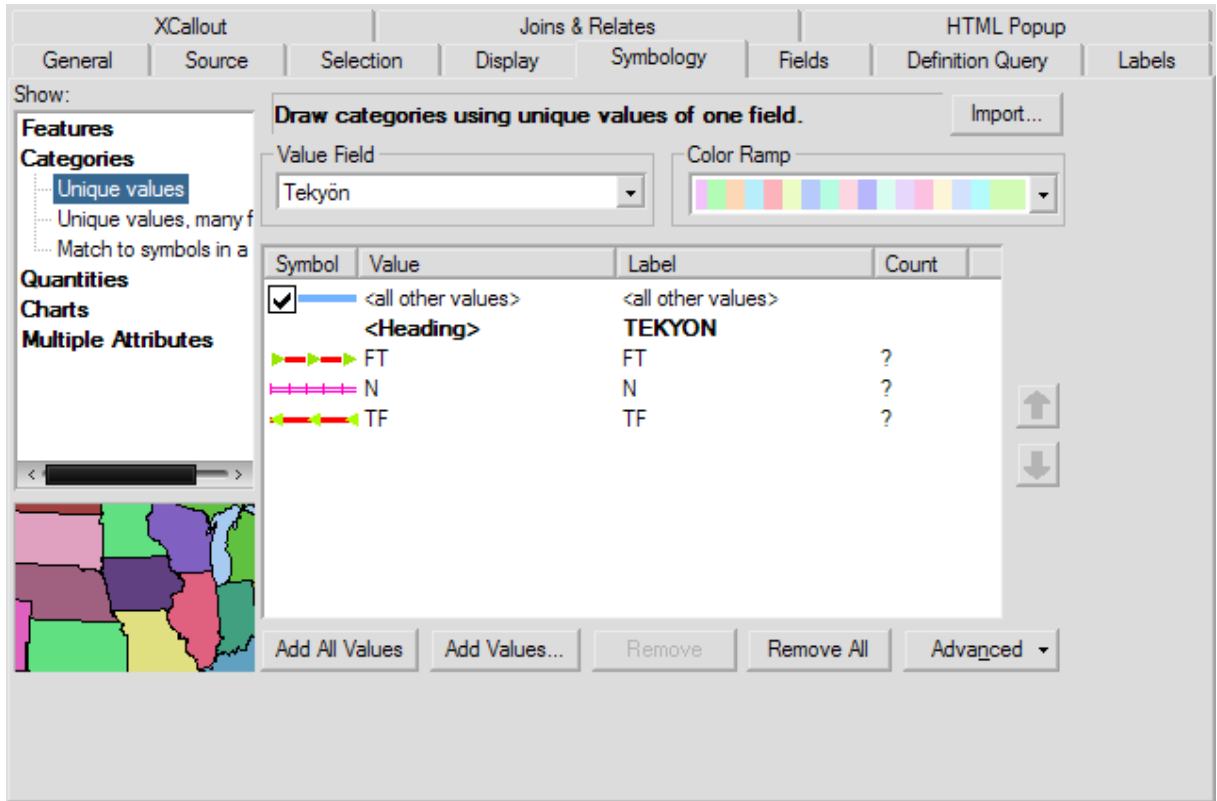


Şekil 4.4 Trafik yönünün sayısallaştırma yönüyle zıt olduğu durum

Çizelge 4.1 Tek yön özniteliği bilgi çizelgesi

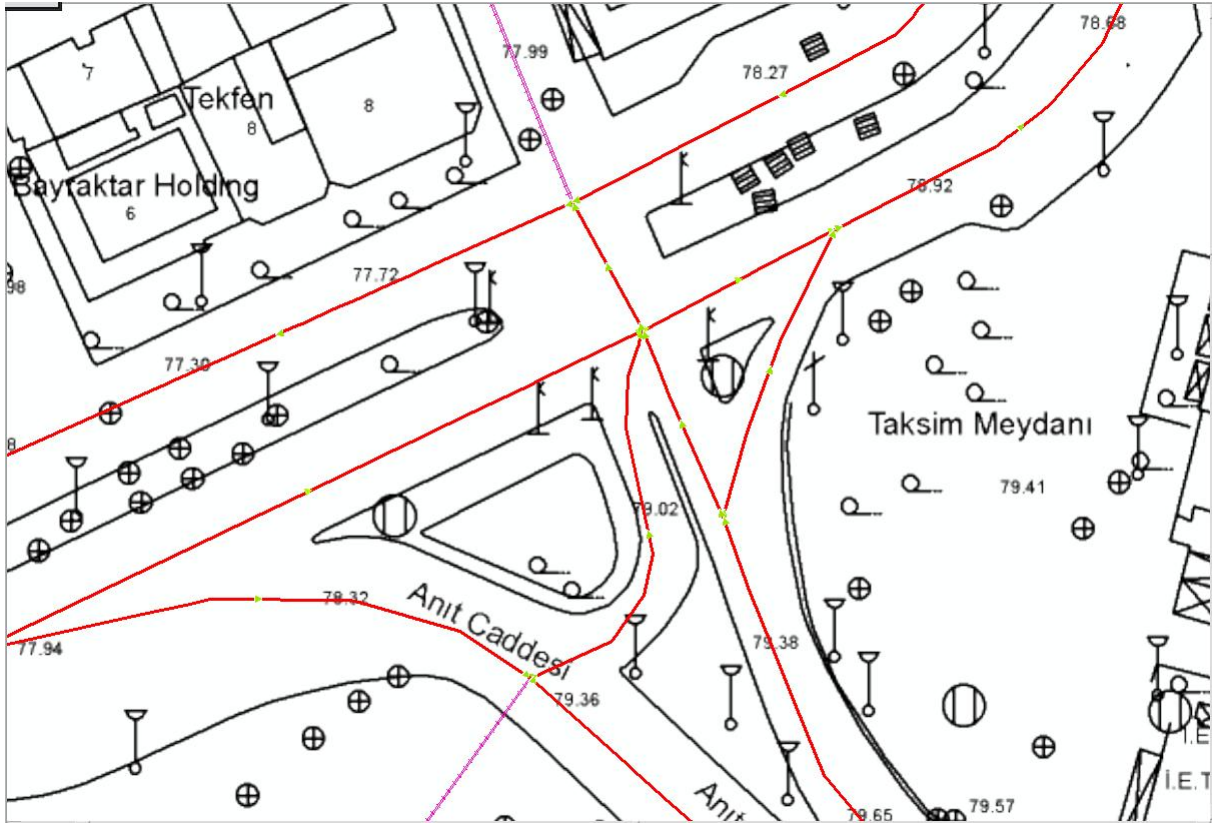
Yol Adı	Tek Yön	Açıklama
ABC sk.	FT	Trafik yönü sayısallaştırma yönüyle aynı
BCD sk.	TF	Trafik yönü sayısallaştırma yönüyle zıt
CDE sk.	<boş>	Yol çift yönlü
DEF sk.	N	Trafiğe kapalı veya yaya yolu

Sayısallaştırma esnasında, yol yön bilgilerinin ekrana yansıyor operatörün işini kolaylaştırması için sembolojinin, Tek Yön alanındaki değerlere göre görüntülenmesi sağlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Yazılımda, sembolojinin “Tek Yön” alanındaki değerlere göre değiştirilmesi

Sayısallaştırma işleminde, yazılımın birleştirme (snapping) özelliğinin açık olması çok önemlidir. Yol parçaları, hat parçaları, transfer çizgileri birbirlerine uç noktalarından bağlı olmalıdır. İstasyon, iskele, durak ve giriş noktaları ise çizgi katmanlarının ya uç noktalarına ya da kırık noktalarından (vertex) birinin üzerinde olmalıdır (Şekil 4.6). Bu sebeple sayısallaştırma işlemi yapılırken; yazılımın gerekli *Snapping* özellikleri açık tutulmuştur.



Şekil 4.6 Sayısallaştırılmış veriden örnek görüntü

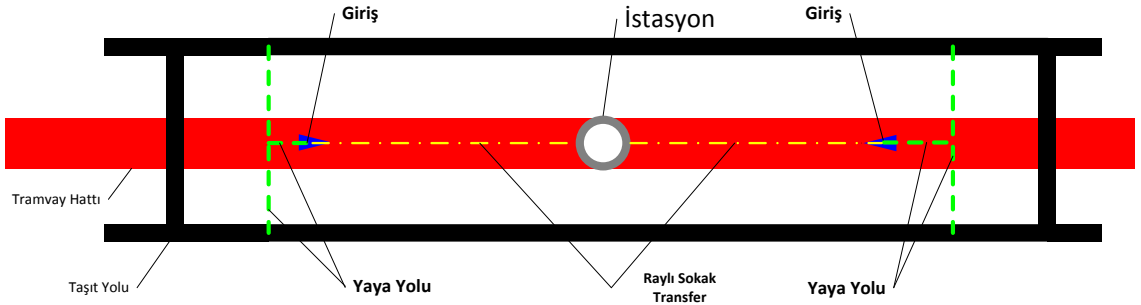
Yol'a ait hız bilgileri, sensör verileri ve arazi çalışmaları gibi farklı kanallardan elde edilebilirler. Ancak bu çalışmada, böyle bir kaynak kullanımı mümkün olmadığından yol hızları için yolların türü göz önünde bulunarak tahmini değerler kullanılmıştır. Yol parçalarına ait süreler de bu yol hızlarına bağlı olarak hesaplanıp, gerekli alanlara veri girilmiştir. Hızlar ve süreler için varsayılan değerler çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Varsayılan değerler ve çizgilerin uzunluğu baz alınarak süre hesaplanması yapılmıştır.

