



**GÜVENİLİR LOJİSTİK AĞ TASARIMI İÇİN ÇOK AMAÇLI
OPTİMİZASYON MODELİ**

Billur ECER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2014

Billur ECER tarafından hazırlanan “GÜVENİLİR LOJİSTİK AĞ TASARIMI İÇİN ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Serpil EROL

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

Başkan : Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

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

Üye : Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

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

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

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

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

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

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

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

Billur ECER

24/06/2014

GÜVENİLİR LOJİSTİK AĞ TASARIMI İÇİN ÇOK AMAÇLI OPTİMİZASYON MODELİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Billur ECER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2014

ÖZET

Küreselleşen dünyada lojistik faaliyetlerin önemi her geçen gün artmaktadır. Artık uzaklıklar ve sınırlar önemsiz hale gelmiş, ticari ilişkiler artmıştır. İşletmeler daha fazla kar elde edebilmek için ya satış fiyatını arttıracaklardır ya da maliyetlerini düşüreceklerdir. Piyasadaki belirli satış fiyatının üzerine çıkılması firmanın piyasa şartlarında tutunamaması ile sonuçlanır. Bu nedenle tek yol maliyetlerin düşürülmesidir. Etkin bir lojistik sistemi kurularak maliyetler düşürülürken müşteri memnuniyeti artırılabilir. Ancak lojistik yalnızca kar amacı güden kurumlar bazında incelenmemelidir. Dünyada artan terör saldırıları ve güvenlik sorunları nedeniyle askeri lojistik önemli bir çalışma alanıdır. Bu lojistik sisteminde temel amaç, işletme lojistiğinin aksine kar elde etmek değil; asker, teçhizat ve/veya askeri mühimmatı ihtiyaç duyulan yere en hızlı ve en güvenilir yoldan ulaştırmaktır. “En kısa” ve “en güvenilir” yol kavramları genellikle birbirleriyle çelişen iki amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle anlamlı rotalar çizilmeli ve doğa koşulları da göz önünde bulundurularak bu rotalardan amaçlara en uygun olan seçilmelidir. Yapılan görüşmeler sonucunda Türk Silahlı Kuvvetleri’nde sistematik bir rota optimizasyonu yapılmadığı öğrenilmiştir. Çalışmada lojistikte güvenilir ve en kısa rotayı bulan iki amaçlı bir doğrusal optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Türkiye’nin stratejik bir bölgesi için coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak elde edilen gerçek verilerle uygulama yapılmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.141

Anahtar Kelimeler : Lojistik, rota optimizasyonu, çok amaçlı optimizasyon

Sayfa Adedi : 78

Danışman : Prof. Dr. Serpil EROL

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION MODEL FOR RELIABLE LOGISTICS

NETWORK DESIGN

(M. Sc. Thesis)

Billur ECER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2014

ABSTRACT

In a globalizing world, the importance of logistics activities is increasing with each passing day. Now distances and borders have become irrelevant, trade relations are increased. In order to obtain more profit businesses will increase their selling price or decrease costs. If the company increase price, it cannot hold under the current market conditions. Therefore, the only way is to reduce costs. With an establishment of an efficient logistics system, costs can be lowered and customer satisfaction can be increased. However, the logistics should not be examined only on the basis of profit – making institutions. Due to the increasing terrorist attacks and security issues in the World, military logistics become an important field of study. Unlike business logistics, to make a profit is not the main purpose of this logistics system, the main purpose is to deliver troops, equipment and / or military ammunition where they are needed on the fastest and most reliable way. "Shortest" and "most reliable" way are often conflicting objectives. For this reason, it should determine logical routes with taking into account natural conditions and finally the most suitable route should be chosen. The thesis consist definitions of logistics, importance of logistics, separation of business/military logistics and literature of route optimization. A linear programming model which finds reliable and shortest route with two-objectives is improved. The proposed model is tested data's from geographical information systems in a strategic region of Turkey.

Science Code : 906.1.141

Key Words : Logistics, route optimization, multi-objective optimization

Page Number : 78

Supervisor : Prof. Dr. Serpil EROL

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca bilgilerini ve önerilerini benden esirgemeyen; deneyimi ve yol göstericiliğiyle bana destek olan danışmanım Prof. Dr. Serpil EROL'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım için her türlü kolaylığı sağlayan başta bölüm başkanı Prof. Dr. Mete GÜNDOĞAN olmak üzere tüm Endüstri Mühendisliği bölüm personeline ve kıymetli Yıldırım Beyazıt Üniversitesi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

ArcGIS yazılımı eğitimi aldığım İşlem Şirketler Grubu üyesi olan İşlemGIS'e teşekkürü bir borç bilirim.

Beni fedakârlık ve özenle yetiştiren; yalnızca öğrenimim sırasında değil, hayatımın her anında bana destek olan annem Zehra ECER ve babam Orhan ECER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi hazırlamam ve düzenlemem konusunda benden hiçbir yardımını esirgemeyen, sabır ve özveriyle destek olan arkadaşım Ahmet AKTAŞ'a teşekkür ederim.

Ayrıca yakın arkadaşlarım Deniz DİKER, Gülay BAŞTOPÇU, Miray KANAT ve benim için iş arkadaşından çok daha fazlası olarak her zaman destekleyen Gökhan ÖZÇELİK ve Ece Arzu YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LOJİSTİKLE İLGİLİ TANIMLAR.....	5
2.1. Lojistiğin Tarihçesi	6
2.2. Lojistiğin Önemi.....	7
3. LOJİSTİK VE TAŞIMACILIK.....	9
3.1. İşletme Lojistiği	9
3.2. Askeri Lojistik.....	10
3.3. Taşımacılık Türleri.....	14
3.3.1. Karayolu taşımacılığı.....	16
3.3.2. Havayolu taşımacılığı.....	18
3.3.3. Denizyolu taşımacılığı.....	20
3.3.4. Demiryolu taşımacılığı	22
3.3.5. Boru hattı taşımacılığı	23
3.3.6. Karma taşımacılık	24
3.3.7. Taşımacılık türlerinin kıyaslanması	26
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	29
5. RİSK ANALİZİ METODLARI KULLANILARAK GÜVENİLİR VE EN KISA LOJİSTİK AĞI TASARIMI	37

	Sayfa
5.1. Kullanılan Araç ve Yöntemler	37
5.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)	37
5.1.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP).....	39
5.2. Model ve Uygulama	39
5.2.1. Model	40
5.2.2. Erzincan ili uygulaması.....	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
EKLER.....	60
EK-1. Uygulamaya söz konusu olan bölgenin haritası.....	61
EK-2. Kriterler arası önem ve avantaj değerlendirme anketi.....	62
EK-3. Yol tipleri için açıklamalar	65
EK-4. Birinci amacın GAMS kodu.....	66
EK-5. İkinci amacın GAMS kodu	69
EK-6. Diğer ürünler için elde edilen rotalar.....	71
EK-7. Saaty'nin önem ölçüğü dereceleri.....	74
EK-8. Şebeke	75
Ek-9 Kriterler ve alt kriterlerin hiyerarşisi.....	76
Ek-10 ArcGIS ekran görüntüleri.....	77
ÖZGEÇMİŞ	78

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Türkiye’de 2002 - 2011 yılları arasında gerçekleşen trafik kazası verileri	18
Çizelge 3.2. Uluslararası taşınan yük miktarları (ton - kilometre)	19
Çizelge 3.3. Yerel taşınan yük miktarları (ton - kilometre)	19
Çizelge 3.4. Toplam taşınan yük miktarları (ton - kilometre)	19
Çizelge 3.5. Türkiye havayolu taşımacılığı 2009 istatistikleri	20
Çizelge 3.6. Yıllara göre ham petrol taşımacılığı miktarları (bin varil).....	23
Çizelge 3.7. Taşımacılık sistemlerinin farklı durumlar için kıyaslanması.....	27
Çizelge 5.1. Kriterlerin önem düzeyleri	42
Çizelge 5.2. Düğümler, öncüllükleri ve yol uzunlukları (metre).....	42
Çizelge 5.3. Kriterlerin önem düzeyleri	47
Çizelge 5.4. Bitki örtüsü.....	47
Çizelge 5.5. Yerleşim	47
Çizelge 5.6. Yol tipi.....	48
Çizelge 5.7. Kriterlerin önem düzeyleri (AHP).....	48
Çizelge 5.8. Bitki örtüsü için öncelik değerleri (AHP).....	48
Çizelge 5.9. Yerleşim için öncelik değerleri.....	48
Çizelge 5.10. Yol tipi için öncelik değerleri (AHP).....	49

1. GİRİŞ

Lojistik kavramı strateji kavramı gibi askeri kökenlidir. Daha detaylı bir terim olan “askeri lojistik” ise kökeni II. Dünya savaşına uzanan eski bir kavramdır [1].

Lojistik operasyonlar yalnızca kar amacı güden veya gütmeyen işletmelerde değil, devletler nezdinde de oldukça önemlidir. Amerika Birleşik Devletleri’nde (ABD), birinci dünya savaşının çıkma ihtimalinin olduğu 1900’lerin başında hükümetin sanayinin taşımacılık faaliyetlerine müdahil olma ve koruyucu tedbirler alması yönünde bir düşünce ortaya çıkmıştır [2]. Askeri operasyonlar, posta hizmetleri, zehirli atıkların imhası, insani yardım lojistiği devletin sağladığı lojistik hizmetlerdir.

Askeri lojistikten sonra en karmaşık ve geniş ağa sahip lojistik operasyonu posta lojistiğidir. Avrupa’da posta hizmeti maliyeti, 72 milyar dolarla Avrupa Birliği’nin gayrisafi milli hasılatının %1,4’üne denkti [3]. Posta hizmetleri birçok ülkede özelleştirilmektedir. Türkiye’de bu ülkelerden biri olmaya adaydır. Özelleştirme İdaresi Kamu İktisadi Teşebbüsleri (KİT)’nin özelleştirilmesi kapsamında PTT kurumunu da özelleştirmeyi planlamaktadır [4].

Sanayiinin ve özellikle nükleer faaliyetlerin gelişmesiyle, gittikçe artan zehirli atıkların lojistik faaliyeti oldukça önem kazanmıştır. ABD Kaynak Koruma ve Yeniden Elde Etme Kanunu (RCRA)(1976) tehlikeli maddeyi yanlış işlendiğinde, depolandığında, taşındığında, imha edildiğinde veya yönetildiğinde insan sağlığı ve çevre için potansiyel tehlike olacak tüm maddeler olarak tanımlamıştır. Kimi ülkelerde zehirli atıklarla ilgili güçlü yaptırımları olan kesinleşmiş yasalar olsa da henüz bu konuda önlem almamış ülkeler de bulunmaktadır. Bu atıkların taşınması veya imhası sırasında yapılan en küçük ihmalkârlık dahi büyük çevresel felaketlere neden olabilmektedir.

İnsani yardım lojistiği; doğal afetler sonucunda arama – kurtarma, ilaç, gıda, temiz su gibi ihtiyaçların ulaştırılması ve kıtlıkla mücadele gibi iki temel başlıkta açıklanabilir. Afet lojistiğinin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için stratejik ve taktik planlar yapılmalıdır. Stratejik planlar; uzun vadeli, olağanüstü bir durum olduğunda ihtiyaç olan birimleri ve atılması gereken adımları genel hatlarıyla belirler. Taktik planlar ise afet meydana

geldiğinde yapılır. Stratejik planların genel yapısına karşın taktik planlar detaylıdır. Afet lojistiğinin stoklama düzeyi de üretim/hizmet lojistiğinden bir hayli farklıdır. Çünkü her afetin ihtiyacı ve ulaştırma imkânı birbirinden farklıdır. ABD'nin Irak'ta Körfez Savaşı sırasında gerçekleştirdiği "Huzur Operasyonu" da afet lojistiği kapsamında değerlendirilebilir. Bu operasyonda havadan su şişesi paletleri atılmıştır. Ancak paraşütler açılınca yerleşim yerlerine düşen su şişeleri öldürücü etkiye neden olmuştur. Yardım için kullanılan donanımlar geliştirilerek bu sorun aşılmıştır. Bu operasyonda bölgeye 800 km uzaklıkta bulunan Türkiye'de konuşlanmış "İncirlik Üssü" lojistik üs olarak kullanılmıştır. Diğer bir insani yardım lojistiği konusu da kıtlıkla mücadeledir. Yiyeceğin dünyadaki bazı bölgelere yeterince ulaşmaması sonucu kıtlık ortaya çıkmaktadır. Kıtlıkla mücadelede de atılması gereken adımlar afet lojistiği ile hemen hemen aynıdır. Öncelikle stratejik planlar, ardından da taktik planlar yapılmalıdır. Gıda dağıtımı için en etkin yöntem belirli bölgelere konteynerler yerleştirilerek ihtiyacı olan kişilerin buralara gelmesini sağlamaktır. Ancak kıtlıkla mücadele eden insanlar fazla sıcak veya soğuk iklimde uzun yolculuklara dayanabilecek güçte değildirler. Bunun dışında iç savaş gibi karışıklıkların olduğu bölgelerde insanların evlerini bırakarak yiyecek alabilecekleri bölgelere gitmeleri mal güvenliklerini de tehdit edecektir. Bu nedenle daha yüksek maliyetli olmasına karşın gıda dağıtımını mümkün olduğunca yerelleştirilmelidir [3].

Askeri lojistiğin; posta hizmetleri, zehirli atıkların imhası, insani yardım lojistiği ile ortak yanları olmakla birlikte ayrıldıkları noktalar da vardır. Askeri birliğin lojistik akışı doğal nedenler dışında sabotajlarla da sekteye uğratılabilir. Bu nedenle özellikle taşıdığı yanıcı, yakıcı, patlayıcı maddelerin de getirdiği risk ile güvenlik birincil öncelik konumundadır.

Askeri lojistikte sevkiyat barış zamanı ve savaş zamanı olmak üzere iki bölüm olarak düşünülebilir. Kritik nokta savaş zamanı yapılan sevkiyatlardadır. Bu aşamadaki gecikmeler ve/veya hatalar telafisi mümkün olmayan sonuçlara neden olabilir.

Askeri lojistikle ilgili somut bir örnek, konuya verilmesi gereken önemi daha iyi anlatacaktır. Falklands/Malvinas Adaları savaşı sırasında İngiltere BP'den kiraladığı 25,000 ton kapasiteli 9 adet tankeri açık denize konumlandırmıştır. Bu tankerler sayesinde denizde 100 gemiye yakıt sağlayabilecek lojistik güce sahip olmuşlardır. Bunun nedenini Long, "Lojistik açısından, Falkland'ın yeri İngilizler için savaş yapılabilecek en kötü

yerdi. Tedarikin zorlu olması büyük ihtimalle savaşın zorlu olmasından daha fazla idi.” olarak açıklamıştır [3].

Bu çalışmada, askeri lojistik sisteminde değişik mühimmatlar için güvenilir ve optimal rotanın belirlenmesini sağlayacak iki amaçlı karma tamsayılı bir doğrusal programlama modeli sunulmuştur. Geliştirilen modelin test edilmesi için Türkiye'nin stratejik öneme sahip bir bölgesi seçilerek coğrafi bilgi sisteminden elde edilen gerçek verilere dayalı bir uygulama yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde lojistiğin tarihsel gelişimi ve önemi anlatılmış, 3. ve 4. bölümlerde işletme lojistiği ve askeri lojistik tanımlanarak aralarındaki benzer ve farklı özellikler ortaya konulmuştur. 5. bölümde farklı taşımacılık türleri tanımlanmış ve avantaj/dezavantajları karşılaştırılmıştır. 6. bölümde literatürde yer alan ilgili çalışmalara değinilmiştir. 7. bölümde kullanılan yöntemler tanıtılmıştır. 8. bölümde model kurulmuş modeli test etmek için Türkiye'nin Erzincan ilinde belirlenen bir bölgede yapılan rota optimizasyonu verilmiştir. Sonuç bölümünde uygulama sonuçları yorumlanmış, gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuş ve çalışma tamamlanmıştır.

2. LOJİSTİKLE İLGİLİ TANIMLAR

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)'e göre lojistik: “Müşteri gereksinimlerini karşılamak üzere; üretim noktası ve tüketim noktaları arasındaki mal, hizmet ve ilgili bilgilerin ileri ve geri yöndeki akışları ile depolanmalarının etkin ve verimli bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolünü içeren tedarik zinciri süreci aşamasıdır.”

Lojistik denildiğinde dört ayrı faydadan bahsedilebilir. Bunlar şekil faydası, yer faydası, elde etme faydası ve zaman faydasıdır. Şekil faydası fiziksel olarak değer katılmasıdır. Yer faydası hammadde, ürün ya da hizmetin bulunduğu yerden ihtiyaç duyulan yere aktarılmasıdır. Elde etme faydası ilgili ürün veya hizmet için, müşteri ile doğrudan ya da dolaylı olarak iletişime geçip talep oluşturulmasıdır. Zaman faydası uygun stok stratejileri veya doğru ve hızlı taşımacılık yöntemleri ile müşterilere en uygun zamanda ürün ve hizmetin ulaştırılmasının sağlanmasıdır [5].

Hemen hemen tüm işletmelerde karşılaşılabilecek temel lojistik faaliyetler şu şekilde maddelendirilebilir [6].