Çizelge 4.2 Varsayılan değerler

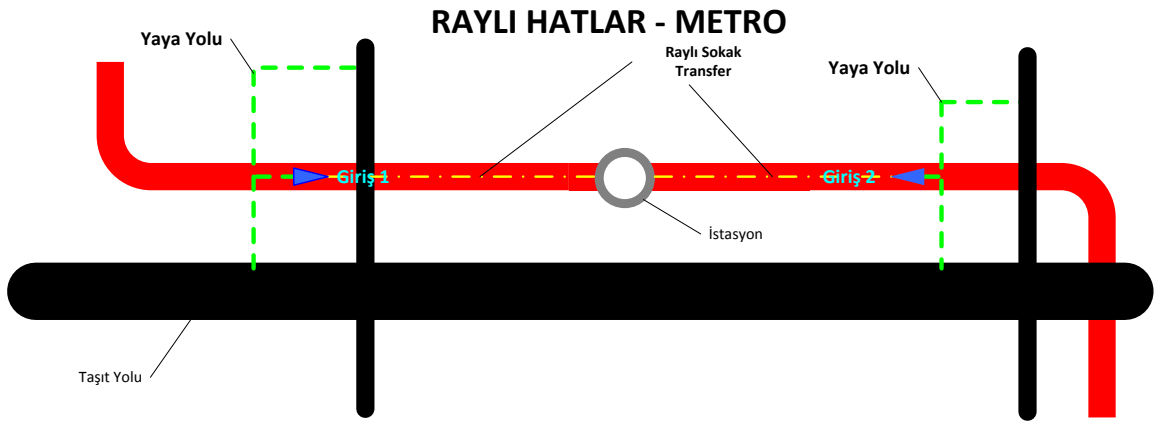
Yaya Hızı	3 km/saat
Taşıt Hızı (Sokak)	25 km/saat
Taşıt Hızı (Cadde)	40 km/saat
Feniküler Giriş-Çıkış Süreleri	2dk
Feniküler Seyahat Süresi	2.5dk

Raylı hatların sayısallaştırması aşamasında, raylı hattın bulunduğu konuma göre kendine has gereksinimler olabilmektedir.

Raylı hatlarda yayaların yürümeye başladıkları yol, taşıt yolundan bir noktadan sonra ayrılır. Giriş noktasına (pek çok durumda turnike noktasına) gelindiğinde ise yaya, yaya yolundan artık sadece raylı hatta ait olan transfer yoluna geçiş yapmış olur. Yayanın raylı hatta geçiş yaptığı (bindiği) nokta ise istasyon noktasıdır (Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9). Burada dikkat edilmesi gereken nokta, sistemin raylı hattın kullanımından bağımsız olduğu ve bağımlı olduğu alanların birbirinden ayrımının dikkatli yapılmasıdır. Örneğin; sadece metroya açılan bir altgeçidin içerisindeki yol, yaya analizine yaya yoluymuş gibi sokulması halinde, orayı baz alarak yapılan bir analizin sonucunun hatalı çıkmasına yol açacaktır.

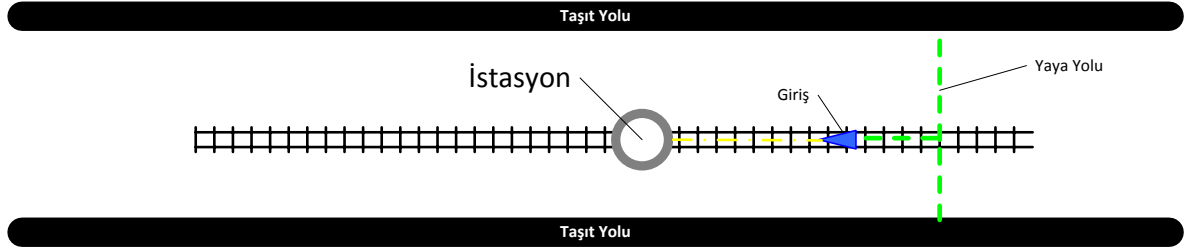


Şekil 4.7 Tramvay hatlarının sayısallaştırma çizimi



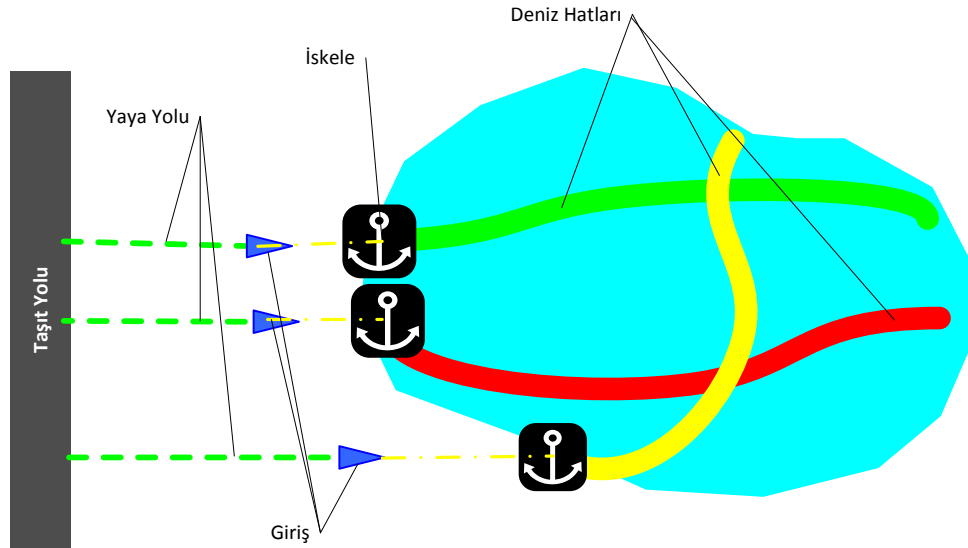
Şekil 4.8 Metro hatlarının sayısallaştırma çizimi

RAYLI HATLAR - TREN



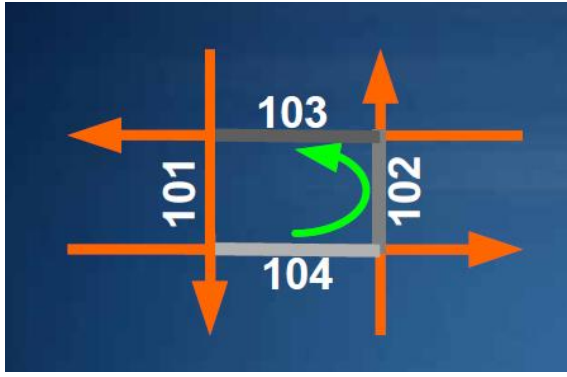
Şekil 4.9 Tren hatlarının sayısallaştırma çizimi

Deniz hatlarının da sayısallaştırılıp ağa dâhil edilmesinde de benzer kaygılar söz konusudur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Tren hatlarının sayısallaştırma çizimi

Dönüş katmanı, bu çalışmanın, Taşıt Yol Ağlarında Dönüş Yasakları ve Maliyetleri bölümünde de anlatıldığı gibi, ağlarda kompleks dönüşleri tanımlamaya yararlar. Tanımlanmış dönüşlere çeşitli yasaklar ve maliyet değerleri atanabilir. Şekil 4.11’ de bir dönüş elemanının geometrisi ve ona ait tablonun içeriği gösterilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, dönüş çizgisinin, 104,102 ve 103 numaralı bağlantıları (yol parçaları) dönüş elemanı olarak tanıyabilmesi için, her 3 bağlantıya da teğet noktasının bulunması gereklidir. Bu yüzden, dönüş çizgileri çizilirken, yazılımın “Edge Snap” özelliği bu gereksime göre ayarlanmıştır (Şekil 4.12).



Öznitelik	Değer
Object ID	1
Shape	Polyline
Edge1End	Y
Edge1FCID	42
Edge1FID	104
Edge1Pos	0.5
Edge2FCID	42
Edge2FID	102
Edge2Pos	0.6
Edge3FCID	42
Edge3FID	103
Edge3Pos	0.4

Şekil 4.11 Dönüş çizgisi ve öznitelik bilgileri



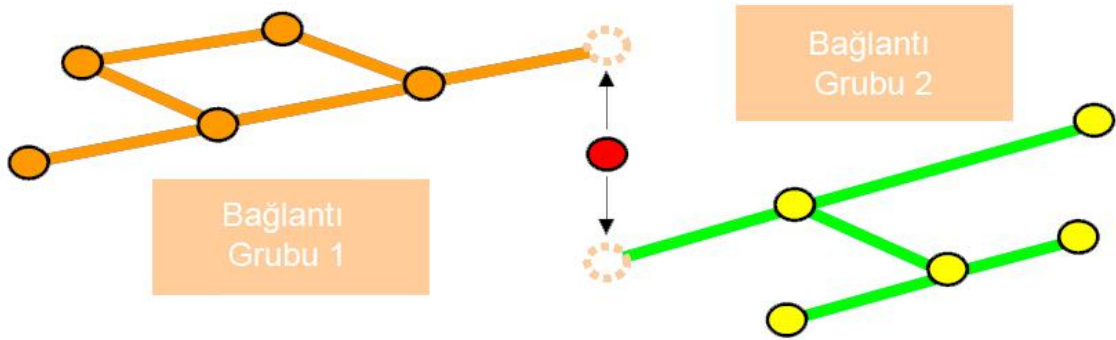
Şekil 4.12 Çalışmadaki dönüş çizgilerinden bir örnek

4.3 Ağ Kurulumu

Ağ kurulumu kavramından kasıt, ağı oluşturan katmanlar kullanılarak, üzerinde analizlerin yapılabileceği, düğüm ve bağlantı tablolarından oluşan ağ veri setinin yaratılmasıdır. Bunun yapılabilmesi için gereken 2 temel aşama; bağlantırlık kurallarının belirlenmesi ve ağ veri setini oluşturacak özniteliklerin hesaplanmasıdır.

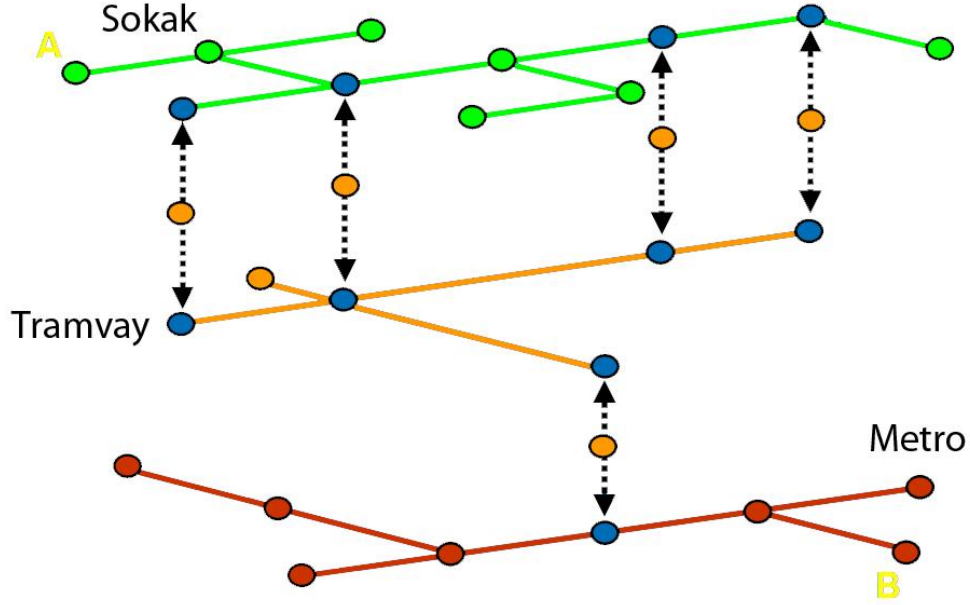
4.3.1 Bağlanırlık

Bağlanırlık, düğümlerin ve bağlantıların birbirlerine hangi koşullar altında bağlanabileceklerini açıklayan kurallardır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 İki bağlantı grubunun birbirleri ile ilişkisi

Özellikle birden fazla ağın bir araya gelmesinden oluşan ağlarda bu kurallar oldukça önem taşır (Şekil 4.14).

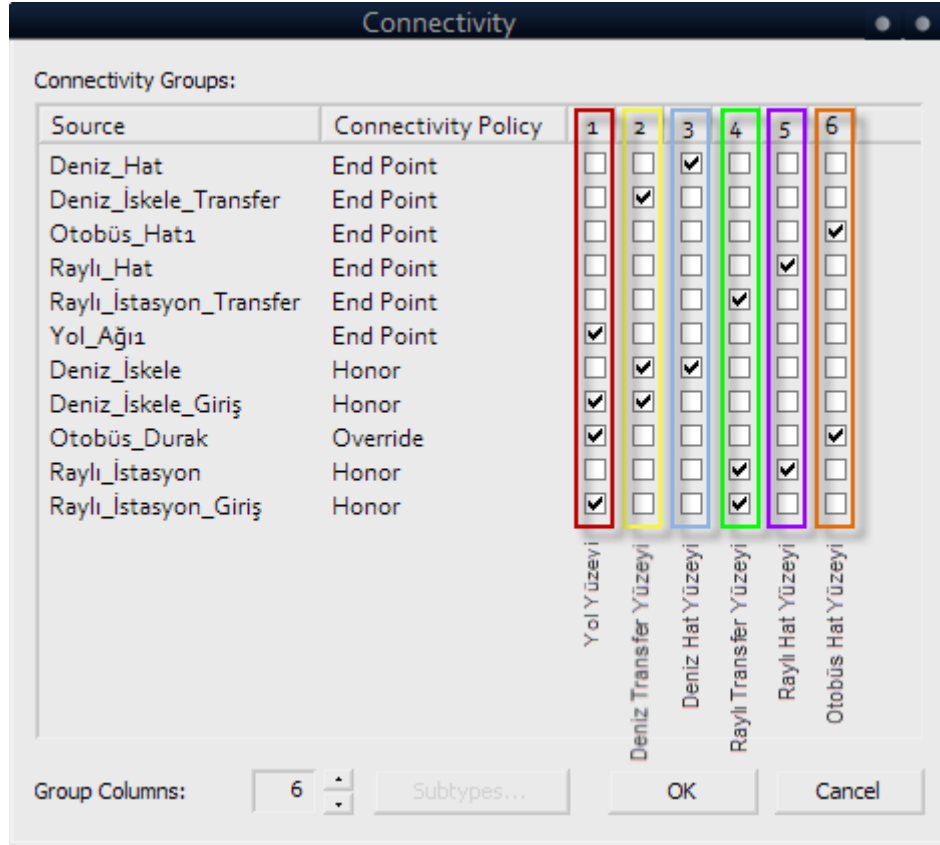


Şekil 4.14 Yol, tramvay ve metrodan oluşan ağ bağlantılarını gösteren şekil

Bu çalışmada kullanılan 11 katmanın birbirleriyle hangi bağlantı kuralı çerçevesinde bağlantı kurdukları Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Burada, katmanların adları, bağlantı kuralı ve bağlantı yüzeyleri görülmektedir. Bu çalışmada 6 bağlantı yüzeyi tanımlanmıştır. Bunlar;

- Yol yüzeyi
- Otobüs hat yüzeyi
- Deniz transfer yüzeyi
- Deniz hat yüzeyi
- Raylı transfer yüzeyi
- Raylı hat yüzeyi

Çalışmada, 3 ayrı bağlantı kuralı kullanılmıştır. Çizgi katmanları, birbirleriyle sadece uç noktalarında bağlantı kuracak şekilde End Point kuralıyla bağlanmıştır. Çizgi katmanları arasındaki bağlantıyı sağlayan nokta katmanları ise, çizgi katmanlarının uç noktalarında olmak zorunda olduğu durumlarda Honor kuralıyla, çizgi katmanının üzerindeki kırık noktalarından bağlantı kurabilecekleri durumda ise Override kuralı uygulanmıştır.