- ✓ Taşımacılık
- ✓ Kalite Kontrol – Gözetim – Teslimat Öncesi Kontrol
- ✓ Dış Ticaret, Gümrük, Antrepo, Sigorta
- ✓ Depolama, Katma Değerli İşlemler
- ✓ Stok ve Envanter Yönetimi
- ✓ Sevkiyat Sipariş Yönetimi
- ✓ Tedarik Sipariş Yönetimi
- ✓ Dağıtım
- ✓ Filo ve Trafik Yönetimi
- ✓ İade ve İmha İşlemleri (Tersine Lojistik)
- ✓ Tesis İçi Lojistik
- ✓ Paketleme

2.1. Lojistiğin Tarihçesi

Lojistik kelimesi Yunanca hesap yapmada yetenekli, herhangi bir nedene yönelik aritmetik ilişkilendirme anlamına gelen logistikos kelimesinden türetilmiştir. Benzer bir kelime olan “logistique” ise 1840 yılında Fransız Akademisi tarafından “taşımacılık şekillerini birleştiren ve koordine eden” anlamında kullanılmıştır [7].

İnsanın seyahat etme arzusu, doğal kaynakların dünyanın dört bir tarafına yayılmış olması, üretim noktaları ile tüketicilerin farklı yerlerde bulunması gibi nedenlerle ulaştırma çözülmesi gereken bir problem olarak karşımıza çıkmıştır. Artan ve sürekli değişen tüketici taleplerini karşılamak ve bunların üzerine çıkabilmek için rekabet edenler dinamik bir lojistik sistemine sahip olmalılar [5].

1950’li yıllara kadar işletmeler lojistik faaliyetlerini birbirinden bağımsız bölümlerde gerçekleştirmekteydi. Bu da ortak bir amaca hizmet eden aynı işletmenin birbirinden farklı bölümlerini rakip haline getirerek birbirleri ile entegrasyonunu zorlaştırmaktaydı. Lojistik sisteminin iyi planlanmamış olması yönetim güçlüklerine ve yükselen maliyet kalemlerine neden olmaktadır. Fiziksel dağıtım, malzeme yönetimi, tedarik yönetimi ve dağıtım yönetimi gibi terimler ilk kez 1950’li yıllarda ortaya çıkmıştır [8].

1960’lı yıllarda müşteri sadakati önem kazanmıştır. Kitle üretiminden uzaklaşılırken, çok çeşitli ve küçük miktardaki üretime yönelik iş lojistiği kavramını ortaya çıkarmıştır [8].

Lojistik sektöründeki gelişim 1970’li yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Büyük perakende zincirlerinin ekonomi piyasasına girişleri de bu dönemde gerçekleşmiştir. Bu dönemde lojistik artık kurumsallaşmıştır [7].

Lojistik kavramı 1985 yılında geniş kitleler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Aynı dönemde 1985 giyim sektöründe QR (Quick Response/Hızlı Yanıt) kavramı ortaya çıkmıştır. Diğer sektörler de bundan etkilenmişlerdir. Kurumlar arası bilgi ağlarının ve EDI (Electronic Data Interchange/Elektronik Veri Değişimi)’nin gelişimi ile beraber lojistik sektöründeki gelişim dünyada büyük bir alana yayılmıştır [8].

Küreselleşen dünyada artan rekabet unsurları ile başa çıkabilmek için 1990 yılından sonra

işletmelere büyük üretim kabiliyetleri kazandıran bütünleşik lojistik yönetimi faaliyetleri ortaya çıkmıştır. 2000’li yıllar ve sonrasında işletmeler mevcut piyasa koşullarında ayakta kalabilmek, varlıklarını sürdürebilmek için lojistiğin zorunlu bir faaliyet olduğunu görmüşlerdir [9].

2.2. Lojistiğin Önemi

Küreselleşen dünyada üretici ve tüketici arasındaki ticari ilişki fiziksel mesafelere bakılmaksızın gittikçe artmaktadır. Bu nedenle lojistik maliyetler ve dolayısıyla faaliyetler gittikçe daha dikkate değer hale gelmektedir. Artık teknolojik, ekonomik ve hatta sosyolojik değişimler hızla gerçekleşmekte ve uzaklık tanımaksızın tüm dünyayı etkisi altına almaktadır. İyi kurulmuş bir lojistik sistemi ile bu değişimlere hızlı cevap verilebilir ve ayrıca istenilen çıktıların elde edilememesi durumunda şeffaf süreçler her aşamada kolaylıkla izlenip düzeltici önlemler alınabilir.

Lojistik kavramını düşündüğümüzde bunun önemli bir parçası da ulaştırma. Ulaştırma faaliyetinin gerektiği gibi yerine getirilmesi için de insan ve mal transferinin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak olan altyapı ve üstyapı yatırımlarının yanı sıra çizilen rota da büyük önem arz etmektedir. Ulaştırma, diğer bir adıyla taşımacılık toplumda birçok bireyi ve kurumu ilgilendiren bir etken olduğu için, hükümetler tarafından taşımacılık kontrol edilmelidir [2].

İyi bir lojistik sistemi kurulması için lojistik ağı tasarımının başarılı bir şekilde yapılmış olması gerekmektedir. Bunun için de öncelikle lojistik sistemi incelenmeli ve değer katmayan gereksiz faaliyetler ortadan kaldırılmalıdır. Dünyanın birçok yerine dağılmış tedarikçi ve müşteriler arasındaki uyum oldukça önemlidir. Bunun için bütünleşik bir yönetim yapısı kurulmalıdır. Tedarikçiler ile yapılan işbirliği ve ortak eğitimler sonucunda lojistik ağındaki senkronizasyon ve yanıt hızı artacaktır.

Lojistik yönetiminde donanım altyapısının önemi büyüktür. Donanım altyapısı kavramına taşımacılık için gereken tüm somut unsurlar dahil edilebilir. Karayolu taşımacılığında çekici, römork, kamyon, kamyonet vb. her türlü araç ve köprü, otoyol gibi karayolu altyapısı; denizyolu taşımacılığında liman, tersane altyapıları, kombine operasyonlarına elverişlilik, dökme yük, tanker, Ro-Ro, koster gibi her türlü gemi ve taşıma kapları;

havayolu taşımacılığında havalimanı ve altyapı sistemleri, her türlü hava ulaştırma aracı, palet ve konteynerler; demiryolu taşımacılığında raylı sistemler, lokomotif, vagon, elektrik altyapısı; boru hattı taşımacılığında özel alaşımli boru, ara istasyon ve teknik altyapı lojistik sektörünün ulaştırma ayağının önemli bileşenleridir [10].

Karayolu, denizyolu, havayolu ve demiryolu taşımacılığının özellikleri aşağıda özetlenmiştir [10]:

- ✓ Karayolu altyapısı, devlet tarafından meydana getirilmektedir. Özel sektör karayolu altyapısını kullanmakla birlikte ayrıca köprü, tünel, otoyol gibi altyapıların inşaatında tedarikçi olarak rol oynamaktadır. Lojistik işletmeleri mevcut altyapıdan kullanımları oranında ücretlerini ödemektedirler. Ödenen vergiler ve kullanım ücretleriyle mevcut karayolu altyapısının bakımı ve yenilenmesi sağlanmaktadır.
- ✓ Denizyolunda İstanbul, İzmir, İskenderun, Mersin ve Samsun limanları kamunun sorumluluğu altında olup özelleştirme kapsamındadır. Gelecek dönemlerde bu limanlarda yönetim ve donanım konusu ile fiziki ve teknik alanlarda yatırımların yapılması beklenmektedir. Özel sektör tarafından işletilen limanlar ise mevcut altyapı konusunda sürekli yatırım yapmakta, liman kargo trafiğinin artması konusunda yönetim ve pazarlama alanlarına ağırlık vermektedir.
- ✓ Havayolu taşımacılığında ise havalimanlarının yapımı ve altyapı maliyetleri ile araç-gereç bedellerinin çok yüksek olması ülkemizde kamu sektörünü bu alanda lider konuma getirmiştir. Fakat pazarlama perspektifinden yoksun birçok havalimanının inşası ülkemizin kaynaklarının verimsiz kullanımına yol açmıştır. Yeni yasal düzenlemelerle birlikte sayıları hızla artan küçük ölçekli havayolu şirketlerinin yolcu ve kargo taşımacılığında ürün – hizmet farklılaşmalarıyla birlikte pazar payları büyümekte, ancak, araç – gereç ve kalifiye personel temininde sıkıntı yaşamaktadırlar.
- ✓ Temel yapısı cumhuriyetin ilk yıllarında oluşturulmuş olan demiryolları ne yazık ki günümüz ihtiyaçlarını karşılamaktan son derece uzaktır. Demiryolu taşımacılığında ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması yeterince yatırım yapılamamasının nedenlerinden biridir.

3. LOJİSTİK VE TAŞIMACILIK

Lojistik gerek işletmeler için gerekse askeri operasyonlar için stratejik bir karardır. Bu bölümde askeri lojistik ve işletme lojistiği ile ilgili çeşitli tanımlar yapılarak benzer ve farklı noktaları açıklanmıştır. Ayrıca taşımacılık türleri sınıflandırılıp, açıklanmıştır.

3.1. İşletme Lojistiği

İşletme lojistiğinde temel amaç pazar talepleri doğrultusunda doğru ürünü, gereken zamanda, istenilen yere ulaştırmaktır. Bu sayede de müşteri beklentilerini karşılayarak ve hatta üzerine çıkarak kar elde etmektir. Bu amaç doğrultusunda işletmelerin ürünlerini pazara sunabilecekleri ortalama bir satış fiyatı vardır. İşletme bu fiyatın üzerine çıktıkça pazar payında azalma yaşar ve sonuç olarak da fiyatı standart düzeye çekmezse piyasadan silinir. İşletmeler daha fazla kar elde etmek için ürünün fiyatını arttıramazlar, ancak maliyetlerini düşürebilirler. Ürünün hammadde, üretim süreçleri ve/veya kalite kontrolünde maliyet düşürme için yapılabilecek çalışmalar hem ürünün kalitesinde düşüşe yol açarak müşteri memnuniyetsizliğine yol açabilir hem de yüksek oranda maliyet indirilmesi sağlayamayabilir. Oysa lojistik ağındaki çalışmalar sistemi topyekûn ele alacağı için üretim, stok, tedarik gibi birçok işletme bölümünde iyileştirme ve yüksek oranda maliyet indirilmesi ile sonuçlanacaktır. Müşteri için ürün teslimi, ürün müşteriye somut olarak ulaştırıldığında gerçekleştirilmiştir. Müşteri ürünün fabrikadan veya depodan çıktığı tarihi önemsemez. Bu nedenle üretim tesisi ile müşteri arasındaki yolda ürünün geçirdiği her dakika zarardır. Müşteri memnuniyetinin artırılması ve ulaştırma maliyetlerinin düşürülmesi için iyi bir lojistik ağı kurulması zorunludur.

Lojistik maliyetlerinin indirilmesi için önce maliyetler gerçekçi biçimde belirlenmelidir. Bunun için öncelikli olarak üretimin toplam maliyet verilerine bakılarak genelde lojistiğe, özelde ise ulaştırmaya ayrılan miktar açıkça ortaya konulmalıdır. Bu oranın iyileştirilebilir olup olmadığı incelenip firmanın lojistik tipi de göz önünde bulundurularak çeşitli önlemler alınmalıdır.

İşletme lojistiğinde asıl amaç maliyetleri olabildiğince düşürerek yüksek miktarda kar sağlamaktır. 4. bölümde daha detaylı olarak anlatılacak askeri lojistik ise asker ve sivil hayatını korumak amacındadır. Bu amaç doğrultusunda yalnızca düşük maliyetle faaliyet

göstermeyi değil, aynı zamanda ve hatta daha yüksek öncelikle güvenli yollardan hızla ihtiyaç duyulan alana ulaşmayı amaçlar.

Personelin ortalama yaşı ve sorumluluğu da bu iki lojistik sisteminde birbirinden farklıdır. Askeri personel daha küçük yaşlarda daha büyük maliyetteki teçhizatın sorumluluğu altına girmektedir. ABD ordusunu göz önüne alacak olursak yaklaşık 1 milyon dolarlık ekipman, silahlar ve askeri personelin sorumluluğunu taşıyan yeni başlamış bir teğmenin ortalama yaşı 25'dir. Ayrıca bu sorumluluk yalnızca maddi olmakla kalmayıp, silahlar dolayısıyla politik, askeri personel dolayısıyla da manevidir [3].

İşletmelerde farklı konularda bilgi sahibi olan insanlar birlikte çalışırlar. Bu nedenle rotasyon, kişilerin çalıştıkları bölümlerin değiştirilmesi gibi işlemler her düzeyde gerçekleştirilemez. Ancak askeri birliklerde herkesin en azından temel düzeyde askeri eğitimi vardır. Bu nedenle ihtiyaç duyulduğunda askerlerin farklı bölgelerde ve görevlerde bulunması için yüksek düzeyde yeniden eğitim maliyetlerine katlanılması gerekmez.

Askeri lojistikte gecikmenin sonuçları özel sektörle kıyaslanamayacak düzeyde kabul edilemezdir. Askeri lojistikte gecikme can ve teçhizat kaybının yanı sıra savaş durumunda öngörülemez sonuçlara mal olabilir.

İşletme lojistiği 3P, 4P gibi alanında özelleşmiş lojistik hizmet sağlayıcılardan faydalanabilir. Ancak askeri lojistik için bu durum güvenlik, devlet politikası ve gizlilik nedeniyle çoğu zaman olası değildir.

3.2. Askeri Lojistik

Lojistik temel olarak askeri bir kavramdır. Askeri anlamda lojistik, “askeri güçlerin hareketinin ve bakımının planlanması ve yapılması bilimidir”. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere askeri lojistik yalnızca birimlerin bir noktadan diğer bir noktaya taşınması işlemi değil; aynı zamanda ihtiyaç duyulan askeri malzemelerin tasarımı, geliştirilmesi, satın alınması, depolanması, bakımı, kurtarılması ve yer değiştirilmesi ile askeri güçlerin hareketi, kurtarılması ve tedavileri bu tanımın içine giren askeri faaliyetlerdir [7].

Askeri alanda lojistik, “Muharip unsurlara strateji ve taktiğine uygun ve gerekli olan ikmal

maddeleri ile hizmet desteğini sağlamak için yapılan faaliyetlerdir”[6].

Askeri lojistik özellikle “ikmal”de özelleşmiş bir lojistik türüdür. Özel sektördeki lojistik yönetimi stratejileri küçük düzenlemelerle askeri sistemlere uyarlanabilmektedir. Ancak temel olarak önemli bir farkları da bulunmaktadır. Olası başarısızlıklar askeri lojistikte maddi kayıpların yanı sıra siyasi, sosyolojik ve manevi açıdan olumsuz sonuçlar doğurabilmekte, toplumları etkileyen büyük yaraların açılmasına neden olabilmektedir.

Askeri lojistikte genellikle yakıt, silah, ilaç, teçhizat gibi materyallerin aktarımı yapılır. Bu aktarım yapılırken dikkate alınması gereken iki unsur vardır: güvenlik ve hız. Genellikle seçilebilecek en güvenli yollar aynı zamanda en uzun olan yollardır. Bu da oldukça büyük bir zaman kaybına neden olmaktadır. Materyallerin sağlam olarak ulaşmasının yanı sıra gerektiği zamanda ihtiyaç duyulan yerde olması da oldukça önemlidir. Askeri lojistik alanında herhangi bir yol için en güvenli ya da en hızlı yol yorumunu yapmak mümkün değildir. Bunun için iki amacı da optimize edecek bir rota çizilmesi gerekmektedir.

Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından yapılmış lojistik tanımı şu şekildedir: “İstenilen yer ve zamanda, yeteri kadar ve kesintisiz olarak personel, hizmet ve kolaylık imkânı sağlamak suretiyle; barışta, krizde ve savaşta askeri kabiliyetin oluşturulması, idamesi ve geliştirilmesi için yapılan, her türlü silâh, araç, gereç ve malzemenin temin, tedarik, depolama, ulaştırma, dağıtım, bakım, onarım, eğitim, tahliye ve malzemenin hizmet dışı bırakılması ile inşaat, emlak, sağlık ve işletim faaliyetlerini ihtiva eden işlemlerin tümüdür.” [7].

NATO (North Atlantic Treaty Organization; Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü)’nun tanımına göre lojistik askeri malzemelerin tasarımı, tedariki, depolanması, taşınması, dağıtımı, tahliyesi, tesislerin inşası, bakımı ve sağlık hizmetleri desteği görevlerini içeren kapsamlı bir faaliyettir [11].

Lojistikle ilgilenen sistemleri kar amacı güden ve kar amacı gütmeyen olarak 2’ye ayırabiliriz. Askeriye gibi kar amacı gütmeyen kurumların birinci önceliği güvenlidir [2]. Askeri lojistik ile günümüz iş dünyası lojistiğini kıyaslarsak, kimi zaman aynı faaliyeti yapsalar dahi öncelikli amaçlarının birbirinden farklı olduğu görülecektir. İş dünyası lojistiği kar amacı güden kurumlar tarafından işletmelerinin katlandıkları maliyetleri

minimize ederek piyasadaki mevcut fiyatlandırma politikası ile en yüksek maddi kazancı elde etmeyi hedeflemektedir. Bunun nedenle kar amacı güden kuruluşlar; lojistik faaliyetinin gerçekleştirilmesi için katlanması gereken maliyet, müşteri ile yapılan anlaşmalar çerçevesinde ödenecek gecikme/gerçekleştirememe gibi görünür ceza maliyetleri ve pazar kaybı gibi fırsat maliyetlerinden büyükse lojistik operasyonunu yeniden çizelgeleme, ileriye atma gibi önlemlere başvurabilir.

Askeri lojistiğin temel amacı ise asker, malzeme ve/veya teçhizatı miktarı ne olursa olsun güvenli ve zamanında ihtiyaç duyulan bölgeye ulaştırmaktır. Yüksek maliyetten olabildiğince kaçınılmasına karşın, asıl amaç güvenlik ve zamanlama olduğu için kimi zaman maliyetler yükselebilmektedir. Maliyet, yeterli parti büyüklüğüne ulaşmama gibi kar amacı güden kuruluşların yeniden çizelgeleme yaptığı durumlarda askeri lojistikte kesinlikle ileri bir tarihe öteleme gerçekleştirilemez. Bunun yanı sıra ilaç, yiyecek gibi bozulabilir malzemelerin de çok miktarda önceden birliklere gönderilmesi uygun değildir. Bu nedenle her bir birim için güvenlik stokları ve zaman esnekliği belirlenip sevkiyat planı bu ekseninde yapılmalıdır.

Henry Kissinger, ABD'nin Ortadoğu'da 7000 – 8000 km uzaktan büyük ölçekli bir saldırı başlatabilmek için 10 güne ihtiyaç duyulacağını belirtmiştir. Bueno de Mesquita, savaş alanına olan uzaklık arttıkça, askeri gücün zayıfladığını belirtmiştir. Bunun nedenlerinin de organizasyon ve komuta zorlukları, uzun menzilli çatışmaların yerel direnişi arttırması, uzun mesafenin askerde moral bozukluğuna yol açması olduğunu savunmuştur [3].

Askeri lojistik stok politikalarında da diğer sektörlerden ayrı değerlendirilmelidir. Genç'e göre iş dünyası lojistiği gibi elindeki stoku minimize etmeye çalışma ve sadece ihtiyaç olduğunda stoklama yapma yerine askeri lojistikte stok her zaman büyük miktarda tutulur. Buna neden olarsa askeri kriz anlarında veya savaş durumunda tedarikin mümkün olmaması gösterilmektedir [12]. Birçok açıdan doğru bir yaklaşım olsa da askeri birimler önem derecesine göre sınıflandırılarak stok miktarları ve kritik zamanlar için güvenlik stok düzeyleri belirlenerek daha düşük maliyette ve etkili envanter yönetimi yapılabilir.

Askeri organizasyonların kriz anlarında girdiği riskler büyük etki alanına sahip olduğu için stok maliyetleri minimizasyonuna kar amacı güden işletmeler kadar önem vermezler. Savaş durumunda ilgili malzemelerin tedarikinde siyasal ve/veya ekonomik nedenlerle

sıkıntı yaşanması genellikle göze alınamaz. Bu nedenle çoğu teçhizat büyük miktarda stoklanır.

Stok politikası açısından Amerika Birleşik Devletleri (ABD) örneği incelenebilir. ABD ordusu mevcut dünya siyaseti ve ülke stratejileri göz önünde bulundurularak dünyanın çeşitli yerlerine, ihtiyaç olması halinde hemen harekete geçmeye hazır, büyük erzak gemileri konuşlandırmıştır [3].

Askeri sistemlerde stratejik bir üstünlük sağlamak açısından lojistik faaliyetleri oldukça önemlidir. ABD'nin taşımacılık sistemi askeri güç açısından kilit rol oynamaktadır [2].

1991 Körfez Savaşı incelendiğinde savaşın sonucunu belirleyen kritik faktörlerden birinin de lojistik olduğu görülmektedir. Savaş sırasında elde daha fazla mühimmat ve asker bulundurmanın tartışılmaz bir avantaj getirdiği görülse de bu birimlerin güvenli ve hızlı bir biçimde ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırılması elzemdir. Körfez savaşı sırasında Alaska popülasyonu kadar askeri sevkiyatı yapıldığı söylenmektedir. ABD askeri kuvvetlerini desteklemek için 1,3 milyon galon petrol, 122 milyon yemek ve 28 futbol sahasını dolduracak kadar mektup 1 yıl içerisinde bölgeye sevk edilmiştir [12]. Koalisyon güçleri Irak'ın kara yollarını keserek lojistik faaliyetlerini kontrol altına alabildikleri için savaşı bir hafta gibi kısa bir sürede kazanabilmişlerdir. Bu başarının altında koalisyon güçlerinin lojistik birimlerini iyi yöneterek hızlı ve kontrollü hareket edebilmesi yatmaktadır [3].

İnsani ihtiyaçların yanı sıra silah, teçhizat ve sağlık araç – gereçleri gibi zamanlamasıyla ve geçiş noktalarının belirlenmesiyle savaşın seyrini bir anda değiştirebilecek birimler de bölgeye aktarılmıştır. Gerek niteliksel gerekse niceliksel olarak bu kadar büyük değerdeki birimin çeşitli faktörler göz önünde bulundurularak koordineli bir biçimde ihtiyaç duyulan birliklere ulaştırılması gerekmektedir. İzlenecek rota ve kullanılacak araçların belirlenmesinde güvenlik ve hız öncelikli amaçlardır.

Türkiye'de askerin doğal afetlerde aldığı rol de göz önünde bulundurularak insani yardım lojistiği üzerinde de durulabilir. Türkiye'nin karşı karşıya kaldığı birincil felaket coğrafi koşulları nedeniyle depremdir. Özellikle acil durum merkezlerinin doğru bilgilendirilmesi ve afet bölgelerine yardım ekiplerinin zamanında ulaştırılması kritik önemdedir. Çalışmalar yapılırken felaket bölgelerinden gelen bilgilerin ilk 96 saat tam doğrulukta

olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır [13].

3.3. Taşımacılık Türleri

Lojistik sisteminin temel faaliyeti taşımacılıktır. Taşımacılık endüstriyel gelişimini tamamlamış tüm toplumların ekonomisinde oldukça önemli rol oynar [2].

Taşımacılık öncelikli olarak özel (private) ve genel (for hire) olarak ikiye ayrılır [2]. Özel taşımacılıkta işletme içinde taşımacılıkla ilgili özelleşmiş bir bölüm bulunur. Genel taşımacılıkta ise işletme mamullerini kendisine ait olmayan araçlarla taşır. İşletmenin özel taşımacılığa yönelmesi taşımacılığa yaptığı yatırımın amorti süresinin iyi belirlenmesi gerekir. Bu karar verilirken cevaplanması gereken en önemli soru hangi düzeydeki taşımanın üzerinde özel taşımacılığın genel taşımacılıktan daha ucuz olduğu sorusudur [2].

Özel taşımacılığın birincil avantajı işletmenin filo üzerinde yüksek düzeyde kontrol sahibi olmasıdır. Beklenmedik bir ihtiyaç halinde işletme içinde planlamanın tekrar yapılmasıyla ihtiyaç kolaylıkla karşılanabilir. Bu sayede işletme yüksek düzeyde çizelgeleme ve rotalama esnekliği kazanır. Ayrıca işletme fazla kapasitesinin olması durumunda da araçlarını dışarıya kiralayabilir. Bu sistemin başlıca dezavantajı yüksek ilk yatırım maliyeti gerektirmesidir. Ancak yüksek ilk yatırım maliyeti gerektiriyor olsa dahi genel taşımacılık sistemine tercih ediliyorsa genel bakışta daha düşük maliyetlidir demektir. İkinci sırada dezavantaj olarak nitelendirilebilecek durum da yönetimdir. İşletmenin asıl işi taşımacılık olmadığı için özelleşme sağlanamadığından gerek asıl işin aksaması gerekse taşımacılık sisteminin iyi yönetilememesi söz konusu olabilmektedir [2].

Taşınan yükün özel işlem ya da araç gerektirdiği durumlarda genel taşımacılık kullanılması mümkün olamamaktadır [2]. Bazı durumlarda mamulün taşınması tehlikeli, boyutu büyük olabildiği gibi özel işlem de gerektirebilir. Bunun dışında işletme mamulün taşınması için uygun bir genel taşıyıcı firma bulamayabilir. Diğer bir deyişle işi yapacak uygun bir işletme bulunamıyorsa özel taşımacılığa yönelerek taşımacılık işlemini kendisi yapmak zorundadır [2]. Askeri lojistikte çoğu durumda genel taşımacılığa yönelmek mümkün olamamaktadır. Savaş donanımları dışında sıcak bölge olarak adlandırılabilen bölgelere gönderilen sağlık, gıda, giyecek gibi malzemelerin de hız ve güvenlik açısından genel taşımacılığa teslim edilemeyeceği açıktır.

Taşımacılık genel anlamıyla ürünlerin üretildikleri ya da hammadde olarak çıkarıldıkları yerlerden ihtiyaç duyuldukları ya da depolanacakları yerlere iletilmesi işlemidir. Bu iletim işlemi sırasında birçok farklı yol kullanılabilir. Bu yollar da taşımacılık türlerini oluştururlar. Etkin bir taşımacılık sistemi kurulmadan ekonomik büyüme mümkün değildir [2].

Taşımacılık türleri temel olarak 6 başlıkta toplanabilir:

1. Karayolu Taşımacılığı
2. Havayolu Taşımacılığı
3. Denizyolu Taşımacılığı
4. Demiryolu Taşımacılığı
5. Boru Hattı Taşımacılığı
6. Karma Taşımacılık
 - 6.1.Modlar Arası Taşımacılık
 - 6.2.Çok Modlu Taşımacılık
 - 6.3.Kombine Taşımacılık

İlk 5 tür tek modlu taşımacılığa aittir. Tek modlu taşımacılıkta ürünler, yalnızca bir taşımacılık modu kullanılarak üretim veya depo yerlerinden müşterilere ulaştırılırlar. Tek modlu taşımacılığın en önemli avantajı karayolu taşımacılığında gözlenmektedir. Karayolu taşımacılığı diğer modlara kıyasla kapıdan kapıya taşımacılık hizmetinde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek modlu taşımacılığın entegre taşımacılıkla kıyaslandığında; taşıma operasyonlarında basitlik, planlamada kolaylık ve daha düşük altyapı maliyeti gerektirmesi son yıllarda gerilemesine karşın yine de yüksek orandaki tercih edilirliğini korumasını sağlamıştır [14]. Ancak değişen müşteri talepleri ve küreselleşen dünyada tek modlu taşımacılığın yetersiz kaldığı birçok durum vardır. Özellikle havayolu, denizyolu, demiryolu taşımacılığında özel durumlar hariç karayolu taşımacılığından faydalanılması zorunludur.

3.3.1. Karayolu taşımacılığı

Ülkemizde taşımacılıkta en büyük pay karayolundadır. Denizyolu, havayolu ve demiryolu ile yapılan taşımalar karayolu ile yapılan taşımaların yanında oldukça küçüktür. Başta kazalar olmak üzere sabotaj riskine açık olma ve havanın kirlenmesine yüksek oranda katkıda bulunma gibi çeşitli dezavantajları vardır. Karayolu ile taşımanın başlıca avantajı

neredeysse tüm noktalar arasında ulaşım gerçekleştirilmesine imkan sağlamasıdır. Bu nedenle gerek özel sektörde gerekse de askeri sektörde taşımacılığın büyük kısmı karayolu ile yapılmaktadır.

Karayolu taşımacılığı gönderici ile taşıyıcı arasında yapılan sözleşme ile belirli bir bedel karşılığında malların kapıdan kapıya şeklinde ifade edilen aktarmasız teslimini sağlayan, diğer taşıma sistemlerini de destekleyen taşıma türüdür [15].

Bu taşımacılık türünün en önemli avantajı yüksek düzeyde esneklik sunabilmesidir. Geniş karayolu ağı bu taşımacılık türünün tercih edilmesinde önemli bir sebeptir. Ayrıca hızlı ve pratik bir ulaştırma biçimidir. Hava, deniz ve demiryolu taşımacılıkları pist, liman, gar gibi büyük yatırımlara ve aktarma noktalarına ihtiyaç duyarken karayolu taşımacılığı kapıdan kapıya taşımacılığa imkân sunmaktadır. Buna ek olarak diğer taşımacılık türleri kullanıldığında dahi ürünler genellikle karayolu ile liman, havaalanı gibi bölgelere ulaştırılmaktadırlar.

Karayolu taşımacılığının yük taşınması açısından bakıldığında bir diğer avantajı da elleçleme yapılmadan taşımaya imkân sağlamasıdır. Taşınacak malın minimum düzeyde elleçlenmesini sağlamak, taşımanın güvenliği ve özellikle ekonomisi açısından oldukça önemlidir. Karayolu taşımacılığı kapıdan kapıya taşıma imkanı sunduğu ve dolayısıyla terminaller ve ara bağlantı noktalarında yükün tekrar tekrar araç değiştirilmesine gerek olmadığı için bu konuda diğer taşıma modlarına göre önemli bir avantaja sahiptir [14].

Küçük kapasitelerle de çalışabilme imkânı karayolu taşımacılığını diğer taşımacılık modlarına göre tercih edilir hale getirmektedir. Özellikle demiryolu ve denizyolunda taşıma kapasitesi oldukça yüksektir. Ancak karayolunda farklı tonajlarla taşıma yapabilme imkânı vardır. Bu nedenle karayolu ile yapılan taşımalar, diğer büyük hacimli taşıma modlarına göre daha yüksek doluluk oranlarına sahiptirler. Bu durum ölçek ekonomisi açısından düşünüldüğünde karayolu aleyhine gibi gözükse de araçların boş kalma riskleri düşünüldüğünde karayolu taşıyıcılarına daha fazla esneklik imkânı tanıdığı görülecektir [14]. Karayolu taşımacılığı ile birçok ürün taşınabilir. Farklı tonajlarda, uzunluklarda ve özelliklerde (örneğin, soğutucu özellikli) çok çeşitli taşıt vardır. Bu sayede boş kapasite maliyeti minimize edilmektedir. Ayrıca taşınan ürüne göre özel koşullarda ürünlerin bozulmadan, zarar görmeden ilgili yerlere ulaştırılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmanın

konusu olan askeri lojistikte de karayolu taşımacılığına sıklıkla başvurulmaktadır. Ülkemizde, diğer taşıma modlarında sıklıkla karşılaşılan altyapı problemleri ve coğrafik koşullar nedeniyle askeri sevkiyatta karayolu tercih edilen bir yöntemdir.

Karayolu ağı birçok yerde yeterli altyapıya sahiptir. Düşük yatırım maliyetleri, boş kalma riskinin az olması, kapıdan kapıya teslimat imkanı, sıklıkla teslimat yapılabilmesi; dolayısıyla bu avantajların getirdiği esneklik karayolunu tercih edilir hale getirmektedir [14].

Karayolu taşımacılığının başlıca dezavantajı uluslararası taşımalarda karşılaşılan gümrük mevzuatlarıdır. Transit geçişler sırasında karşılaşılan gümrük mevzuatları vakit ve enerji kaybettirici olabilmektedir. Geçişler sırasında yapılan kontroller sınır geçişlerini yavaşlatmaktadır. Bu durum da karayolu taşımacılığının transit geçişin fazla olduğu durumda denizyolu ve havayolunun gerisinde kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca geçişler sırasında gümrük mevzuatı ile uğraşmak zorunda kalan sürücülerin eğitim düzeyleri de sorunları çözme konusunda olumlu etkide bulunmamaktadır [14].

Yüksek değerli ya da hızlı ulaştırılması gereken ürünlerin taşınmasında karayolu – havayolu kombine taşımacılığı yapılabilir. Bu sayede hem zamandan kazanılmış olur, hem de kapıdan – kapıya servisin getirdiği yüksek hizmet kalitesine ulaşılmış olur.

Karayolu taşımacılığında tır, kamyonet, kamyon, römork vb. gibi araçlara ihtiyaç vardır. Bunların yanı sıra otoyol, köprü, geçit gibi karayolu altyapısı gerekmektedir. Karayolu altyapısı kategorisinde değerlendirilen bu maliyet kalemleri devlet tarafından karşılanmakta olup, otoyol gibi ücretli yollar için ödenen cüzi bedeller dışında maliyeti bulunmamaktadır. Buna karşın taşıma sırasında kullanılacak araçlarla ilgili satın alma, kiralama, bakım – onarım gibi tüm bedeller işletme tarafından karşılanmaktadır.

Karayolu taşımacılığında karşılaşılan handikapların başında yasal düzenlemeler gelir. Her ülkenin, ayrıca ülke içindeki yolların birbirinden farklı tonaj, yükseklik ve uzunluk kısıtlamaları vardır. Ayrıca hava koşulları hemen her taşımacılık yöntemini etkilediği gibi karayolu taşımacılığını da etkilemektedir. Ayrıca mevcut teknoloji ile taşınabilecek belli bir ağırlık – uzunluk sınırı vardır. Bunun üzerine çıkmak mümkün değildir. Karayolu taşımacılığı trafik kazaları açısından da riskli bir seçenektir. Türkiye’de 2002 - 2011 yılları

arasında gerçekleşen trafik kazası istatistikleri Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Türkiye’de 2002 - 2011 yılları arasında gerçekleşen trafik kazası verileri [16]

Yıl	Yıl	Kaza Sayısı
2002		439.958
2003		455.637
2004		537.352
2005		620.789
2006		728.755
2007		825.561
2008		950.120
2009		1.053.346
2010		1.104.388
2011		1.228.928

3.3.2. Havayolu taşımacılığı

Hava yolu taşımacılığı genellikle karayolu taşımacılığı ile bütünleştirilerek uygulanan bir sistemdir. Üretim veya depolama noktalarından alınan ürünler karayolu taşıtları vasıtasıyla havaalanları veya helikopter pistlerine taşınmaktadırlar. Havayolu taşımacılığı taşımacılık sektöründe sıklıkla kullanılan bir sistem değildir. Ancak zamanın ve yükün kıymetli olduğu durumlarda avantaj sağlayan bir seçenektir.