Şekil 4.15 Bağlantı şeması

4.3.2 Ağ Veri Setinin Özellikleri

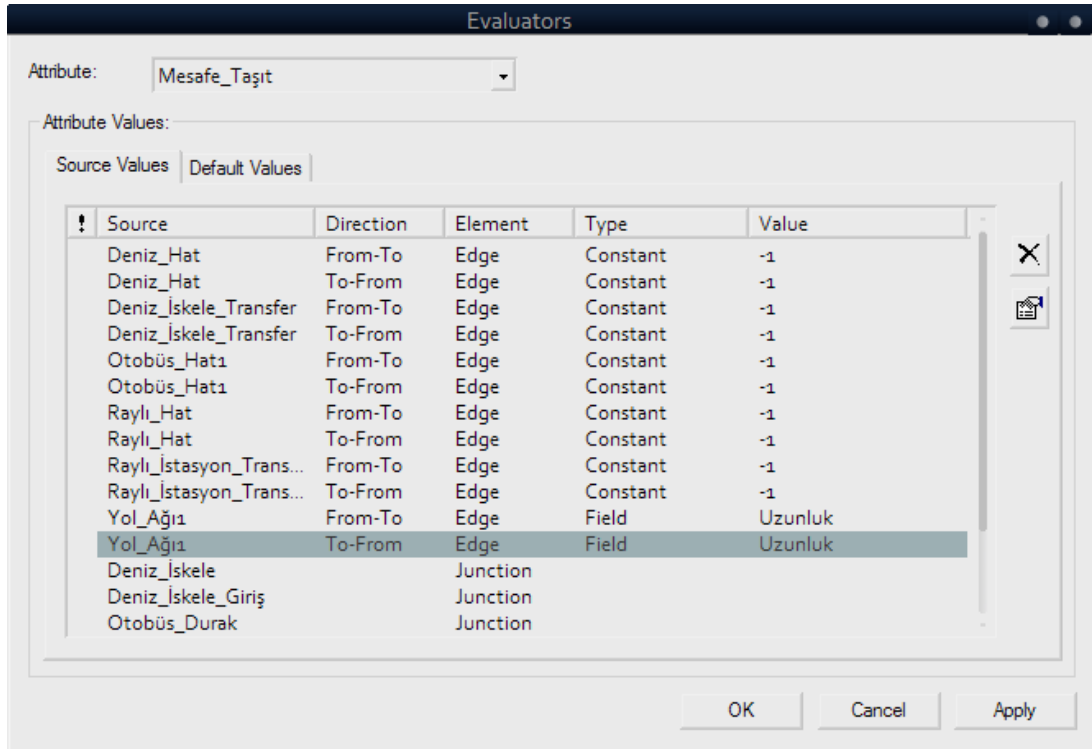
Ağ kurulumunun bu aşamasında, ağ elemanlarının tablolarında bulunan özelliklerin, kurulum sonucunda oluşacak ağ veri setine nasıl dahil edileceğinin kuralları belirlenip, bu özellikler yazılım vasıtasıyla sisteme aktarılmıştır.

Öncelikle ağ veri setinde kullanılacak özellikler belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan özellikler Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Ağ veri setinde kullanılan öznitelikler

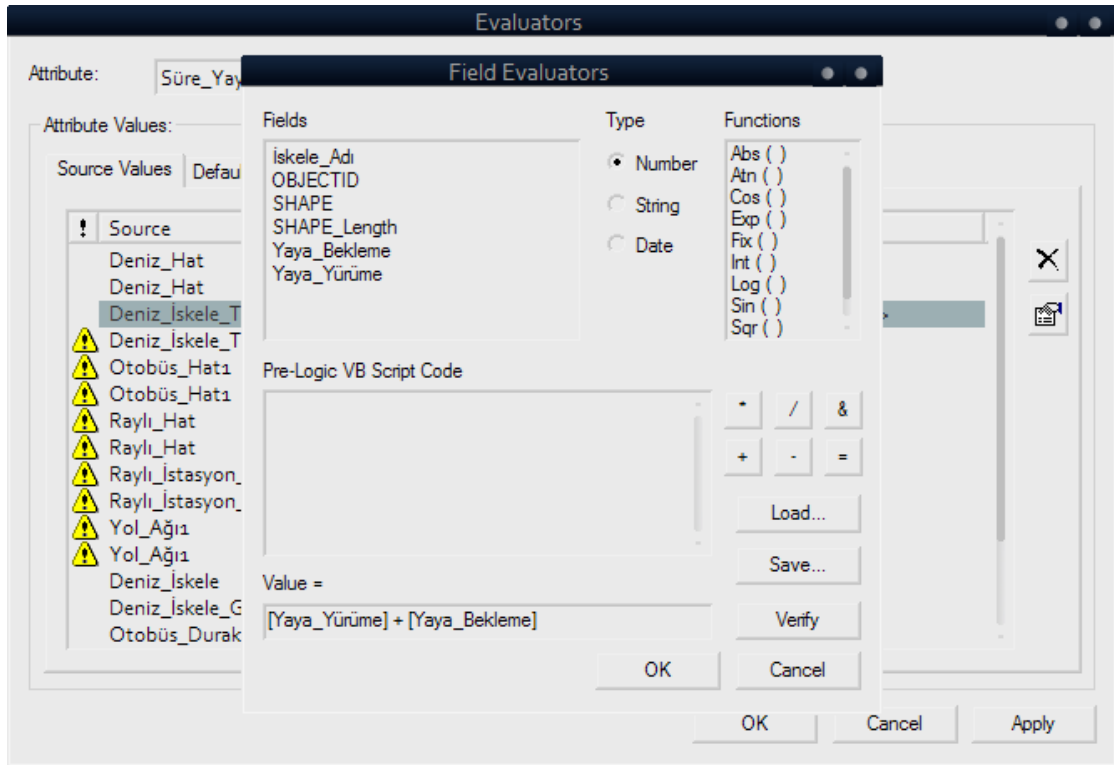
Öznitelik	Kullanım	Açıklama
Mesafe Yaya	Maliyet	Yaya yürüyüş mesafesi
Mesafe Toplu Ulaşım	Maliyet	Yaya, toplu ulaşım kullandığında mesafe
Mesafe	Maliyet	Taşıt için mesafe
Süre Yaya	Maliyet	Yaya yürüyüş süresi
Süre Toplu Ulaşım	Maliyet	Yaya, toplu ulaşım kullandığında süre
Tek Yön	Kısıtlama	Taşıtlar için tek yön kısıtlaması
Dönüş	Kısıtlama	Taşıtlar için dönüş kısıtlaması

Kullanılacak özniteliklerin belirlenmesinin ardından, bu özniteliklerin oluşturulması için gerekli parametreler yazılım ile sisteme tanıtılmıştır. Bunu sağlamak için, oluşturulacak her öznitelik için ayrı ayrı, hangi katmandan hangi özneliği ne şekilde kullanması gerektiği belirlenmiştir (Şekil 4.16).



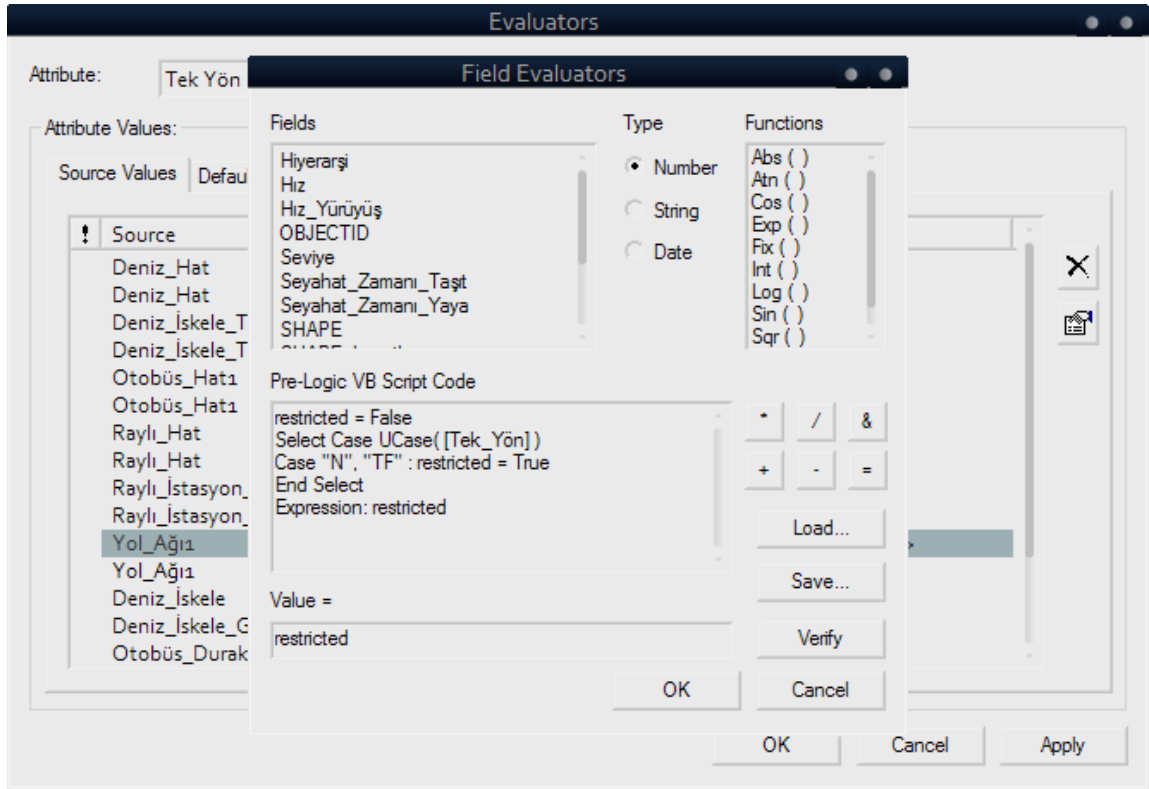
Şekil 4.16 Taşıtlara ait mesafenin belirlenmesinde kullanılacak katman ve alan bilgisi