Havayolu taşımacılığı hizmeti veren birçok firma mevcuttur. Dünya Hava Taşımacılığı İstatistikleri (World Air Transport Statistics) bu sistem için önemli bir referanstır. Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4 WATS’ın 2011 yılı istatistiklerinden oluşturulmuştur [17].

Çizelge 3.2. Uluslararası taşınan yük miktarları (ton - kilometre) [17]

Sıra	Havayolu	Milyon
1	Cathay Pacific Airways	9,109
2	Korean Air	8,918
3	Emirates	8,132
4	Lufthansa	7,668
5	FedEx	7,603
6	Singapore Airlines	7,118
7	UPS Airlines	5,530
8	China Airlines	5,411
9	EVA Air	4,882
10	Air France	4,700

Çizelge 3.3. Yerel taşınan yük miktarları (ton - kilometre) [17]

Sıra	Havayolu	Milyon
1	FedEx	8,335
2	UPS Airlines	5,036
3	China Southern Airlines	1,269
4	Air China	934
5	China Eastern Airlines	693
6	Hainan Airlines	436
7	All Nippon Airways	428
8	Shenzhen Airlines	369
9	United Airlines	341
10	Japan Airlines	325

Çizelge 3.4. Toplam taşınan yük miktarları (ton - kilometre) [17]

Rank	Havayolu	Milyon
1	FedEx	15,939
2	UPS Airlines	10,566
3	Cathay Pacific Airways	9,109
4	Korean Air Lines	8,974
5	Emirates	8,132
6	Lufthansa	7,674
7	Singapore Airlines	7,118
8	China Airlines	5,411
9	EVA Air	4,882
10	Air France	4,702

Türkiye’de havaalanları açısından ulaşılan en yeni istatistik Devlet Hava Meydanları İşletmeleri’nin 2009 yılı faaliyet raporudur. Çizelge 3.5’den edinilen bilgiler ile 2008 yılına ait değerler kıyaslandığında Türkiye’de havayolu taşımacılığında % 4,11’lük bir artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.5. Türkiye havayolu taşımacılığı 2009 istatistikleri [18]

Meydanlar	Toplam Yük Trafığı	Gelen Yük Trafığı	Dış hat Yük Trafığı	Dış Hat Gid. Yük Trafığı
ATATÜRK	826.306	404.043	680.656	345.342
ESENBOĞA	73.432	38.276	29.870	13.990
A. MENDERES	79.671	38.236	31.352	16.258
ANTALYA	384.315	193.777	306.610	157.324
DALAMAN	46.324	22.774	40.973	21.049
ADANA	32.273	16.864	8.246	3.907
TRABZON	16.902	8.869	1.597	747
MİLAS-BODRUM	35.861	17.813	26.077	13.220
S.DEMİREL	208	76	184	120
N.KAPADOKYA	1.411	695	559	277
ERZURUM	5.540	2.897	286	125
GAZİANTEP	10.580	5.283	2.782	1.423
DİĞER MEYDANLAR	84.876	38.095	23.614	17.549
TOPLAM	1.597.699	787.698	1.152.806	591.331

Havayolu taşımacılığının diğer taşımacılık sistemlerine oranla en önemli avantajı hızlı olmasıdır. Bu sayede ürünler dünyanın her tarafına dağılmış müşterilere kısa zamanda ve hızla ulaştırılabilmektedir. Hızlı servisle müşteri memnuniyetinin ve pazar hâkimiyetinin artmasının yanı sıra stok maliyetleri düşer ve planlama yapmak kolaylaşır. Piyasadaki değişikliklere cevap süresi ise kısalmıştır. Bu çalışmanın konusu olan askeri lojistik açısından bakıldığında ise hız, maliyetin ötesinde can ve mal güvenliğini etkileyen unsurların en başında gelmektedir.

3.3.3. Denizyolu taşımacılığı

Denizyolu taşımacılığı denizyoluyla yük ve yolcu taşınması anlamına gelmektedir. Günümüzde yük taşımacılığının üçte biri denizyoluyla yapılmaktadır. 17. yüzyıla kadar, birçok mal yalnızca denizyoluyla taşınıyordu. Sanayi Devrimi ile birlikte, üretim teknikleri hızla geliştiği için dünya pazarlarına yönelik üretime başlandı ve ticaret filoları genişletildi. Et ve meyve gibi malların bozulmadan taşınabileceği özel soğutucu bölmeleri olan yeni tür gemiler yapıldı [19].

“Dünyanın birçok bölgesi ve ülkesi birbirinden denizlerle ayrılmış olduğundan bu alanlarda sadece hava ve denizyolu kullanılarak ulaşım yapılabilmektedir. Ayrıca, düşük maliyetle büyük kapasitede taşımalar için en elverişli sistem deniz taşımacılığıdır.

Deniz yolu taşımacılığı özellikle uluslararası yapılan tedarikte önem kazanmaktadır” [20].

Deniz yolu taşımacılığı özellikle uluslararası taşımacılıkta sıklıkla tercih edilen bir seçenektir. Avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Fazla miktarda yük, tek seferde aktarılabilir. Bu sayede birim başına maliyet oldukça düşüktür.
- ✓ Deniz yolu taşımacılığı ile kıtalar arası büyük yükler, birbirinden uzak noktalar arasında diğer taşımacılık modlarına nazaran daha düşük maliyetlerde taşınabilmektedir.
- ✓ Belirlenen rotaya bağlı olarak güvenilirdir.
- ✓ Ekonomikliği açısından, dünya pazarlarındaki rekabet göz önüne alınırsa, deniz yolu taşımacılığı çok önemli bir konuma sahiptir [20]. Karayolu taşımacılığında alınan izinler ve uyulması gereken prosedürler deniz yolu taşımacılığına kıyasla daha fazladır.

Deniz yolu taşımacılığının avantajlarının yanında birtakım dezavantajları da vardır. Deniz yolu Taşımacılığının dezavantajları:

- ✓ İşletme dış kaynak kullanımını tercih etmiyorsa tanker, ro – ro, koster gibi gemilerin oldukça yüksek ilk yatırım maliyetlerine ve uzun amortisman sürelerine katlanmak durumunda kalmaktadır.
- ✓ Liman, vinç gibi yüksek maliyetli tesislere ihtiyaç duyar. Bu maliyetler göze alınsa dahi liman kurulmasına müsait olmayan kıyılar bulunmaktadır.
- ✓ Kıtalar arası taşımada güvenlik zafiyeti söz konusu olabilmektedir.
- ✓ Doğal olaylar da gemilerin beklenen varış zamanlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedirler.

Türkiye’de pek fazla kullanılmayan ancak Avrupa’da sıklıkla kullanılan iç su yolu – nehir yolu taşımacılığı olarak adlandırılan bir taşımacılık sistemi daha vardır. Nehir yolu taşımacılığı tamamen ayrı bir taşımacılık şekli olarak da incelenebileceği gibi deniz yolu taşımacılığının alt başlığı olarak da düşünülebilir. Kullanılan araçların kapasiteleri genellikle suyun derinliğine göre değişmektedir [15]. Bu taşımacılık türü özellikle uzun nehirler bulunduran bölgelerde avantaj sağlamaktadır. Özellikle Avrupa’da bu iç su yolları ulaştırma için tercih edilir bir seçenektir. Rotterdam Rhine, Meuse ve Sheldt nehirlerine açılır ve bu nehirler de Avrupa’da su yolu taşımacılığını sağlayan ana güzergâhları

oluştururlar [10]. Türkiye’de nehirlerin yüksek debi oranlarına sahip olması ve coğrafi koşulların getirdiği zorluklar nedeniyle bu taşıma sistemi kullanılmamaktadır [15].

Nehir yolu taşımacılığı deniz yolu taşımacılığına nazaran daha yakın bölgelerde, daha az yakıtla yüksek miktarda taşımacılığa imkân sağlayan çevre dostu bir sistemdir. Nehir yolu taşımacılığında kıtalararası deniz yolu taşımacılığının, zamanında teslim kriteri açısından yüksek düzeyde başarı göstermektedir. Taşımanın iklimsel olarak stabil bölgelerde ve güvenli sulara yapılması teslim zamanı açısından avantaj getirmektedir. Dezavantajlarından biri ise deniz yolu taşımacılığında olduğu gibi taşınacak ürünün öncelikle (genellikle karayolu) bir taşıma sistemi kullanılarak limana gönderilmesi zorunluluğudur. Bir diğer dezavantajı da nehir yoluyla ulaşılabilen bölgelerin sınırlı olmasıdır.

3.3.4. Demiryolu taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı büyük tonajlardaki yüklerin taşınmasında sağladığı düşük maliyet avantajıyla ön plana çıkan bir seçenektir. Demiryolu ile taşınan yükler uzun süre vagonlarda kaldığı için genellikle dayanıklı, düşük değerdeki ürünlerin bu sistemle taşınması tercih edilir. Demiryolu taşımacılığının karayolu taşımacılığına göre en büyük avantajı, kaza riskini düşürmesidir. Ayrıca raylar üzerinde giden vagonlardan oluşan bu yapının hava koşullarından etkilenme ihtimali karayolu, havayolu ve deniz yolu seçeneklerinin karşısında çok düşüktür.

Türkiye’de ulaşım sektöründeki donanımsal eksiklikler lojistiğin ulaştırma ayağında yoğun maliyet artışlarına neden olmaktadır. Özellikle demiryolu yüksek tonajlarda yükü düşük maliyetle taşıyabilen bir sistem olmasına karşın yaygın olarak kullanılamamaktadır.

En çok tercih edilen taşımacılık sistemi karayolu taşımacılığı olarak görülmektedir. Ancak ağır ve yüksek hacimli yükler, karayolu yük taşımacılığının verimli olmadığı bir konudur. Bu tür taşımalar genellikle deniz yoluyla yapılmakta olup deniz yoluna alternatif olarak da demiryolu taşımacılığı kullanılmaktadır [14].

Türkiye’de demiryolu taşımacılığında karşılaşılan sorunları aşağıdaki gibi sıralamıştır [21]:

- ✓ Demiryolu ulaştırma ağının yetersiz olması

- ✓ Demiryollarının kombine taşımacılık ile entegre olamaması
- ✓ Önemli limanları demiryolu ile beslenme oranının düşük olması
- ✓ Organize sanayi bölgelerinin arasında demiryolu bağlantısının olmaması
- ✓ Kombine yük taşımacılığına uygun istasyonların az olması
- ✓ Hızlı tren taşımacılığının yeni olması sebebiyle yük ve yolcu taşımacılığındaki kapasite azlığı
- ✓ Demiryollarında yan sanayinin gelişmemesi
- ✓ Demiryolu ile ilgili genel bir hukuki düzenlemenin bulunmaması ve mevzuatta eksiklikler olması

3.3.5. Boru hattı taşımacılığı

Boru hattı taşımacılığı petrol, doğalgaz gibi ürünlerin çıkarıldıkları ve/veya işlendikleri yerden, uzak mesafelerdeki dağıtıcılara kesintisiz bir sistemle ulaştırılmasını sağlayan bir taşımacılık modudur.

Ülkemiz üzerinden boru hatları ile yapılan ham petrol taşımacılığı Çizelge 3.6'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Yıllara göre ham petrol taşımacılığı miktarları (bin varil) [22]

	IRAK- TÜRKİYE HPBH	CEYHAN- KIRIKKALE HPBH	BATMAN- DÖRTYOL HPBH	ŞELMO- BATMAN HPBH	BTC (BİL) HPBH
1990	339.939	21.130	22.544	1.526	-
1991	-	17.697	27.944	1.332	-
1992	-	20.374	25.732	1.295	-
1993	-	24.210	23.041	804	-
1994	-	22.648	22.289	1.088	-
1995	-	24.887	20.146	832	-
1996	5.215	29.642	16.979	751	-
1997	134.562	27.644	18.753	703	-
1998	277.671	23.435	17.128	644	-
1999	305.603	28.897	17.767	611	-

Çizelge 3.6. Yıllara göre ham petrol taşımacılığı miktarları (bin varil) [22] (devamı)

	IRAK- TÜRKİYE HPBH	CEYHAN- KIRIKKALE HPBH	BATMAN- DÖRTYOL HPBH	ŞELMO- BATMAN HPBH	BTC (BİL) HPBH
2000	285.716	24.751	18.904	825	-
2001	230.855	24.779	19.836	793	-
2002	175.667	26.510	18.482	691	-
2003	60.824	26.357	9.417	851	-
2004	37.685	24.601	9.488	767	-
2005	13.166	25.986	10.108	634	-
2006	12.930	27.381	10.822	535	57
2007	39.833	23.003	10.147	507	210.352
2008	135.522	21.427	11.060	-	264.092
2009	167.600	20.173	12.210	-	285.492
2010	132.278	17.189	10.612	-	288.173
2011	147.175	20.145	10.065	-	257.145

3.3.6. Karma taşımacılık

Diğer bir adıyla entegre taşımacılık; taşımacılığın birden fazla yöntem kullanılarak gerçekleştirilmesidir. “Taşıma sistemlerinin taşıma operasyonundan yararlanma ağırlığına ve ürünlerin standart ya da ayrı parçalar halinde taşındıklarına bakılmaksızın, birden fazla taşıma modu ile taşındıkları taşımacılık sürecini ifade etmektedir.” [14].

Farklı taşımacılık sistemlerinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Gerek doğal koşulların getirdiği zorunlulukla gerekse de sistemlerin avantajlı yanlarından olabildiğince yararlanıp dezavantajlı yanlarından kaçınmak amacıyla karma taşımacılık kavramı ortaya atılmıştır. Bu taşımacılık sisteminde aynı ürün/yük iki veya daha fazla taşımacılık modu kullanılarak taşınır [6].

Başarılı bir karma taşımacılık sistemi kurabilmek için kullanılacak taşıma modları ürüne ve güzergaha (yol durumu, iklim koşulları vs.) uygun seçilmeli ve birbirlerine iyi entegre

edilmelidir. Bunun için de planlama özenle yapılmalı ve farklı olaylar için çözüm senaryoları geliştirilmelidir.

Karma taşımacılıkta sıklıkla kullanılan kombinasyonlar karayolu – demiryolu, karayolu – denizyolu, karayolu – havayolu taşımacılığıdır. Bu taşımacılık sistemleri ile ilgili özet bilgi aşağıda verilmiştir [6]:

1. Karayolu – Demiryolu Taşımacılığı: Aynı sevkiyat kapsamında karayolu ve demiryolu taşımacılık modlarının birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilen karma taşımacılık olup kombine taşımacılık haline RO – LA (Rollende Landstrasse) denilmektedir.
2. Karayolu – Denizyolu Taşımacılığı: Aynı sevkiyat kapsamında karayolu ve denizyolu taşımacılık modlarının birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilen karma taşımacılık olup kombine taşımacılık haline RO – RO denilmektedir.
3. Karayolu – Havayolu Taşımacılığı: Aynı sevkiyat kapsamında karayolu ve havayolu taşımacılık modlarının birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilen karma taşımacılık sistemidir.

Karma taşımacılık, modlar arası taşımacılık, çok modlu taşımacılık, kombine taşımacılık olarak 3 sınıfta incelenebilir:

Modlar arası taşımacılık

İntermodal Taşımacılık olarak da adlandırılan bu taşımacılık sisteminde amaç taşıma modlarının avantajlı olduğu bölgelerde kullanılacakları bir güzergah belirlemektir. Bunu yaparken de tek bir taşımacılık moduna bağlı kalınmamaktadır [14]. Aynı taşıma aracı veya kabı ile iki veya daha fazla taşımacılık modu kullanılarak yapılan, mod değişimlerinde araç veya kap içindeki yüklerin herhangi bir elleçlemeye tabi tutulmadığı bir taşımacılık sistemidir [6]. International Transport Forum (2009) tarafından bildirilen görüşe göre intermodal taşımacılık, yükleme ünitelerinin bir taşımacılık modundan diğerine aktarılmasını kolaylaştıran teknolojiler dizisidir.

Çok modlu taşımacılık

Literatürde “Multi – Modal Transportation” olarak da adlandırılır. İki ya da daha fazla

taşımacılık modu kullanılarak yapılan, mod değişimlerinde araç veya kap içindeki yüklerin elleçlendiği taşımacılık sistemidir [6]. Genellikle modlar arası taşımacılık ile karıştırılır. Ortak noktaları ikisinde de farklı taşımacılık türleri kullanılmasıdır. Farkları ise 1980 yılındaki Birleşmiş Milletler Multimodal Konvansiyonu'nda açıklanmıştır. Çok modlu taşımacılık karayolu taşımacılığı ile başlar ve karayolu taşımacılığı ile sonlanır. Aradaki taşımalar diğer taşıma modları ile gerçekleştirilerek karayolu taşımacılığı azaltılmaya çalışılır [14].

Kombine taşımacılık

Farklı taşıma modlarının avantajlı yönlerinden faydalanıp dezavantajlı yönlerinden kaçınmak amacıyla tercih edilen bir taşımacılık türüdür. Özellikle demiryolu taşımacılığı daha yüksek oranda tercih edilir. Ancak diğer karma taşımacılık sistemlerinden farkı kullandığı standart taşıma üniteleridir. Bu sistemde ürünler bir taşıma sisteminden diğerine aktarılırken elleçlemeye tabi tutulmazlar. İçinde buldukları standart kap konteyner, palet gibi üniteler kullanılarak diğer taşıta aktarılır. Bu sayede parça parça yüklerin elleçlenmesi yerine standartlaştırılmış kaplar, belirlenmiş üniteler kullanılarak aktarılmış olur. Ürün elleçlenmeye tabi tutulmadığı için iyi ambalajlandığı takdirde aktarım sırasında sarsıntı nedeniyle oluşabilecek kırılma, bozulma, zarar görme gibi olumsuz durumlarla karşılaşma riski azalacaktır. Kombine taşımacılığın diğer bir avantajı da farklı taşıma türlerinin kullanılmasına karşılık tek senet düzenlenmesidir. Bu sayede gümrük işlemlerini kolaylaştırarak zaman kaybını önlemektedir [14].

Lojistik yönetimi ile üretim sistemi, ürün, müşteri talep ve ihtiyaçları dikkate alınarak, doğal koşullar, mevcut ekonomik ve siyasal konjonktür bazında taşımacılık modu seçilir.

3.3.7. Taşımacılık türlerinin kıyaslanması

Ülkemizde kullanılan temel taşımacılık modları karayolu, denizyolu, demiryolu, havayolu ve boru hattı taşımacılığıdır. Bu beş temel taşımacılık sistemi; kapıdan kapıya hizmet, fiyat, hız, güvenilirlik, paketleme ihtiyacı, kayıp ve hasar riski, esneklik ve çevreye olumsuz etki olmak üzere sekiz kriter temelinde çizelge 3.7'de incelenmiştir.

Çizelge 3.7. Taşımacılık sistemlerinin farklı durumlar için kıyaslanması [23]

	Karayolu	Su Yolu Deniz Yolu	Demiryolu	Havayolu	Boru Hattı
Kapıdan kapıya hizmet	Var	Bazen	Bazen	Yok	Bazen
Fiyat	Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Çok Yüksek	Çok Düşük
Hız	Hızlı	Çok Yavaş	Yavaş	Çok Hızlı	Yavaş
Güvenilirlik	Orta	Düşük	Orta	Çok Yüksek	Çok Yüksek
Paketleme İhtiyacı	Orta	Yüksek	Yüksek	Düşük	Gerek Yok
Kayıp ve Hasar Riski	Orta	Orta	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
Esneklik	Yüksek	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Çevreye Olumsuz Etki	Yüksek	Düşük	Düşük	Orta	Düşük

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde rota belirleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmanın amacı askeri sistemler için güvenilir ve düşük lojistik maliyetleri gerektiren bir rota belirlemektir. Bu amaç çerçevesinde çalışmanın ana odak noktası yönlü bir şebeke üzerinde iki amaçlı rota optimizasyonudur. Bu doğrultuda literatürde başta askeri olmak üzere benzer sistemlerle ilgili çalışmalar ve güvenli rotalar bulmayı amaçlayan çok amaçlı çalışmalar incelenmiştir.

Ülkemizde afet gibi olağandışı durumlarda askeri personel büyük oranda görev almaktadır. Barbarosoğlu ve arkadaşları [24] afet yardımında yapılan helikopter operasyonları için karma tamsayı matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Problemden karar düzeyi iki seviyeye ayrılmıştır. İlk seviye taktik kararların verildiği üst seviyedir. Bu seviyede filo-pilot kararları verilmektedir. İkinci seviye ise rotalama ve yükleme kararlarının verildiği temel seviyedir. Ayrıştırılmış seviyeler arasındaki bütünleştirme bilginin temel seviyeden üst seviyeye gönderildiği, iteratif koordinasyon prosedürü ile sağlanmaktadır. Birbiriyle çelişen amaç fonksiyonları nedeniyle çok kriterli analiz kullanılmıştır.

Hu ve arkadaşları 2002 [25] yılında yaptıkları çalışmada tersine lojistik ağlarının optimizasyonu ile ilgilenmişlerdir. Tayvan'ın Nan-Tzi Endüstriyel Üretim Merkezi'nde farklı cinslerdeki zararlı atıkların tersine lojistik sisteminin iyileştirilmesi için kesikli zamanlı, doğrusal amaçlı matematiksel model kullanmışlardır.

Faulin 2003 [26] yılında çok aşamalı MIXALG algoritması temelinde rota çizelgeleme çalışması yapmıştır. Uygulama yeri olarak Navarra (İspanya)'da bulunan Alimentos Congelados S.A. (Konserve Fabrikası)'yı seçmiştir. Karma algoritma prosedürü olarak MIXALG'ı ve Clarke–Wright'ın değişken metodu ALGACEA'yı kullanmıştır.

Gue 2003 [27] yılında yaptığı çalışmada karadan desteklenen deniz birliklerine sağlanan lojistik hizmeti üzerinde durmuştur. Çalışma kapsamında Amerikan Deniz Piyadeleri (U.S. Marine Corps) için savaş dönemlerinde daha etkili hizmet sağlayacak bir sistem ortaya koymuştur. Yaygın olarak kullanılan lojistik tekniği, karadan büyük partiler halinde sevkiyattı. Bu sistem birliklerin küçük ve hareket kabiliyeti yüksek güçlerle beslenmesini önermektedir. Bu sayede de karada tutulan stok miktarı minimize edilecektir. Çalışmada

çok dönemli tesis yerleşimi ve malzeme akış modeli geliştirilmiştir. Bu modellerle, önceden belirlenmiş savaş düzenine karada minimum stoklama yaparak malzeme sevkiyatı gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Sonuçta tüm teslimatın havayolu ile yapılması, kısıtlı bir karadan dağıtım tesisi kurularak teslimatın kara ve havayollarının bütünleştirilmesiyle gerçekleştirilmesi, son olarak da gerçekleştirilemeyen sevkiyat olarak 3 muhtemel çıktıya ulaşılmıştır. Dağıtım ağını belirlemede etkili olabilecek faktörler denizin karaya göre konumu, muharebe birliğinin elindeki mevcut stok, kara ve hava ulaştırma araçlarının miktar ve yükleme açısından uygunluğu, birliğin hareket zamanlamasıdır. Birden fazla birliğin hareket halinde olması durumunda tedarik imkânı azalacaktır. Eğer ihtiyaç duyulan birimler yüksek derecede öneme sahipse model tedarikin gerçekleştirilmesini ve olabildiğince çabuk bir şekilde geri dönüş yapılmasını sağlamaktadır. Malzemelerin önceden kararlaştırılmış bir noktaya insansız olarak ulaştırılmaları da önerilebilir. İhtiyaç duyan birlik birimleri bu noktadan kendi araçlarını kullanarak alabilir. Model ulaştırma talebinin birliğin ve tedarik sağlayıcının hareketleri temelinde zaman içinde değişebileceğini dikkate almıştır. Ayrıca hedefler için gerçek uzaklıklar kullanılmıştır. Çalışma kara – deniz harekâtlarının lojistik planlarının gerçekliğinin ölçülmesi açısından önemli sonuçlar vermektedir. Ayrıca savaş stratejisi çerçevesinde güçlerin nasıl ve nerelere yerleştirileceği de bu model kullanılarak belirlenebilir. Bu sayede algoritmadan karar destek sistemi olarak da yararlanılabilir.

Cusick 2004 [28] yılında Amerikan Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda lojistiğin iyileştirilmesi çalışması yapmıştır. Barış zamanı ve savaş zamanında personel, malzeme ve teçhizatın havaalanları ile sevkiyatı problemini BRACE isimli simülasyon programı ile incelemiştir.

Silva ve arkadaşları 2005[29] yılında yaptıkları çalışmada tedarik zincirinde lojistik sürecinin çizelgeleme problemi olarak optimizasyonu üzerinde durmuşlardır. Fujitsu-Siemens Bilgisayar'da gerçekleştirdikleri uygulamada genetik algoritma ve karınca kolonisi algoritmasını kullanmışlardır.

Sheu 2006 [30] yılında yaptığı çalışmasında Tayvan'da bulunan Taipei isimli bir lojistik kuruluşunda gruplandırma tabanlı dağıtım dinamik programlama yaklaşımı ile optimize etmeye çalışmıştır. Bunun için Bulanık Kümeleme ve Dinamik Programlama araçlarını kullanmıştır.

Alshamrani ve arkadaşları 2007 [31] yılında Amerikan Kızıl Haç'ında tersine lojistik sistemi konusunda çalışmışlardır. Bu çalışma kapsamında kan dağıtımı ve toplanmasını içeren dinamik lojistik problemi üzerinde durmuşlardır. Problemi taleplerin olasılıklı belirlendiği, ceza maliyetli sezgisel kısımlar içeren matematiksel model ile çözmüşlerdir.

Sheu 2007 [32] yılında yaptığı çalışmada otomobil ve bilgisayar parçaları üreten bir firmada lojistik sisteminin rotalama çalışmasını yapmıştır. Çalışmasında müşterileri taleplerini göz önünde bulundurarak gruplama yapmış ve amaçlarına göre önceliklerini saptayıp rota optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu amaç doğrultusunda bulanık kümeleme teknikleri ve çok amaçlı optimizasyon kullanmıştır.

Silva ve arkadaşları 2005 [33] yılında yaptıkları çalışmanın geliştirilmiş halini 2007'de tekrar sunmuşlardır. Yeni sistemde lojistik sisteminin çizelgeleme problemi olarak ele alınmasının yanı sıra bulanık ağırlıklandırılmış bütünleştirme ile optimizasyon yapılmıştır. Çalışma yine Fujitsu – Siemens Bilgisayar'da yapılmış olup Genetik algoritma, karınca kolonisi algoritması, sevk kuralları (en kısa teslim zamanı, önceliğe göre sıralama, ağırlıklandırılmış gecikmeler) kullanılmıştır.

Saadatseresht ve arkadaşları 2009 [34] yılında yaptıkları çalışmada afet yönetimi kapsamında insanların felaket bölgesinden güvenli alanlara taşınması üzerinde durmuşlardır. Çalışma Tahran (İran)'da gerçekleştirilmiş olup çok amaçlı evrimsel algoritma (NSGA-II) ve coğrafik bilgi sistemi kullanılmıştır.

Yıldırım ve arkadaşları (2009) [35] yaptıkları çalışmada askeri lojistiğin dağıtılma düzeninin gerçekleştirilebilirliğini ve duyarlılığını stokastik şartlar altında değerlendirmişlerdir. Büyük ölçekli, başlangıç noktasından varış noktasına giderken çok modlu taşımacılık kapsamında farklı ulaştırma tiplerinin kullanıldığı, gerçek bir askeri lojistik planlaması problemi ayrık olay simülasyonu biçiminde modellenmiştir. Barış zamanı askeri birimler farklı ulaştırma modları kullanarak varış noktalarına ulaşabilmektedirler. Ancak kritik durumlarda zaman oldukça önemlidir. Kısıtlı kaynak en kısa sürede ihtiyaç duyulan yere ulaştırmalıdır. Buna karşın zorunlu transfer noktalarında beklemeler, trafik, kaza gibi beklenmedik olaylar gecikmelere sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle süreç stokastik olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, planların önceden bilinmeyen bir nedene bağlı olarak değişim göstermesi gerektiğindeki esneklik düzeyi

belirlenmiş oldu. Kurulan simülasyon modeliyle, planlarda belirli düzeylerde değişiklik yapılması gerekirse, birimlerinin ne zaman ve hangi yüzdede ihtiyaç noktalarına ulaşabilecekleri bilgisi de sağlanabilmektedir.

Çatay 2010 [36] yılında yaptığı çalışmada her bir müşteriye yalnızca bir kez uğranacak şekilde en kısa rotanın belirlenmesi üzerinde durmuştur. Bu kapsamda literatürdeki bilinen çalışmaların verilerine Karınca Kolonisi Algoritması'nı uygulamıştır.

Máhr ve arkadaşları 2010 [37] yılında Hollanda'daki bir lojistik hizmet sağlayıcı olan LSP'de dinamik araç rotalama çalışması yapmışlardır. Karma tamsayı programlama, on – line optimizasyon, çok ajanlı sistem kullanarak ajan tabanlı sistemleri incelemişlerdir.

Bosona ve Gebresenbet 2011 [38] yılında izlenebilirliği arttırılmış, çevreye etkisi azaltılmış etkin bir dağıtım sistemi geliştirmeye çalışmışlardır. Uygulama alanı olarak İsveç'deki 90 yiyecek üreticisi ve 19 yiyecek dağıtıcısı seçilmiş olup; kümeleme, coğrafik bilgi sistemi ve Route LogiX programı kullanılmıştır.

Fang ve arkadaşları 2011 [39] yılında acil durumlarda kalabalık alanlardaki insanların güvenli bölgelere transferi ile ilgili çalışmışlardır. Bu kapsamda Wuhan Sport Merkezi (Çin)'nde insanların güvenli bir alana, izdihama yol açmadan, en kısa yoldan ve en kısa zamanda yönlendirilmesi için rota tespiti yapmayı amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda Çok Amaçlı Optimizasyon ve Karınca Kolonisi Algoritması kullanmışlardır.

Faulin ve arkadaşları 2011 [40] yılında yaptıkları çalışmada rota optimizasyonu sırasında çevresel etkileri de dikkate almışlardır. Uygulama için Navarre (İspanya)'de bir konserve fabrikası seçilmiştir. Mole and Jameson's algoritması ve AWEC algoritması kullanılmıştır.

Lin ve arkadaşları 2011 [41] yılında yaptıkları çalışmada afet durumunda acil durum lojistiği üzerinde durmuşlardır. Çalışmanın modeli; çok birimli, çok araçlı, çok periyotlu, yumuşak zaman pencereli bölünmüş bir dağıtım stratejisi ile öncelikli olarak tanımlanan öğelerin, ihtiyaç duyulan yerlere ulaştırılması için çok amaçlı tam sayılı programlama metodolojisi ile formüle edilmiştir. İki sezgisel yaklaşımdan faydalanılmış ve modelin etkin olarak çözülebilmesini sağlamak için mümkün turlar sınırlandırılmıştır.

Martinez ve arkadaşları 2011 [42] yılında Uluslararası Kızıl Haç Komitesi, Uluslararası Kızıl Haç Federasyonu, Dünya Gıda Programı ve Uluslararası Dünya Vizyonu ile ortak çalışma gerçekleştirmişlerdir. İnsani yardım organizasyonlarının filo yönetimi, kritik faktörleri ve etkileri Afrika, Ortadoğu ve Avrupa yöneticileri ile 40'dan fazla görüşme yapılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Øvstebø ve arkadaşları 2011 [43] yılında belirlenmiş rotalarda RoRo gemilerine yüklerin istiflenmesi çalışması yapmışlardır. Çalışmada kamyon ve araba taşımacılığı yapan bir RoRo gemisi baz alınmış olup karma tamsayı programlama kullanılmıştır.

Wang ve Li 2011 [44] yılında yaptıkları çalışmada çok amaçlı programlama üzerinde durdukları bir lojistik problemi çözmüşlerdir. Problem teslimat için yolun minimize edilmesi ve zaman çerçevesi içinde müşteri tatmininin artırılması amaçlarını içeren bir araç rotalama problemidir. Kurulan çok amaçlı optimizasyon modelinin çözülmesi için ise genetik algorithmadan faydalanılmıştır.

Ehr Gott ve arkadaşları 2012 [45] yılında ulaşım zamanını minimize edecek uygun rota belirlenmesi için çalışmışlardır. Uygulama Auckland (Yeni Zelanda)'da yapılmış olup; iki amaçlı rotalama ile Raith ve Ehr Gott (2009)'ın en kısa yol algoritması kullanılmıştır.

Garcia ve arkadaşları 2012 [46] yılında yaptıkları çalışmada şarap endüstrisinde lojistik faaliyetlerinin performans ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Uygulama için Mendoza (Arjantin)'da bulunan 6 şarap üreticisinin verileri kullanılmıştır. Problem SCOR (Supply Chain Operations Reference) modeli ile çözülmüştür.

Jie ve Wen [1] yaptıkları çalışmada 6R temelli askeri lojistik kavramını ortaya atmışlardır. Bu yapı üretim sistemlerinde kullanılan tam zamanlı üretim, just in time (JIT), tabanlı bir yaklaşımdır. 6R “hızlı cevap” (Quick Response), “doğru zaman” (Right Time), “doğru kalite” (Right Quality), “doğru miktar” (Right Quantity), “doğru fiyat” (Right Price), “doğru yer” (Right Place) amaçlarına ulaşmayı kast etmektedir. Çalışma, bir takım departmanların üç bölüme ayrılıp 6R amaçlarını gerçekleştirmek üzere bütünleştirilmesini içermektedir. Yeniden oluşturulan askeri lojistik ağı, esnek organizasyonel yapı yardımıyla değişen çevre koşullarına daha yüksek düzeyde uyumu sağlamaktadır.

Li ve arkadaşları 2011 [47] yılında Kuzey Carolina (ABD)'da afet lojistiği üzerine çalışmışlardır. Olası bir kasırga sonrası kurulacak barınakların yerlerinin optimizasyonu; karma tamsayıli iki aşamalı stokastik programlama ve Lagrange gevşetme algoritması ile gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Özdamar ve Demir 2012 [48] yılında yaptıkları çalışmada İstanbul için büyük tehdit oluşturan “Beklenen Büyük İstanbul Depremi” ile ilgili bir senaryo çalışması yapmışlardır. Çalışma İstanbul'da bulunan Afet Koordinasyon Merkezi'nde gerçekleştirilmiş olup çok amaçlı hiyerarşik kümeleme ve rotalama yapılmıştır.

Wohlgemuth ve arkadaşları 2012 [13] yılında yaptıkları çalışmada afet lojistiğinde hızlı teslimat için dinamik yaklaşım üzerinde durmuşlardır. Uygulama için çeşitli nakliye acentalarından veriler toplanmış olup; kümeleme ve çok aşamalı karma tamsayıli programlama kullanılmıştır.