Bazı özniteliklerin belirlenmesinde ise, katmanlardaki birden fazla özniteliğin kullanılması gerekmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 Toplu ulaşım süresinin belirlenmesinde öznitelik alanlarının kullanımı

Yol akış yönlerinin kısıtlanması gibi durumlarda ise Pre Logic VB Script'leri yazılması gerekebilmektedir. Bu çalışmada, yol yönlerinin ifadesinde kullanılan değerler (FT,TF,N) VB Script vasıtasıyla sistemin anlayabileceği hale getirilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Ağ veri seti oluşturulurken yol yönlerinin ağa tanıtılması

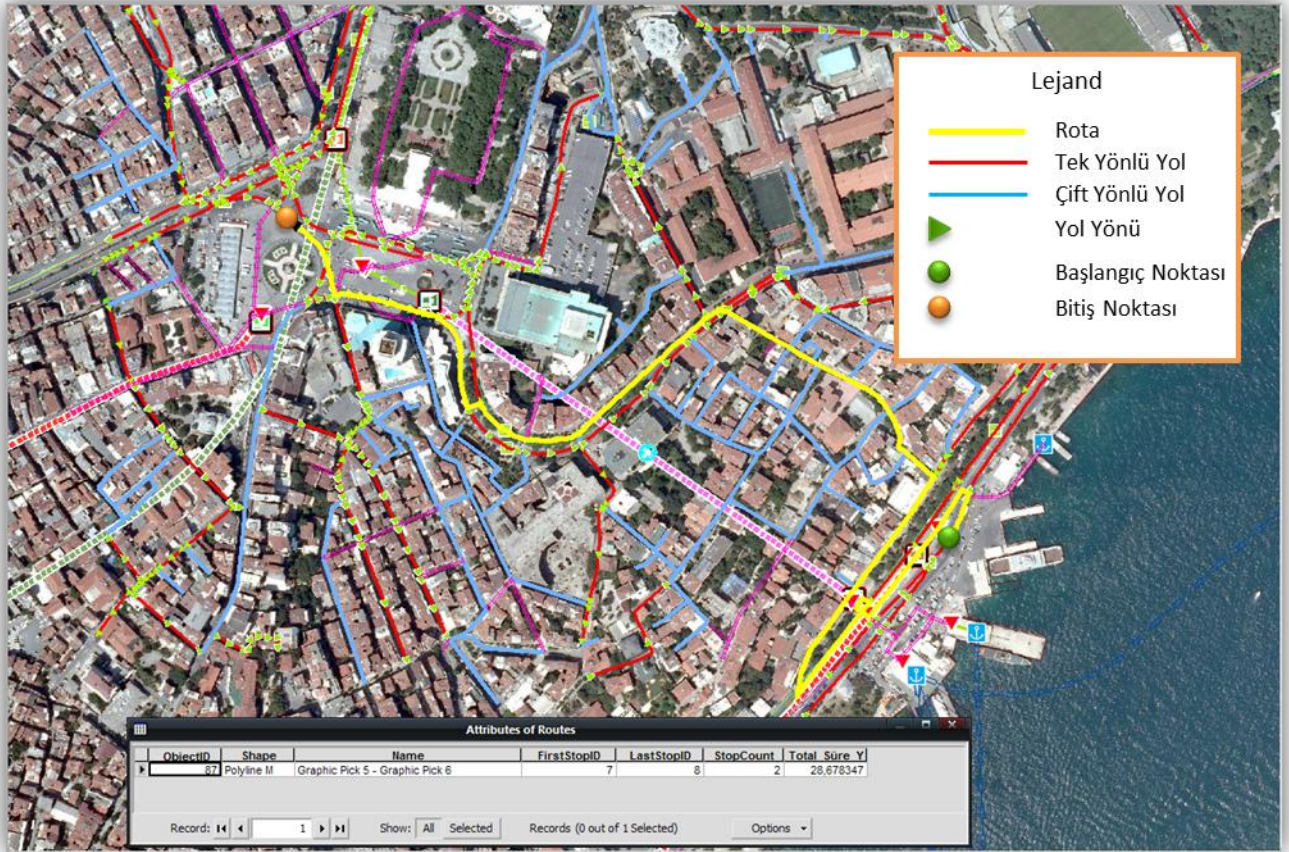
Ağ veri setini oluşturacak bütün öznitelikler sisteme tanıtıldıktan sonra yazılım vasıtasıyla, düğüm ve bağlantı tabloları oluşturulmuştur. Ağ analize hazır hale getirilmiştir.

4.4 Analiz

Bölüm 2.3.1.1’de detayları anlatılan Dijkstra Algoritması kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır.

4.4.1 Yaya Yürüme Analizi

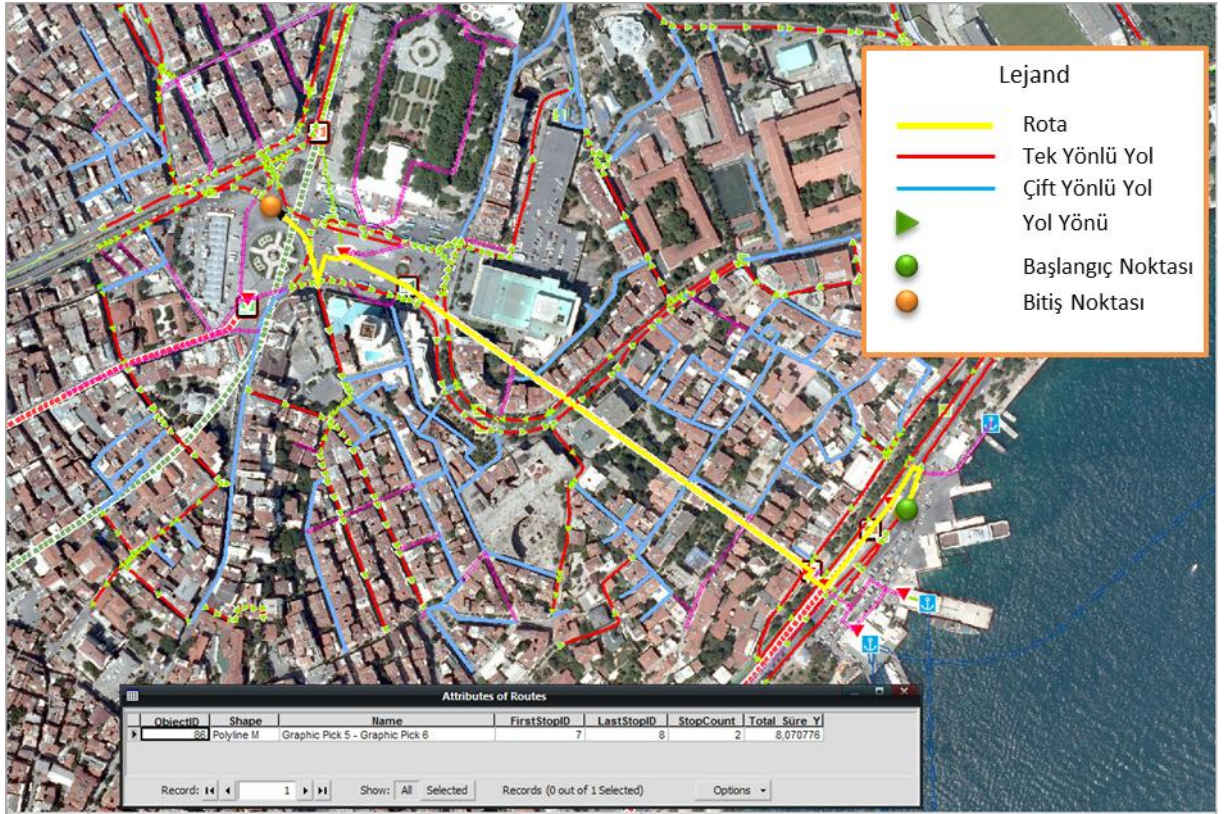
Bu analizde, bir yayanın harita üzerinden seçilen iki nokta arasındaki yürüme süresi baz alınarak optimum rota hesaplanmıştır. Bu analiz yapılırken, süre hesabını, ağ veri setindeki her bir bağlantı için, yayaların 3 km/saat ortalama hızla yürüdükleri öngörüsüyle hesaplanmış öznitelik değerleri kullanılmıştır. Şekil 4.19’da görülebileceği gibi, 1 noktasından 2 noktasına giden bir yayanın, föniküler hattı üzerine konulan bir blokaj sayesinde (blokaj uygulaması yerine toplu taşıma hatlarının veya sadece belirli hatların kullanılması, kısıtlamalarla engellenmesi de mümkündür), bu hattı kullanmasına engel olunmuştur. Sonuç olarak yayanın 1 noktasından 2 noktasına gidebileceği optimum yol bulunmuş ve bu yolla ilgili süre ve mesafe bilgileri edinilmiştir.



Şekil 4.19 İki nokta arasında yürüme analizi

4.4.2 Toplu Taşıma Analizi

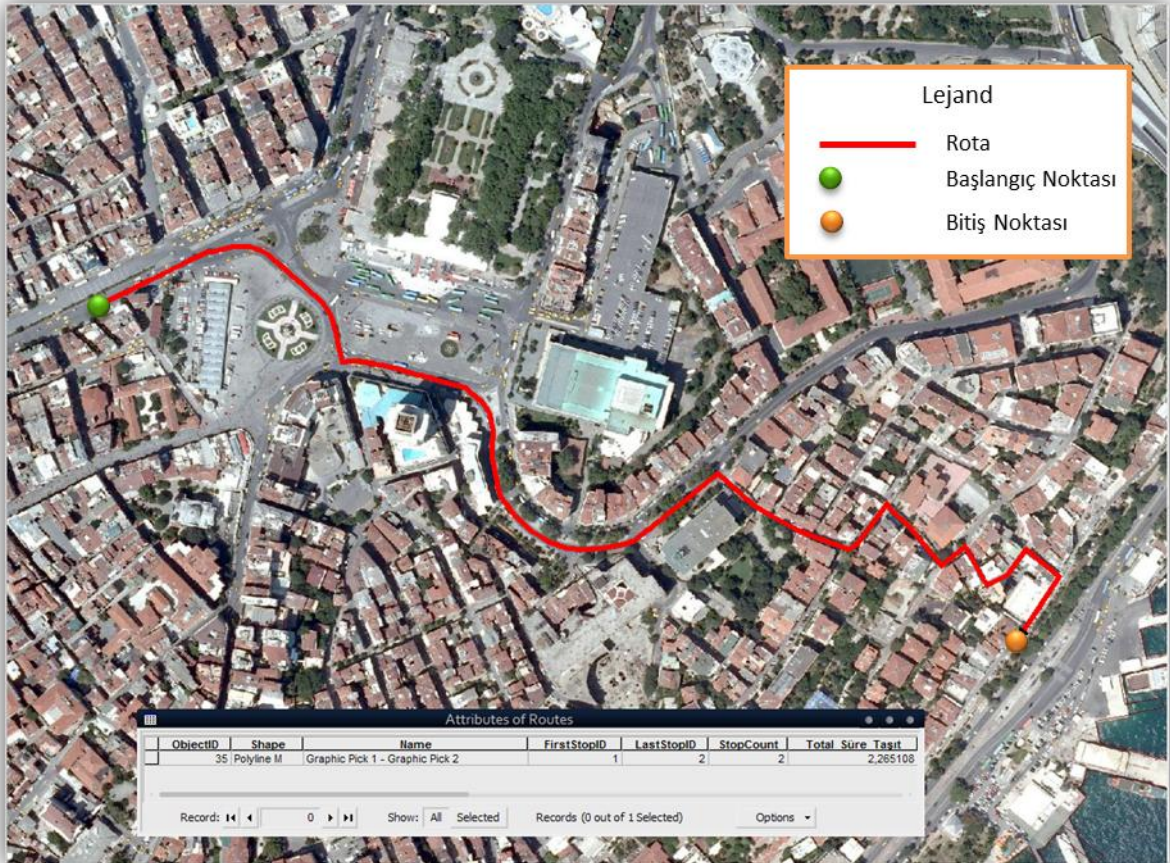
Bu analizde, yaya yürüme analizinde kullanılan başlangıç ve bitiş noktaları kullanılmıştır ancak bu kez yazılımın analizi yaparken funiküler hattını da kullanmasına izin verilmiştir. Sonuçta sistem; bu iki nokta arasındaki en kısa süreyi verecek rotayı hesaplanmıştır. Bu süreye, yayanın toplu taşıma hattına ulaşıncaya dek yürüme süresi, taşıtı bekleme süresi (tahmini taşıt bekleme süresi) ve istasyon girişinden istasyon platformuna kadar olan yürüme süresi de dahildir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 İki nokta arasında toplu taşıma analizi

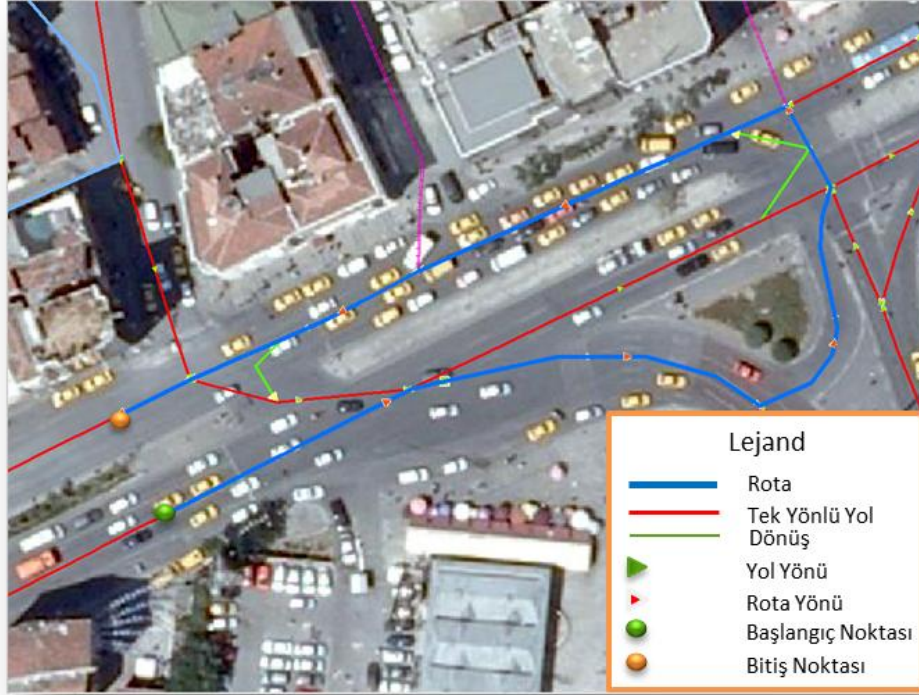
4.4.3 Taşıt Analizi

Taşıt analizinde, kullanıcının taşıtıyla harita üzerinde seçilen 2 nokta arasında en kısa sürede seyahat etmesi amaçlanmıştır. Bu analizi, bölüm 4.4.1'deki yaya yürüme analizinden ve bölüm 4.4.2'deki toplu taşıma analizinden ayıran en önemli özellik, bu analize trafik akış yönlerinin de dahil olmasıdır. Trafik akış yönleri, tek yönlü yolların çok sayıda bulunduğu ağlarda, sonucun güvenilirliği bakımından oldukça önemlidir.



Şekil 4.21 İki nokta arasında taşıt rotası analizi

Sonucun güvenilirliği bakımından oldukça önemli olan diğer bir etken ise dönüş yasaklarıdır. Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de de görülebileceği üzere, dönüş yasağının uygulandığı Şekil 4.22’deki rotayla, dönüş yasağının uygulanmadığı Şekil 4.23’deki rota birbirinden önemli ölçüde farklıdır. Bu sebeple, kullanıcıyı yanlış yönlendirmeden kaçınmak için, bu tip ağlarda dönüş yasaklarının kullanılması önem arz etmektedir.