Yan ve arkadaşları 2012 [49] yılında yaptıkları çalışmada para transferi için etkin ve güvenli rota belirleme üzerinde durmuşlardır. Uygulama için Tayvan'da bir taşıyıcı firmasını seçmiş olup; uzay – zaman ağı tekniği ve tam sayılı çoklu mal şebekesi akışı yöntemlerini kullanmışlardır.

Mora ve arkadaşları [50] İspanyol askeri teşkilatı için yaptıkları çalışmada hızlı ve güvenli yolları bulabilmek için arı kolonisi algoritmasını kullanmıştır. Bu algoritma başlangıç noktasından hedef noktasına doğru bir rota çizerken güvenlik ve hız amaçlarına ulaşmada denge sağlamaktadır. Problem iki amaca sahip olduğu için çok kriterli askeri birim yol bulma problemi ((MUPFP-2C)) olarak ifade edilmiştir. Çalışmada her birim için enerji ve kaynak seviyeleri belirlenmiştir. Bu seviyeler birim hareket ettikçe; tehdit, bulunduğu yükseklik gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak azalmaktadır. Ayrıca taşınması yapılan materyallerin silahsız olduğu varsayımı yapıldığı için, taşıma sırasında düşman ateşine maruz kalması durumunda da sahip olduğu seviyeler düşmektedir. Bu durumda algoritma amacı enerji ve kaynak tüketimlerini minimize etmektir. Farklı sayıda amaç fonksiyonları için hCHAC[-2], hCHAC-4, mono-hCHAC algoritmaları kullanılmıştır. hCHAC algoritmasının iki amaçla ilgilenildiğinde oldukça iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Eski dikdörtgen yapıdaki şebeke ile yeni hegzagonal ızgara yapısı test edildiğinde de yeni yapının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Sebbah ve arkadaşları [51] Kanada Silahlı Kuvvetleri'nin lojistik dağıtım planlaması için 2013 yılında yeni bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu çalışmada yiyecek, tıbbi malzeme gibi lojistik birimler kamyon ve helikopterler yardımıyla taşınmaktadır. Bu nedenle çok modlu taşımacılığa da bir katkı niteliğindedir. Lojistik operasyon maliyetlerini düşürürken bir yandan da zaman ve güvenlik kısıtlarına da önem verilerek taktik düzeyde etkin ve verimli bir lojistik dağıtımını gerçekleştirilmesi amacıyla lojistik planlama modeli kurulmuştur.

Kang ve arkadaşları 2014 [52] yılında yaptıkları çalışmada tehlikeli madde taşımacılığı problemi ile ilgilenmişlerdir. Çalışmada değer – risk konusunun nasıl daha gerçekçi biçimde uygulanabileceği ve Lagrangian gevşetmesinin etkin bir sonuç için algoritmayla nasıl bütünleştirilebileceği gösterilmiştir.

Literatür incelendiğinde çalışmalarda sadece tek taşıma modunun dikkate alındığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında da literatüre benzer olarak yalnızca karayolu taşımacılığı üzerine çalışılmıştır. Ancak literatürde taşınan malzemelerin değerine göre rota belirlenmemiştir. Yol için ihtiyaç duyulan güvenlik düzeyi malzemenin çeşidine göre değişmelidir. Bu çalışma çok amaçlı rota optimizasyonu çalışmalarına taşınan malzemenin önemine göre rota belirlemekle ilgili bir model eklemektedir. Model deterministik olup karma tamsayı yapıdadır.

5. RİSK ANALİZİ METODLARI KULLANILARAK GÜVENİLİR VE EN KISA LOJİSTİK AĞI TASARIMI

Bu bölümde güvenilir bir lojistik ağ tasarlamak için geliştirilmiş iki amaçlı matematiksel model sunulmaktadır. Modelden önce, çözümünde kullanılan araç ve yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

5.1 Kullanılan Araç ve Yöntemler

5.1.1. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS)

Coğrafi bilgi sistemleri, gelişen dünyada bilimsel ve ticari çalışmalarını kolaylaştırmak, bilgi akışını hızlandırmak için güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) sayesinde büyük miktardaki coğrafi bilgi saklanabilir, işlenebilir ve analiz edilebilir durumdadır. CBS büyük miktardaki veriyi toplama, depolama, işleme ve analiz etme imkanı sağlayan önemli bir sistemdir [54].

Huag ve Pan 2007 [53] yılında yaptıkları çalışmada CBS'yi trafik kazalarına hızlı müdahale edebilmek amacıyla yaptıkları bir optimizasyon çalışmasında kullanmışlardır. Yazarlar CBS'yi kazalar, yol durumu, trafik işaretleri ve ilgili ulaşım bilgileri saklayan ve gerektiğinde ilgili bölgenin mekânsal verisini alabilecekleri bir veri ambarı olarak kullanmışlardır. CBS anlık trafik bilgisi vermediği için çalışma trafik simülasyon sistemi eklenerek geliştirilmiştir.

CBS yalnızca lojistik uygulamalarında kullanılan bir araç olmayıp sağlık sektörü ile ilgili araştırmalarda da tercih edilen bir uygulamadır. Arslan ve arkadaşları Kocaeli ilinde perinatal ölümler ile ilgili 2012 yılında yaptıkları araştırmada bölgesel farklılıkların seçilen zaman diliminden mi, yoksa bölgesel risk faktörlerinden mi kaynaklandığını belirlemek amacıyla CBS'den yararlanmışlardır. İlgili veriler aylık bazda geodatabase'e işlenmiş ve CBS kullanılarak analiz edilerek farklı bölgelere ait desenler ortaya çıkarılmıştır. Çalışma sonucunda perinatal ölümlerle kötü çevre koşulları büyük oranda ilişkili çıkmıştır [55].

Salim 2010 yılında Mısır'da sera gazı salınımını azaltmak amacıyla güneş enerjisiyle deniz suyu arıtmak için yeraltı sularının konumunu belirlemek amacıyla CBS kullanmıştır [56].

Çalışmada CBS karar destek sistemi olarak kullanılmış olup analiz için akifer derinlik, akifer tuzluluk, Nil Vadisine mesafe, kum tepeleri, kaya hataları gibi bir çok kriter göz önünde bulundurulmuştur.

Chuvieco ve arkadaşları 2009 [57] yılında uzaktan algı yöntemiyle yangın riski değerlendirmesi çalışması için CBS kullanmışlardır. Orman yangınları hem bitki örtüsünde hem de toprak ve hava kalitesinde bozulmaya neden olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında hem ekolojik hem de ekonomik olarak önemli bir çalışmadır. CBS'den uzaktan algılama teknolojileri ile birlikte girdi değişkenlerinin üretimi için faydalanılmıştır.

Herrero-Jiménez 2012 [58] yılında çevresel etkilerin belirlenmesi için uzman sistemlerin kullanımı ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Geleneksel yöntemler kullanıldığında matrisler ve sebep-sonuç diyagramları gibi araçlar yardımıyla çevresel etkiler belirlenip, değerlendirilmektedir. Bu çalışmada ortaya konulan uzman sistem yapısı, çevresel etkilerin belirlenmesinde bir araç görevi üstlenmektedir. Uzman sistem motor ara yüzü, kullanıcı ara yüzü ve veri tabanı oluşturmak için CBS tabanlı yapılandırılmıştır. Çalışma Madrid (İspanya)'de bulunan R – 3 otoyolunda uygulanmıştır.

Supatimusro ve arkadaşları 2012 [59] yılında yaptıkları çalışmada Ayutthaya (Tayland) havzasında kirlilik ölçümü ve izlenmesi için CBS kullanmışlardır. Kullandıkları Arc – Info tabanlı sistem sayesinde coğrafik, meteorolojik ve hidrolojik verileri birlikte inceleme şansı bulmuşlardır.

Quesnel-Barbet ve arkadaşları [60] CBS'nin sağlık sektöründeki yenilikçi bir uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. 2013 yılında yapılan bu çalışma üç devlet hastanesini içermekte olup, bunların sağlık bilgi sistemi istatistikleri ve ilişkilendirilmiş haritalarını buldurmaktadır. Çalışma sonucunda Nord-Pas-de-Calais E-Atlas kullanıcıların bu haritaları güvenli web haritalama teknolojisi ile görüntüledikleri belirtilmiştir. Bu sisteme dahil olan hastane sayısı arttıkça bilgi sistemine girilen veri türleri ve boyutlarına da bağlı olarak birçok farklı konuda analizler gerçekleştirilebilecektir.

Wei ise 2011 [54] yılında CBS'yi turizm alanında kullanmıştır. Çalışma CBS'nin kapsamlı tematik harita üretimi, coğrafi analizlere imkan sağlaması, veri toplama, işleme gibi

işlemleri gerçekleştirmesi nedeniyle turizm yönetiminde önemli bir rolü olduğunu ortaya koymuştur.

Bu tezde CBS rota belirlemek için karar vericinin kararını etkileyen gerçek yol özelliklerinin hassas bir biçimde alınmasını sağlamaktadır. Bu özellikler bitki örtüsü, yerleşim durumu, yol tipi ve yüksekliktir. Araçların geçtiği her bir yolun özelliği detaylı olarak CBS'den edinilmiştir.

5.1.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

AHP ilk olarak 1968 yılında ortaya atılmış olup, kararı etkileyen kriterler ve bu kriterler bazında seçeneklerin birebir karşılaştırılmasından oluşan bir karar verme yöntemidir. Saaty bu 1977 yılında bu yöntemi geliştirerek karar vermek için etkin bir aracı literatüre atmıştır.

Sánchez-Lozano ve arkadaşları [61] CBS ve çok kriterli karar verme yöntemlerini (AHP ve TOPSIS) bütünleştirerek Cartagena (İspanya)'da fotovoltaik güneş enerjisi santrallerinin yerlerinin belirlenmesi üzerine olan çalışmışlarında; iklim, arazi ve mevki gibi faktörleri göz önünde bulundurularak optimal alanı bulmuşlardır.

AHP çok ölçütlü karar verme yöntemi olup aynı birime sahip olmayan farklı kriterler temelinde karar vermeye yardımcı bir araçtır. Bu tez çalışmasında coğrafi bilgi sisteminden ilgili yolun etrafında okul, yerleşim bölgesi, sağlık binası veya resmi/askeri bina olması durumu, yolun özellikleri, bitki örtüsü ve yükseklik verisi alınmış olup, bu veriler AHP yöntemiyle bütünleştirilerek yollar için tercih edirlilik değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır.

5.2. Model ve Uygulama

Model karma tam sayılı iki amaçlı bir programlama modeli olup aşağıda verilmiştir.

5.2.1 Model

Notasyonlar:

i yollar kümesi

l malzemeleri gönderen kaynak düğümlerinin kümesi

m malzemeleri alan talep düğümlerinin kümesi

U ürünler kümesi

dis_i her bir yolun uzunluğu

r_{ui} her bir yolun u ürünü için tercih edilirlilik düzeyi

B başlangıç veya bitiş düğümlerine bağlı direkt oklar kümesi

C ilgili düğüme direkt giren oklar kümesi

D ilgili düğümden direkt çıkan oklar kümesi

I yollar

N düğümler

$akis_{ulmi}$ u ürünün l düğümünden m düğümüne i yolu kullanılarak aktarıma uygunluğu

arz_{ul} u ürününün l düğümünden arz miktarı

$talep_{ul}$ u ürününe l düğümünün talep miktarı

M çok büyük bir sayı

y_{ui} u ürünü için i yolunu seçip seçmeme kararı (0,1)

x_{ulmi} l düğümünden m düğümüne i yolunu kullanarak geçen u ürünü miktarı

x_{ul} l düğümünün u düğümüne ait arz veya talep miktarı

Model:

$$\min \sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^m y_{ui} * dis_i \quad (5.1)$$

$$\max \sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^i y_{ui} * r_{ui} \quad (5.2)$$

$$y_{ui} = 1 \quad \forall u \quad (5.3)$$

$$y_{ui} - y_{ui} \leq 0 \quad \forall u \quad (5.4)$$

$$\sum_{i \in C} y_{ui} - \sum_{i \in D} y_{ui} = 0 \quad \forall u, l \quad (5.5)$$

$$akis_{ulmi} * x_{ulmi} = arz_{ul} - talep_{ul}$$

$$\sum_{i=1}^i \sum_{m=1}^m x_{ulmi} = 0 \quad \forall u, i \quad (5.6)$$

$$akis_{ulmi} * x_{ulmi} = 0$$

$$\sum_{i=1}^i \sum_{m=1}^m x_{ulmi} \leq M * y_{ui} \quad \forall u, i \quad (5.7)$$

$$x_{ulmi} \leq M * y_{ui}$$

$$\sum_{i=1}^i \sum_{m=1}^m x_{ulmi} \geq 0 \quad \forall u, l, m, i \quad (5.8)$$

$$y_{ui} = 0, 1 \quad \forall u, i \quad (5.9)$$

Denklem (5.1) modelin birinci amaç fonksiyonudur. Birinci amaç en kısa rotayı bulmaktır. İkinci amaç denklem (5.2) ile tanımlanmıştır. Bu ifade rota güvenilirliğinin en büyüklenmesini ifade etmektedir. Denklem (5.3) başlangıç ve ihtiyaç noktalarının rotada mutlaka yer almasını sağlamaktadır. Öncül ve ardıl ilişkileri denklem (5.4) ile tanımlanmıştır. Denklem (5.5) ve denklem (5.6) şebeke üzerinde malzeme akışını sağlayan eşitliği ifade etmektedir. Rota üzerinde yer almayan yollarda malzeme akışı denklem (5.7) ile engellenmektedir. Denklem (5.8) ve denklem (5.9) karar değişkenlerine ait işaret kısıtlarını göstermektedir.

5.2.2 Erzincan ili uygulaması

Model Erzincan il sınırları içinde bulunan askeri birliklere mühimmat dağıtımını yapmak üzere uygulanmıştır. Uygulamanın yapıldığı alanın haritası Ek-1'de verilmiştir. Harita üzerinde çalışılarak 111 yol ve başlangıç noktası da dahil olmak üzere 87 düğüm belirlenmiştir. Haritaya ilişkin şebeke ise Ek-8'de verilmiştir. Mühimmat olarak 10 farklı ürün seçilmiş olup, birliklerin her biri için talepler Çizelge 5.1'de verilmiştir. 87 düğüm noktası arasındaki uzaklıklar, öncüllük-ardıllık ilişkileri ile yollar CBS'den elde edilmiş olup Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Mühimmat-talep

Birlikler Mühimmat	1. Birlik Talebi (adet)	2. Birlik Talebi (adet)	3. Birlik Talebi (adet)
1	758	0	0
2	0	0	2000
3	0	0	158
4	79	0	0
5	85	47	85
6	16	20	27
7	63	0	0
8	152	0	0
9	10	5	14
10	40	22	70

Çizelge 5.2. Düğümler, öncüllükleri ve yol uzunlukları (metre)

Öncül Düğüm	Ardıl Düğüm	Yollar	Uzunluk
0	1	1	344,440,969
1	2	2	117,099,485
1	3	3	232,238,377
2	4	4	218,550,562
3	4	5	161,514,573
4	6	6	64,852,455
6	5	7	138,139,304
6	8	8	2,458,283
5	7	9	228,601,093
78	7	10	70,474,699
7	9	11	156,317,302
8	11	12	408,103,966
8	78	13	81,966,092
78	79	14	333,586,246
79	11	15	150,021,871
79	80	16	14,505,953

Çizelge 5.2(devamı). Dügümler, öncüllükleri ve yol uzunlukları (metre)

Öncül Dügüm	Ardıl Dügüm	Yollar	Uzunluk
79	81	17	87,501,816
11	48	18	102,523,591
48	12	19	142,964,924
12	80	20	225,263,387
80	13	21	112,900,258
81	13	22	113,766,236
13	10	23	135,205,195
9	10	24	364,765,216
10	15	25	607,989,231
13	14	26	528,511,845
14	15	27	51,816,917
14	17	28	231,236,201
15	16	29	469,947,441
17	18	30	568,630,465
18	19	31	120,818,715
19	20	32	131,875,633
16	20	33	496,140,774
16	22	34	530,687,324
20	21	35	588,019,756
22	21	36	274,241,312
22	24	37	187,198,665
21	23	38	236,906,923
24	25	39	289,187,401
23	26	40	363,023,032
25	27	41	358,959,585
26	27	42	303,699,784
27	28	43	956,506,999
28	29	44	202,593,204
29	30	45	384,418,452
29	40	46	433,785,943
30	31	47	222,424,413
31	82	48	24,280,671
40	82	49	1000000000
82	32	50	191,338,439
32	33	51	165,069,313
32	34	52	518,429,328
33	83	53	220,304,406
83	84	54	22,272,211
84	35	55	399,081,592

Çizelge 5.2. Dügümler, öncüllükleri ve yol uzunlukları (metre) (devamı)

Öncül Dügüm	Ardıl Dügüm	Yollar	Uzunluk
34	35	56	327,792,127
35	36	57	776,829,157
36	37	58	43,810,871
37	38	59	1,219,662,258
38	85	60	3,701,549
85	86	61	46,418,309
86	39	62	138,475,656
40	41	63	844,164,458
41	42	64	459,685,078
41	44	65	662,543,807
44	45	66	70,644,877
42	45	67	97,358,738
44	43	68	401,601,953
45	43	69	18,318,908
43	46	70	139,882,026
46	47	71	125,449,973
47	38	72	679,376,804
48	50	73	269,337,046
50	49	74	82,969,021
49	54	75	346,243,009
12	74	76	395,942,813
74	54	77	52,508,733
54	55	78	121,452,136
55	57	79	196,307,641
74	76	80	279,140,837
76	57	81	10,791,345
76	70	82	161,204,058
57	58	83	87,537,236
58	59	84	99,109,484
58	70	85	14,795,999
55	56	86	621,213,296
59	60	87	431,219,986
60	73	88	92,422,772
70	71	89	265,485,074
71	72	90	172,732,587
72	73	91	247,391,529
49	51	92	580,827,521
51	52	93	183,393,964
51	53	94	258,729,701

Çizelge 5.2. Düğümler, öncüllükleri ve yol uzunlukları (metre) (devamı)

Öncül Düğüm	Ardıl Düğüm	Yollar	Uzunluk
52	53	95	215,591,744
53	77	96	182,323,815
77	56	97	42,702,169
56	75	98	308,363,895
75	73	99	122,026,967
75	66	100	231,613,316
73	61	101	486,862,277
61	62	102	176,191,897
66	65	103	945,521,835
62	63	104	169,485,471
63	64	105	64,471,562
64	65	106	605,948,224
65	67	107	164,787,038
64	67	108	804,050,976
67	68	109	245,794,478
68	69	110	233,325,662
67	69	111	284,594,753

Varsayımlar

- ✓ Uygulamada 1 depo 3 birlik bulunmaktadır.
- ✓ Tüm düğümlere uğranması zorunlu değildir. Ancak birliklerin bulunduğu düğümlere ulaşılma zorundadır.
- ✓ Arz miktarı toplam talep miktarından fazladır.
- ✓ Şebeke daima ileri yönlüdür, geri dönüşlere izin verilmemektedir.
- ✓ Her birlik belirli mühimmatlardan belirli miktarda talep etmektedir. Talep edilen sayıdan fazla ya da az mühimmat dağıtılamamaktadır.
- ✓ Uzaklık verisi bir CBS yazılımı olan ArcGIS kullanılarak edinilmiştir.
- ✓ Tercih edilirlilik değerinin bulunması için bitki örtüsü, yerleşim, yol tipi ve yükseklik kriterleri dikkate alınmıştır.