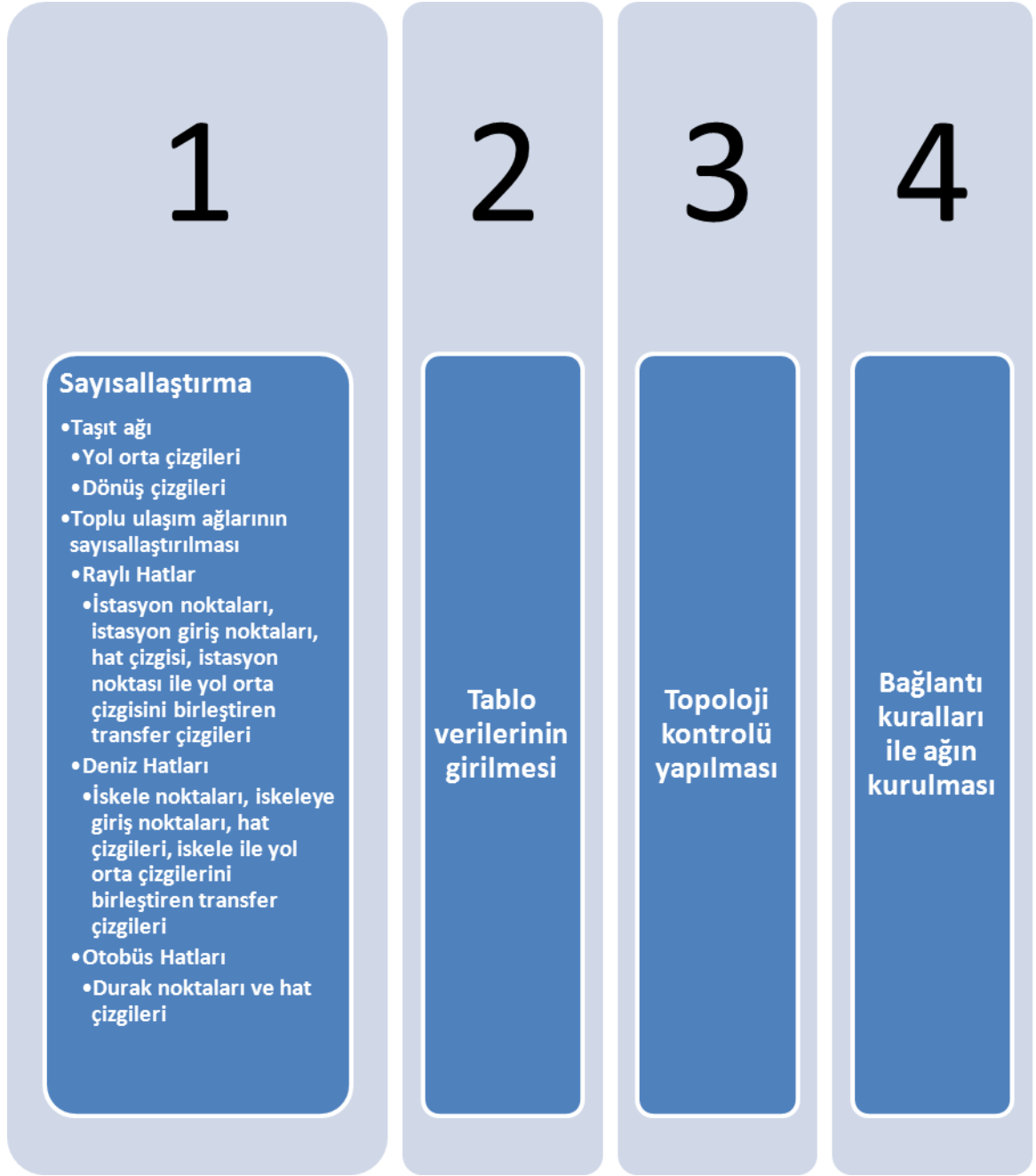
Şekil 4.22 Dönüş yasağının uygulandığı durum



Şekil 4.23 Dönüş yasağının uygulanmadığı durum

4.4.4 Ulaşım Veri Ağı Oluşturma İş Akışı

Bu çalışma ışığında oluşturulan ulaşım veri ağı oluşturma iş akışı Şekil 4.24’de gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Ulaşım veri ağı oluşturma iş akışı

5. Sonuçlar

Ulaşım sistemlerinin birbirleri ile olan ağ bağlantılarının kurulması; gerek ulaşım sistemlerinin planlanmasında gerekse son kullanıcıların sistemi etkili olarak kullanması açısından önemli hale gelmektedir. Özellikle karmaşık ulaşım ağlarına sahip olan gelişmiş kentlerde; bu organizasyonun yapılması birçok parametrenin birlikte kullanılabilmesi ile birlikte; ağ mlerinin daha kolay halde yapılabilmesini sağlamaktadır. Ulaşım ağlarının birlikte organize edilerek entegrasyonunun sağlanması, için en kolay ve etkili yöntem Coğrafi Bilgi Sistemleri yöntemi olup; bu sistem özellikle birçok ulaşım probleminin mnde etkili bir m yolu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada; özellikle farklı ulaşım ağlarının kullanıldığı ve gelişen nüfusu nedeni ile karmaşık bir ulaşım sistemine sahip olan İstanbul ili sınırlarında bulunan iki adet mahalle örnek alan olarak seçilmiş; ulaşım ağının entegrasyonu; bu entegrasyon sırasında karşılaşılan sorunlar; bu sorunlara ait m önerilerinin geliştirilmesi ile; entegrasyon için gerekli veri düzenleme uygulamaları örnek bölge için uygulanmıştır.

Ulaşım ağlarının entegrasyonu süreci ilk olarak; veri toplama aşaması ile başlamaktadır. Bu aşamada ulaşım ağı için gerekli veri gereksinimleri ortaya konmalı; yapılmak istenilen analizin türü belirlenmeli belirlenen gereksinimler çalışma bölgesinin spesifik özellikleri doğrultusunda oluşturulmalıdır. Özellikle; bu aşamada veri gereksinimleri çalışma alanı özellikleri ile paralellik gösterdiğinden; çalışma alanının özelliklerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Veri toplama aşamasını toplanan verilerin düzenlenmesi işlemi takip etmektedir. Bu aşamada ise toplanan verilerin ağ analizinde sorgulanabilir hale getirilmesi ve entegrasyonun sağlanabilmesi için gerekli düzenleme (edit) işlemleri yapılmaktadır. Bu aşamada özellikle topolojik yapının düzgün olması önemlidir.

Gerekli verilerin düzenlenmesinin ardından ağı oluşturan farklı parametreler kullanılarak; ağın düğüm ve bağlantılardan oluşan düzenlenmiş veri setinin oluşturulup; entegrasyonun tamamlandığı son aşamada bağlanırlık kuralları ve özniteliklerin hesaplanması analizlerin efektifliği bakımından oldukça önem taşımaktadır.

Farklı ulaşım ağlarının entegrasyonu sırasında dikkat edilmesi gerekli hususlar řu şekilde sıralanabilir;

- 1) Her bir ulaşım sisteminin kendine has gereksinimleri; sistemi tasarlayan kişi tarafından dikkate alınmalı, veri toplama aşamasından, ağın kurulması aşamasına kadar bu gereksinimler göz önünde bulundurulmalıdır.
- 2) alışılan bölgedeki ulaşım sistemlerinin özellikleri göz önünde bulundurularak; sistem bu yönde tasarlanmalı ayrıca ulaşım ağı ile çalışan tüm kurumların bu konu ile ilgili görüşlerine başvurulmalıdır.
- 3) Her bir ulaşım ağı ilk olarak kendi içinde değerlendirilmeli; daha sonra birbirleri ile olan bağlantıları dikkate alınarak yeniden düzenlemeye gidilmelidir.
- 4) zellikle taşıt ağında bulunan yasaklamaların tespiti için gerekirse arazi gözlemleri yapılmalı; arazi gözlem sonuçlarına göre değerlendirmeye gidilmelidir.
- 5) Yaya yollarının sayısallaştırılması için gerekirse el GPS'i kullanılmalı, sisteme entegrasyonu sağlanmalıdır.
- 6) Tasarlanacak olan sistem mutlaka bir standart çerçevesinde hazırlanmalı; sistem tasarımı yapılmadan önce bu standartlar belirlenmelidir.
- 7) Her bir ulaşım ağı için topolojik hataların giderilmiş olmasına dikkat edilmelidir.

- 8) Topolojik kuralların yetersiz olduğu sistemlerde geriye dönüşün mümkün olmadığı hatalar karşımıza çıkabileceğinden; topolojik kuralların doğru bir şekilde tanımlanmasına dikkat edilmelidir.

Ulaşım ağının yönetilmesi özellikle karmaşık ağ yapısına sahip bölgelerde imkânsız hale gelmektedir. Ulaşım sisteminin yönetilmesi CBS yönteminin kullanılarak çok daha kolay hale gelmektedir. Ancak genel olarak ülkemizde yapılan uygulamalar incelendiğinde sayısal ortamda bulunan ulaşım ağlarının analizi sırasında karşılaşılan problemler daha çok ulaşım ağının oluşturulması sırasındaki veri düzenleme işlemlerinin tam olarak belirli standartlarda yapılmamış olması nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Bu problemin en büyük nedeni özellikle yol ağının sayısallaştırılması işlemini gerçekleştirecek olan kurumların o anki ihtiyaçlarını karşılamak için bu işlemi gerçekleştirmeleri; bu işlem içinde herhangi bir standart belirlememeleridir.