Bu tez çalışmasında güvenilir ve en kısa rotanın belirlenebilmesi için iki amaçlı doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Modelin amaçlarından biri kat edilen yolun en küçüklenmesidir. Bunun için ihtiyaç duyulan veri ArcGIS'den elde edilmiştir. Diğer amaç ise mühimmatın zarar görmeden, güvenli bir biçimde ihtiyaç noktasına ulaştırılmasıdır. Yolların güvenlik düzeyi için ele alınabilecek kriterler yol ve çevre şartları ile yolda geçmişte gerçekleşmiş sabotaj olaylarıdır.

Gizlilik açısından sabotaj olaylara ilişkin verilere ulaşılması ve yayınlanması mümkün olmadığı için yol ve çevre şartları dikkate alınmıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi bu yol ve çevre şartları; bitki örtüsü, yerleşim, yol tipi ve yüksekliktir. Bu şartların birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesi ve ilgili şartların alternatifleri arasındaki tercih edirlilik durumunun ortaya konulabilmesi için alanında uzman 30 kişilik bir grubuna Saaty'nin 1-9 önem ölçeğine göre hazırlanmış Ek-2'de bulunan anketi uygulanmıştır. Saaty'nin önem ölçeği ile ilgili açıklamalar Ek-7'de verilmiştir. Anketin ilk sorusu bitki örtüsü, yerleşim, yükseklik ve yol tipi kriterlerinin birbirlerine göre önem derecesini ortaya koymak amacıyla. İkinci soru bitki örtüsü kriterinin seçenekleri olan boş arazi, bahçe, bağlık, meyvelik ve geniş yapraklı orman arasında tercih edirlilik açısından kıyaslama yapmaktadır. Üçüncü soru askeri araçların meskun mahalden geçişleriyle ilgili sosyolojik durumu göz önünde bulundurmaktadır. Gerek güvenlik gerekse bölgede yaşayan halkın ruhsal durumu için askeri araçların güzergahında bulunmasının tercih edirliliği açısından zehit kurumu, askeri bina, diğer resmi binalar, sivil yerleşim, sağlık kurumu ve mezarlık seçenekleri kıyaslanmıştır. Dördüncü soru Karayolu S3, Karayolu Patika, Karayolu Bölünmüş/Ayrılmış, Karayolu Yerleşim İçi, Karayolu DAY, Karayolu YAY, Karayolu S2, Köprü Taş/Beton seçeneklerinin pusu kurulması tehdidi, konfor ve güvenlik (kaza) açılarından birbirleriyle kıyaslanması için sorulmuştur.

Anket sonuçları matrislerin simetrik olma özelliğinin korunabilmesi için geometrik ortalama ile bütünleştirilerek bir ankete indirgenmiştir. Kriterler birbirleriyle bağımsız oldukları ve farklı birimlerde buldukları için bütünleştirilerek yollar için tercih edirlilik değerinin bulunması AHP ile sağlanmıştır. Kriterler ve alt kriterlerin hiyerarşisi Ek-9'de verilmiştir.

Geometrik ortalama sonucunda bitki örtüsü, yerleşim, yükseklik ve yol tipi kriterlerinin birbirlerine göre önem düzeyleri Çizelge 5.3'de verilmiştir. Bitki örtüsü tipinin getirdiği avantaj Çizelge 5.4'de, yerleşim tipinin getirdiği avantaj Çizelge 5.5'de, yol tipinin getirdiği avantaj Çizelge 5.6.'de gösterilmiştir.. Çizelge 5.3., Çizelge 5.4., Çizelge 5.5. ve Çizelge 5.6.'de verilen ikili karşılaştırma matrisleri simetrik matris olup yalnızca üst üçgenleri yazılmıştır.

Çizelge 5.3. Kriterlerin önem düzeyleri

	Bitki Örtüsü	Yerleşim	Yükseklik	Yol Tipi
Bitki Örtüsü	1,00	0,44	0,81	0,27
Yerleşim		1,00	3,47	1,03
Yükseklik			1,00	0,40
Yol Tipi				1,00

Çizelge 5.4. Bitki örtüsü

	Boş Arazi	Bahçe	Bağlık	Meyvelik	Geniş Yapraklı Orman
Boş Arazi	1,00	1,36	1,44	1,34	1,39
Bahçe		1,00	1,69	0,88	1,37
Bağlık			1,00	0,82	1,09
Meyvelik				1,00	1,14
Geniş Yapraklı Orman					1,00

Çizelge 5.5 Yerleşim

	Eğitim Kurumu	Askeri Bina	Diğer Resmi Binalar	Sivil Yerleşim	Sağlık Kurumu	Mezarlık
Eğitim Kurumu	1,00	1,27	1,22	0,67	0,49	1,71
Askeri Bina		1,00	1,00	0,64	0,49	1,48
Diğer Resmi Binalar			1,00	0,60	0,46	1,29
Sivil Yerleşim				1,00	0,76	1,26
Sağlık Kurumu					1,00	2,23
Mezarlık						1,00

Çizelge 5.6. Yol tipi

	Karayolu S3	Karayolu Patika	Karayolu Bölünmüş	Karayolu Yerleşim İçi	Karayolu Day	Karayolu Yay	Karayolu S2	Kopru Tas/Beton
Karayolu S3	1	2,57	0,41	1,11	0,58	0,76	1,53	1,62
Karayolu Patika		1	0,23	0,36	0,32	0,32	0,35	0,35
Karayolu Bölünmüş			1	2,56	2,08	2,43	2,62	2,36
Karayolu Yerleşim İçi				1	0,82	1,28	1,49	1,49
Karayolu Day					1	2,44	1,53	1,8
Karayolu Yay						1	0,92	0,88
Karayolu S2							1	1,37
Kopru Tas/Beton								1

Bu sonuçlar kullanılarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle her bir yol için tercih edirlilik değerleri (r_{ui}) elde edilmiştir. Bu değerler elde edilirken yolun bitki örtüsü, yerleşim, yükseklik ve yol tipi özellikleri ArcGIS paket programından alınmış olup Ek-10'da birkaç örnek gösterilmiştir. AHP ile hesaplanan değerler; Çizelge 5.7.'de kriterlerin önem düzeyleri, Çizelge 5.8.'de bitki örtüsünün, Çizelge 5.9.'da yerleşimin, Çizelge 5.10.'da yol tipinin tercih edirliliği olarak verilmiştir.

Çizelge 5.7. Kriterlerin önem düzeyleri (AHP)

Bitki Örtüsü	0,1222302
Yerleşim	0,36869678
Yükseklik	0,13345261
Yol Tipi	0,37562041

Çizelge 5.8. Bitki örtüsü için öncelik değerleri (AHP)

Boş Arazi	0,255
Bahçe	0,215
Bağlık	0,162
Meyvelik	0,203
Geniş Yapraklı Orman	0,166

Çizelge 5.9. Yerleşim için öncelik değerleri (AHP)

Eğitim Kurumu	0,155
Askeri Bina	0,134
Diğer Resmi Binalar	0,129
Sivil Yerleşim	0,198
Sağlık Kurumu	0,273
Mezarlık	0,111

Çizelge 5.10. Yol tipi için öncelik değerleri (AHP)

Karayolu S3	0,116
Karayolu Patika	0,042
Karayolu Bolunmus	0,258
Karayolu Yerlesim_Ici	0,123
Karayolu Day	0,164
Karayolu Yay	0,102
Karayolu S2	0,101
Kopru Tas/Beton	0,093

Çizelge 5.8, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10'da bulunan değerlere göre yollara tercih edilirlilik değerleri verilmiştir. Çizelge 5.7'den elde edilen önem dereceleri bu tercih edilirlilik değerleri ile çarpılmıştır. AHP'den gelen tüm değerler 0-1 arasındayken, AHP'den değil ArcGIS'den alınan yükseklik değerleri 0-1 arasında olmayıp aralarında çok büyük farklılıklar olduğu için uç değerlerin etkisini azaltan Z-score yöntemiyle normalize edilmiştir. Ürünler bazında güvenilirlik katsayılarının bulunabilmesi için Çizelge-5.7'de görülen katsayılar ve alt kriterleri ile ürün birim fiyatları çarpılmıştır. Gizlilik gerekçesiyle fiyatlar açıklanmamaktadır.

Uygulama GAMS paket programı kullanılarak Intel Core i7-2670QM CPU özellikli 2.20 GHZ hıza sahip kişisel bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Güvenlik birincil amaç olarak düşünülmüş ve uzaklık amacı olmaksızın model çalıştırılmıştır. GAMS kodu Ek-4'de verilmiştir.

Güvenliği maksimize edecek model aşağıda görülmektedir:

$$\max \sum_{u=1}^{10} \sum_{i=1}^{111} y_{ui} * r_{ui} \quad (5.10)$$

$$y_{ui} = 1 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.11)$$

$$y_{ui} - y_{ui} \leq 0 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.12)$$

$$\sum_{i \in C}^{111} \sum_{l=1}^{87} akis_{ulmi} * x_{ulmi} = arz_{ul} - talep_{ul} \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.13)$$

$$\sum_{i=1}^{111} \sum_{m=1}^{87} akis_{ulmi} * x_{ulmi} = 0 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.14)$$

$$\sum_{l=1}^{87} \sum_{m=1}^{87} x_{ulmi} \leq M * y_{ui} \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.15)$$

$$x_{ulmi} \geq 0 \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ l = 1, 2, \dots, 87 \\ m = 1, 2, \dots, 87 \\ i = 1, 2, \dots, 111 \end{array} \quad (5.16)$$

$$y_{ui} = 0, 1 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.17)$$

Çözümünden elde edilen maksimum güvenlik düzeyi (amaç fonksiyonu değeri) kısıt olarak ikinci amaç olan uzaklığı bulan modele eklenmiş ve model çalıştırılmıştır. GAMS kodu ve sonuçlardan örnekler Ek-5’de verilmiştir.

Yeni model aşağıda görülmektedir:

$$\min \sum_{u=1}^U \sum_{i=1}^m y_{ui} * dis_i \quad (5.18)$$

$$y_{ui} = 1 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.19)$$

$$y_{ui} - y_{ui} \leq 0 \quad u = 1, 2, \dots, 10 \quad (5.20)$$

$$\sum_{i \in C}^{111} \sum_{i \in D}^{87} akis_{ulmi} * x_{ulmi} = arz_{ul} - talep_{ul} \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ l = 1, 2, \dots, 87 \end{array} \quad (5.21)$$

$$\sum_{i=1}^{87} \sum_{m=1}^{87} akis_{ulmi} * x_{ulmi} = 0 \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ i = 1, 2, \dots, 111 \end{array} \quad (5.22)$$

$$\sum_{i=1}^{111} \sum_{m=1}^{87} x_{ulmi} \leq M * y_{ui} \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ i = 1, 2, \dots, 111 \end{array} \quad (5.23)$$

$$x_{ulmi} \geq 0 \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ l = 1, 2, \dots, 87 \\ m = 1, 2, \dots, 87 \\ i = 1, 2, \dots, 111 \end{array} \quad (5.24)$$

$$\sum_{i=10}^{111} y_{ui} * r_{ui} \geq A \quad (5.25)$$

$$y_{ui} = 0, 1 \quad \begin{array}{l} u = 1, 2, \dots, 10 \\ i = 1, 2, \dots, 111 \end{array} \quad (5.26)$$

Yalnızca 1. amaç olan güvenlik amacıyla çalıştırıldığında 1. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-92-93-95-96-97-98-100-101-102-103-104-105-107-108-109-110-111

Güvenlik amacının sonucu kısıt olarak eklenerek model tekrar çalıştırıldığında elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-92-93-95-96-97-98-100-101-102-103-104-105-107-108-109-110-111

Yukarıda görüldüğü üzere tercih edilirlilik amacı birincil öncelikli olarak çalıştırıldığında sistemin bolluklarının yeterli olmaması nedeniyle uzaklık amacıyla çalıştırılan model de aynı sonucu vermiştir. Diğer ürünlere ait rotalar Ek-6'da verilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Askeri lojistik; asker, silah, gıda, sağlık gereçleri, barınma malzemeleri sevkiyatı ile ilgilenir. Sivil sistemlerdeki lojistikten farklı olarak maliyet düşürme çalışmaları nispeten ikinci plandadır. Çünkü askeri lojistikte ana amaç; ihtiyaç duyulan asker, silah, sağlık ekipmanı gibi birimleri en az kısa zamanda (en kısa yol izlenerek) en güvenli yoldan ilgili bölgelere ulaştırmaktır.

Geçmiş tecrübeler göstermiştir ki sayısal üstünlüğün her zaman yeterli olmadığını, iyi kurulmuş ve yönetilen bir lojistik sistemin daha etkili olacağını göstermektedir. Bir Rus general “Red Storm Rising” savaş romanında : “Taktikler...hayır, amatörler taktikleri tartışır. Profesyoneller askeri lojistiğe çalışırlar” [3] demiştir. Bloomberg ve arkadaşlarına göre ise “Her stratejist, terörist ve devrimci bilir ki bir alanın kontrolünün tek yolu ulaşım ve haberleşmenin kontrol edilmesidir.” [2].

Askeri lojistikte karşılaşılabilecek bir gecikmenin etkisi, işletme lojistiğindeki bir gecikmeye göre çok yüksek olabilmektedir. Bu nedenle genellikle maliyet ikinci planda tutulmaya çalışılmaktadır. Ancak maliyet ikinci planda tutulsa da yapılan lojistik faaliyetleri sırasında doğru rotanın çizilmemiş olması, yola uygun taşıma modunun kullanılmaması büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle lojistik ağı doğru taşıma modunda, güvenilir bir rota takip ettiği takdirde hem lojistik maliyetleri düşecek hem de askeri birliklerin ihtiyaçları zamanında karşılanacaktır.

Yapılan tez çalışmasında rota optimizasyonu ile asker, silah, gıda ve sağlık maddelerinin güvenilir, en kısa ve en uygun yollardan sistemin özellikleri de dikkate alınarak ihtiyaç duyulan birimlere ulaştırılması için bir model ortaya konmuş ve çıktıları incelenmiştir. Türkiye'nin Erzincan ilinde belirlenen bölgede iki amaçlı optimizasyon modeli uygulanmıştır. GAMS paket programı ile yolun etrafında bulunan bitki örtüsü, yerleşim, yolun yükseklik değeri ve yol tipine bağlı olarak yapılan optimum rota elde edilmiştir. Ayrıca yollarla alakalı güvenlik kriterlerini etkileyen bir değişim olduğu takdirde araç bulunduğu noktadan, değişen duruma göre yeni rota çizilebilmektedir. Gelecekteki çalışmalarda yolların farklı hava koşullarındaki getirdikleri zorluk dereceleri de modele eklenebilir ve kurulan optimizasyon modeli ile ArcGIS paket programının altında çalışan rota bulma aracı ile sonuçları karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Jie, W., Wen, W. (2012). Research on 6R Military Logistics Network. *Physics Procedia*, 33, 678 – 684.
2. Bloomberg, S. L., Joe B. H. (2002). *Logistics*. Amerika Birleşik Devletleri, Prentice Hall Yayınevi.
3. Long, D. (2012). *Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi*.(Çev. Ç. Tanyaş ve M. Düzgün). Nobel Yayınevi.
4. İnternet: PTT, Çaykur, Botaş İçin Yeşil Işık. <http://ekonomi.milliyet.com.tr/ptt-caykur-botas-icin-yesil-isik/ekonomi/ekonomidetay/12.07.2012/1566159/default.htm>, Son Erişim Tarihi: 08.06.2014.
5. Batuk, S. (2013). *Lojistik Faaliyetlerde Dış Kaynak Kullanımı: Adana İlinde Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerine Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
6. Tanyaş M., Hazır K.(2011). *Lojistik Temel Kavramlar*. Türkiye, Çağ Üniversitesi Yayınevi.
7. Akandere, G. (2013). *Lojistik Köylerin Etkin Yönetimi: Konya İline Yönelik Bir Model Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
8. İnternet: Lojistik Tanımı, Tarihsel Gelişimi. <http://www.lojistik.net/guncel/lojistik-tanimi-tarihsel-gelisimi-1341827844h.html>, Son Erişim: 08.06.2014.
9. Akbulut, P. (2012). *Lojistik Yapılanma Modelleri, Samsun ve Mersin İlleri için Optimum Lojistik Yapılanma Modeli Önerileri*. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
10. Erdal, M. (2005), *Küresel Lojistik*. Türkiye, UTİKAD Yayınevi.
11. Çekerol, G.S. (2013). *Lojistik Yönetimi*. Eskişehir, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No:2823 Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1781.
12. Genç, R. (2012), *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminin Yöntem ve Kavramları*. Ankara, Detay Yayıncılık.
13. Wohlgemuth S., Oloruntoba R., Clausen U. (2012). Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 261-271.
14. Karagülle A. Ö. (2007). *Taşımacılık Sektöründe Havayolu ve Karayolu İşletmelerinin Karşılıklı Beklentileri ve Bir Entegre Yolcu Taşımacılığı Modeli Önerisi*. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
15. İnternet: <http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/ders4.pdf>, Son Erişim: 29.10.2012.