Ulaşım ağlarının entegrasyonun sağlanabilmesi için en önemli koşul tüm ülke çapında ulaşım ağ standartlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Belirli standartların getirilmesi birçok işlemde kolaylık sağlayarak tüm entegrasyon işlemleri bunun üzerinden yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Aranoff, S., (1991), Geographic Information Systems, A management Perspective, Wdl Pubns, Ottawa Kanada.
- Ayar, B., (2008), Multimodal Multicommodity Routing Problem With Scheduled Services, Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Butler, A., (2008), Designing Geodatabases for Transportation, ESRI Press, California ABD.
- Godfrind, A., Kothuri,R.ve Beinat, E., (2007), Pro Oracle Spatial for Oracle Database 11g, Apress, California ABD.
- Karaş, R., (2007), Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3b Cbs ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkan, C., (2008), Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı ile Koşullu Yer Belirleme Analizi, Yüksek Lisans Tezi ,İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Toroman, D., (2009), Mekânsal Çok Ölçütlü Karar Analizi: Ulaştırma İçin Güzergah Seçenekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., (2000), Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 486 s., Seçil Ofset, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=An%20overview%20of%20Network%20Analyst>
- [2] <http://www.oracle.com/technetwork/database/options/spatial/index.html>

EKLER

Ek 1 Tablo Örnekleri

Ek 1 Tablo Örnekleri

Yol Ağı

OBJECTID	Yol_Adı	Yol_Türü	Tek_Yön	Uzunluk	Hız	Seviye	Hiyerarşi	SHAPE_Length	Seyahat_Zamanı_Taşıt	Seyahat_Zamanı_Yaya	Hız_Yürüyüş
144399	53. Sk.	18	TF	18,44517	25	0		18,44519262	0,04426831	0,18445129	3
144449	6. Cad.	4	FT	42,65183	25	0		42,65184781	0,10236426	0,42651775	3
144450	Vezir Cad.	4	FT	12,65311	25	0		12,65311834	0,03036764	0,12653185	3
144460	Ziya Gökalp	18	FT	54,46313	25	0		54,46312138	0,13071152	0,54463132	3
144472	Evren Cad.	4		99,94981	25	0		99,94978499	0,23987949	0,99949786	3
144482	Kazım Özalp	18	FT	130,6933	25	0		130,6932846	0,31366397	1,30693321	3
144498	Zümrüt Cd.	4	FT	43,29261	25	0		43,29260891	0,1039023	0,43292626	3
144504	3042.Sk.	18	N	24,23729	25	0		24,2373093	0,05816965	0,24237355	3
144526	Kadirağa S.	18	FT	72,35159	25	0		72,35158374	0,17364401	0,72351671	3

Deniz Hatları

OBJECTID	Hat_Adı	Hat_Türü	Hat_Süresi	Uzunluk	SHAPE_Length	Hat_Hızı	Seviye
1	Kadıköy-Kabataş	IDO Şehir Hatları	30	5621,001488	5621,001484	187,36672	0
11	Sarıyer-Beykoz-İstinye-Beşiktaş-Kabataş-Kadıköy	IDO Deniz Otobus	10	1765,060189	1765,060187	176,50602	0
33	Kabataş-Kadıköy-Adalar	IDO Şehir Hatları	20	5621,001488	5621,001484	281,05007	0
35	Bostancı-Adalar	IDO Deniz Otobus	25	14803,14334	14803,14334	592,12573	0
45	Bostancı-Kabataş	IDO Deniz Otobus	25	14781,78852	14781,78853	591,27154	0
64	Sarıyer-Beykoz-İstinye-Beşiktaş-Kabataş-Kadıköy	IDO Deniz Otobus	15	5359,803385	5359,803397	357,32023	0

Deniz İskele

OBJECTID	İskele_Adı	Hat_Türü	Bekleme_Süresi
13	Kabataş İDO	IDO Deniz Otobus	5
33	Kabataş-Üsküdar	Özel Motor	5
52	Kabataş ŞH.	IDO Şehir Hatları	5

Deniz İskele Girişi

OBJECTID	Giriş_Adı	Hat_Türü	Ücret
3	İDO	Deniz Otobüsü	2,5
4	Üsküdar	Turyol	2
5	Şehir Hatları	Şehir Hatları	2

Deniz İskele Transfer

OBJECTID	İskele_Adı	Yaya_Bekleme	Yaya_Yürüme	SHAPE_Length
4	Kabataş İDO	2	0,381759	19,08795002
5	Kabataş-Üsküdar	2	0,543587235	27,17936174
6	Kabataş ŞH.	2	0,925346235	46,26731176

Dönüş

OBJECTID	Edge1End	Edge1FCID	Edge1FID	Edge1Pos	Edge2FCID	Edge2FID	Edge2Pos	Edge3FCID	Edge3FID	Edge3Pos
1	N	6645	66292	0,0043598	6645	296612	0,67023737	6645	1859	0,12260646
2	Y	6645	204597	0,85716866	6645	188950	0,82991293			
3	Y	6645	262306	0,87145201	6645	290667	0,09439131			
4	Y	6645	262306	0,92104589	6645	93790	0,97666307			
5	Y	6645	172785	0,9713271	6645	302296	0,44889385	6645	283240	0,03651004
6	Y	6645	227030	0,93322909	6645	88194	0,4120784	6645	240052	0,13439406

Otobüs Durak

OBJECTID	Durak_Adı	Bekleme_Süresi
270	Kabataş	2
359	Park Otel	2
5292	Gümüşsuyu	2
5293	Teknik Üniversite	2
5294	Teknik Üniversite	2
6652	Taksim	2

Otobüs Hat

OBJECTID	Hat_Adı	Uzunluk	Hat_Hızı	Hat_Süresi	SHAPE_Length
4489	85T_d	658,7210322	40	0,988081554	658,7210363
11000	85T_d	509,0027267	40	0,763504094	509,0027292
11747	85T_d	353,401645	40	0,530102475	353,4016503
13544	85T_d	424,0225441	40	0,636033813	424,0225418
13545	85T_d	245,6905446	40	0,3685358	245,6905336
13546	85T_d	426,037251	40	0,639055901	426,037267
13547	85T_d	1667,131162	40	2,500696738	1667,131159
13548	85T_d	357,1722751	40	0,535758393	357,172262
13658	85T_d	289,3440061	40	0,434016028	289,3440188
13659	85T_d	566,3596718	40	0,849539509	566,3596729

Raylı Hat

OBJECTID	Hat_Adı	Hat_Türü	Hat_Hızı	Hat_Zamanı	Seviye	Uzunluk
43	Taksim_Kabataş	Funiküler	12,57653407	2,5	-1	524,02225
51	Taksim_Tünel	Nostaljik Tramvay	10,92864315	3,88615371	-1	707,83979
67	Şişhane_Darüşafaka	Metro	47,41580447	2	-1	1580,5268
120	Şişhane_Darüşafaka	Metro	34,71807226	3	-1	1735,9036
122	Zeytinburnu_Kabataş	Tramvay	15,85584729	1,62628215	-1	429,76802

Raylı İstasyon

OBJECTID	İstasyon_Adı	Hat_Türü	Hat_Adı	Bekleme_Süresi
96	Taksim	Metro	M2 Taksim - 4.Levent	2
102	Taksim	Nostaljik Tramvay	Taksim - Tünel	2
143	Kabataş	Tramvay	T1 Zeytinburnu - Kabataş	2
147	Taksim	Funiküler	F1 Taksim - Kabataş	2
148	Kabataş	Funiküler	F1 Taksim - Kabataş	2

Raylı İstasyon Girişi

OBJECTID	Giriş_Adı	Hat_Türü	Hat_Adı	Ücret
13	Taksim	Metro	M2 Taksim - 4.Levent	2
15	Kabataş (Güney)	Nostaljik Tramvay	Taksim - Tünel	2
70	Kabataş	Tramvay	T1 Zeytinburnu - Kabataş	2
108	Kabataş (Kuzey)	Funiküler	F1 Taksim - Kabataş	2
125	Taksim	Funiküler	F1 Taksim - Kabataş	2
173	Taksim	Funiküler	F1 Taksim - Kabataş	2
228	Tünel	Nostaljik Tramvay	Taksim - Tünel	2

Raylı İstasyon Transfer

OBJECTID	İstasyon_Adı	Yürüme_Süresi	Bekleme_Süresi	SHAPE_Length
69	Taksim	0,00193	2	5,790419113
97	Kabataş (Güney)	0,01121	2	33,62552269
106	Kabataş	0,02566	2	76,98036445
114	Kabataş (Kuzey)	0,00146	2	4,393979243
202	Taksim	0,02399	2	71,96152217
237	Taksim	0,04425	2	132,7451874
238	Tünel	0,05568	2	167,0544656

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 10.08.1985

Doğum yeri İstanbul

Lise 2000-2003 Adile Mermerci Anadolu Lisesi

Lisans 2003-2008 Yıldız Üniversitesi İnşaat Fak.
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2008-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Anabilim Dalı, CBS
ve Uzaktan Algılama Programı

Çalıştığı kurumlar

2008-2009 İSBAK A.Ş.
2009-Devam ediyor İstanbul Büyükşehir Belediyesi