16. İnternet: http://www.trafik.gov.tr/istatistikler/istatistikler_s.asp, Son Erişim: 17.11.2012.
17. İnternet: <http://www.iata.org/publications/Pages/wats-freight-km.aspx>, Son Erişim: 16.12.2012.
18. Devlet Hava Meydanları İşletmeleri. (2009). *Türkiye Havayolu Taşımacılığı 2009 İstatistikleri*.
19. İnternet: Gemi ve Deniz Taşımacılığı Nedir? <http://www.gemitasimaciligi.net/gemi-ve-deniz-tasimaciligi-nedir>, Son Erişim: 29.10.2012.
20. Elbirlik, G. (2008). *Türk Lojistik Sektöründe Denizyolu Taşımacılığının Önem ve Sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
21. Aslan, L. (2009). *Türkiye'de Ulaştırma Sektörünün Gelişmesinde Devletin Yeri ve Önemi*. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
22. İnternet: Yıllara göre ham petrol taşımacılığı miktarları (bin varil) <http://www.botas.gov.tr/index.asp>, Son Erişim: 16.12.2012.
23. Zeybek, H (2007). *Ulaşım sektöründe intermodalite ve lojistik alanındaki gelişmeler ve Türkiye'ye yansımaları*. Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
24. Barbarosoğlu G., Özdamar L., Çevik A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operation. *European Journal of Operational Research*, 140(1),118-133.
25. Hu T. L., Sheu J. B., Huang K. H. (2002). A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(6), 457-473.
26. Faulin, J. (2003). Applying MIXALG procedure in a routing problem to optimize food product delivery. *Omega*, 31(5), 387-395.
27. Gue K. R. (2003). A Dynamic Distribution Model for Combat Logistics. *Computers and operations research*, 30(3), 367-381.
28. Cusick, T. W. (2004). Airfield simulation with optimization via decomposition. *Mathematical and Computer Modelling* 39(6-8), 745-758.
29. Silva C. A., Sousa J. M. C., Runkler T., Palm R. (2005). Soft computing optimization methods applied to logistic processes. *International Journal of Approximate Reasoning*, 40(3), 280-301.

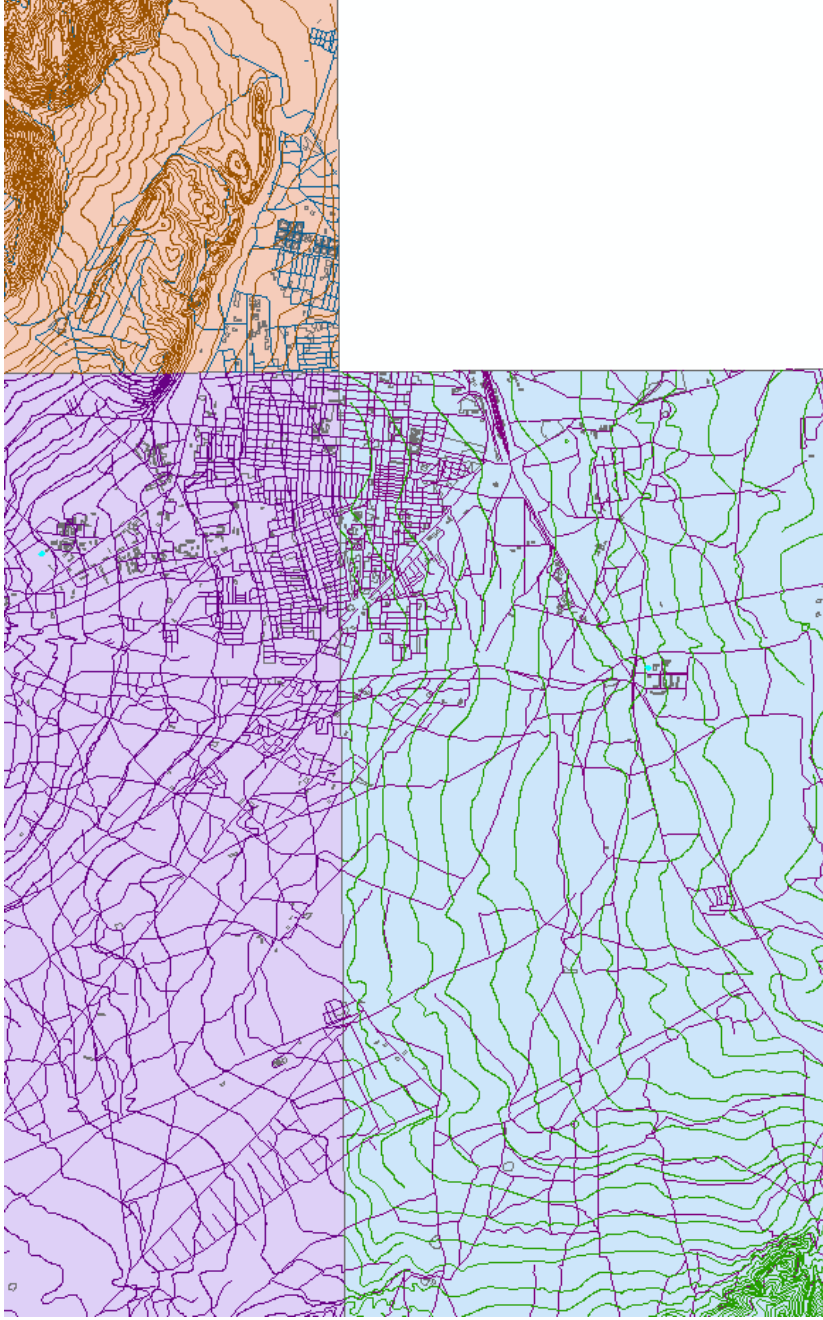
30. Sheu, B. J. (2006). A novel dynamic resource allocation model for demand-responsive city logistics distribution operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 42(6), 445-472.
31. Alshamrani A., Mathur K., Ballou R. (2007). Reverse Logistics: Simultaneous Design of Delivery Routes and Returns Strategies. *Computers & Operations Research*, 34(2), 595-619.
32. Sheu, J.-B. (2007). A hybrid fuzzy optimization approach to customer grouping - Based logistics distribution operations. *Applied Mathematical Modelling*, 31(6), 1048-1066.
33. Silva C. A., Sousa J. M. C., Runkler T. A. (2007). Optimization of logistic systems using fuzzy weighted aggregation. *Fuzzy Sets and Systems*, 158(17), 1947-1960.
34. Saadatseresht M., Mansourian A., Taleai M. (2009). Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. *European Journal of Operational Research*, 198(1), 305-314.
35. Yıldırım U. Z., Tansel B. Ç., Sabuncuoğlu İ. (2009). A Multi-Modal Discrete - Event Simulation Model For Military Deployment. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(4), 597-611.
36. Çatay, B. (2010). A new saving-based ant algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Expert Systems with Applications*, 37(10), 6809-6817.
37. Máhr T., Srour J., Weerdt M., Zuidwijk R. (2010). Can agents measure up? A comparative study of an agent-based and on-line optimization approach for a drayage problem with uncertainty. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(1), 99-119.
38. Bosona, T. G., Gebresenbet, G. (2011). Cluster building and logistics network integration of local food supply chain. *Biosystems Engineering*, 108(4), 293-302.
39. Fang Z., Zong X., Li Q., Li Q., Xiong S. (2011). Hierarchical multi-objective evacuation routing in stadium using ant colony optimization approach. *Journal of Transport Geography*, 19(3), 443-451.
40. Faulin J., Juan, A., Lera, F., Grasman, S. (2011). Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem with Environmental Criteria Based on Real Estimations in Road Transportation: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 20, 323-334.
41. Lin, Y., H., Batta, R., Rogerson, P., A., Blatt, A., Flanigan, M. (2011). A Logistics Model for Emergency Supply of Critical Items in the Aftermath of a Disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2011, 45(4), 132-145.

42. Martinez, A. J. P., Stapleton, O., Wassenhove, L. N. V. (2011). Field vehicle fleet management in humanitarian operations: A case-based approach. *Journal of Operations Management*, 29(5), 404-421.
43. Øvstebø B. O., Hvattum L. M., Fagerholt K. (2011). Optimization of stowage plans for RoRo ships. *Computers & Operations Research*, 38(10), 1425-1434.
44. Wang, C., H., Li, C., H. (2011). Optimization of an Established Multi-Objective Delivering Problem by an Improved Hybrid Algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4361-4367.
45. Ehrgott, M., Wang, J. Y. T., Raith, A., Houtte, C. (2012). A bi-objective cyclist route choice model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), 652-663.
46. Garcia, F. A., Marchetta, M. G., Camargo, M., Morel, L., Forradellas, R. Q. (2012). A framework for measuring logistics performance in the wine industry. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 284-298.
47. Li, A. C. Y., Nozick, L., Xu, N., Davidson R. (2012). Shelter location and transportation planning under hurricane conditions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 715-729.
48. Özdamar, L., Demir, O. (2012). A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(3) 591-602.
49. Yan, S., Wang, S. S., Wu, M. W. (2012). A model with a solution algorithm for the cash transportation vehicle routing and scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 63(2), 464-473.
50. Mora A. M., Merelo J. J., Castillo P. A., Arenas M. G. (2013). hCHAC: A family of MOACO algorithms for the resolution of the bi-criteria military unit path finding problem. *Computers and operations research*, 40(6), 1524-1551.
51. Sebbah, S., Ghanmi, A., Boukhtouta, A. (2013). A Column-and-Cut Generation Algorithm for Planning of Canadian Armed Forces Tactical Logistics Distribution. *Computers & Operations Research*, (40), 3069–3079.
52. Kang, Y., Y., Batta, R., Kwon, C. (2014). Generalized Route Planning Model for Hazardous Material Transportation with VaR and Equity Considerations. *Computers & Operations Research*, 43, 237-247.
53. Huang, B., Pan, X. (2007). GIS Coupled with Traffic Simulation and Optimization for Incident Response. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31(2), 116-132.

54. Wei, W. (2012). Research on the Application of Geographic Information System in Tourism Management. *Procedia Environmental Sciences*, 12(B), 1104-1109.
55. Arslan, O., Çepni, M.S., Etiler, N. (2013). Spatial Analysis of Perinatal Mortality Rates with Geographic Information Systems in Kocaeli, Turkey. *Public Health*, 127(4), 369-379.
56. Salim M. G. (2012). Selection of groundwater sites in Egypt, using geographic information systems, for desalination by solar energy in order to reduce greenhouse gases. *Journal of Advanced Research*, 3(1), 11-19.
57. Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martínez, M., P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodríguez, F., Molina, J., R., Herrera, M.A., Zamora, R. (2010). Development of a Framework for Fire Risk Assessment Using Remote Sensing and Geographic Information System Technologies. *Ecological Modelling*, 221(1), 46-58.
58. Herrero-Jiménez, C.M. (2012). An Expert System for the Identification of Environmental Impact Based on a Geographic Information System. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6672-6682.
59. Supatimusro, D., Areerachakul, N., Poomsripanon, J. (2013). The Applied Geographic Information System and the Relation of Mollusk with Water Quality in Ayutthaya Province, Thailand. *Energy Procedia*, 34, 99-108.
60. Quesnel-Barbet, A., Soula, J., Dufosse, F., Sharma, N., Ruhela, A., Beuscart, R. (2013). POLESAT, An Innovative e-Health Geomatic Platform In Decision-Making Based on: Geographical Approach, Medical Knowledge Visualization and Geographic Information System & Web-Mapping Architecture. *IRBM*, 34(4-5), 267-273.
61. Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., García-Cascales, M. S. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods for the Evaluation of Solar Farms Locations: Case Study in South-Eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544-556.

EKLER

EK-1. Uygulamaya söz konusu olan bölgenin haritası



EK-2. Kriterler arası önem ve avantaj derecelendirme anketi

SORULAR

- 1) Yol seçimi için aşağıdaki kriterleri önem durumuna göre değerlendiriniz.

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Bitki Örtüsü																			Yerleşim		
Bitki Örtüsü																			Yükseklik		
Bitki Örtüsü																			Yol Tipi		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Yerleşim																			Yükseklik		
Yerleşim																			Yol Tipi		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Yükseklik																			Yol Tipi		

- 2) Yol seçimi için bitki örtüsü kriterinin seçeneklerinden hangisi diğerlerine göre daha avantajlıdır?

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Boş Arazi																			Bahçe		
Boş Arazi																			Bağlık		
Boş Arazi																			Meyvelik		
Boş Arazi																			Geniş Yapraklı Orman		
Bahçe																			Bağlık		
Bahçe																			Meyvelik		
Bahçe																			Geniş Yapraklı Orman		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Bağlık																			Meyvelik		
Bağlık																			Geniş Yapraklı Orman		
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Meyvelik																			Geniş Yapraklı Orman		

EK-2. (devamı) Kriterler Arası Önem ve Avantaj Derecelendirme Anketi

3) Yol seçimi için yerleşim kriterinin seçeneklerinden hangisi diğerlerine göre daha avantajlıdır?

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Eğitim Kurumu																			Askeri Bina		
Eğitim Kurumu																			Diğer Resmi Binalar		
Eğitim Kurumu																			Sivil Yerleşim		
Eğitim Kurumu																			Sağlık Kurumu		
Eğitim Kurumu																			Mezarlık		

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Askeri Bina																			Diğer Resmi Binalar		
Askeri Bina																			Sivil Yerleşim		
Askeri Bina																			Sağlık Kurumu		
Askeri Bina																			Mezarlık		

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Diğer Resmi Binalar																			Sivil Yerleşim		
Diğer Resmi Binalar																			Sağlık Kurumu		
Diğer Resmi Binalar																			Mezarlık		

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Sivil Yerleşim																			Sağlık Kurumu		
Sivil Yerleşim																			Mezarlık		

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Sağlık Kurumu																			Mezarlık		

4) Yol seçimi kriterinin seçeneklerinden hangisi diğerlerine göre daha avantajlıdır?

		Puanlandırma																			
		9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_PATIKA		
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS		
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_YERLESIM_ICI		
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_DAY		
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_YAY		
KARAYOLU_S3																			KARAYOLU_S2		
KARAYOLU_S3																			KOPRU_TAS/BETON		

EK-2. (devamı) Kriterler Arası Önem ve Avantaj Derecelendirme Anketi

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_PATIKA																		KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS
KARAYOLU_PATIKA																		KARAYOLU_YERLESIM_ICI
KARAYOLU_PATIKA																		KARAYOLU_DAY
KARAYOLU_PATIKA																		KARAYOLU_YAY
KARAYOLU_PATIKA																		KARAYOLU_S2
KARAYOLU_PATIKA																		KOPRU_TAS/BETON

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS																		KARAYOLU_YERLESIM_ICI
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS																		KARAYOLU_DAY
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS																		KARAYOLU_YAY
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS																		KARAYOLU_S2
KARAYOLU_BOLUNMUS/AYRILMIS																		KOPRU_TAS/BETON

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_YERLESIM_ICI																		KARAYOLU_DAY
KARAYOLU_YERLESIM_ICI																		KARAYOLU_YAY
KARAYOLU_YERLESIM_ICI																		KARAYOLU_S2
KARAYOLU_YERLESIM_ICI																		KOPRU_TAS/BETON

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_DAY																		KARAYOLU_YAY
KARAYOLU_DAY																		KARAYOLU_S2
KARAYOLU_DAY																		KOPRU_TAS/BETON

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_YAY																		KARAYOLU_S2
KARAYOLU_YAY																		KOPRU_TAS/BETON

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
KARAYOLU_S2																		KOPRU_TAS/BETON

EK-3. Yol tipleri için açıklamalar

Karayolu S3: Platformu 7 metreden dar, kaplama yüzeyinin genişliği 5 metreden dar olan, her mevsimde geçişe müsait, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, parke vb.) yol.

Karayolu Patika: Özellikle arızalı arazide tam teçhizatlı bir yayanın (er) ve mekkarenin (katır) gidebildiği yol.

Karayolu Bölünmüş: Üç veya daha fazla şeritli, gidişi ve dönüşü ayrı olan kenarları genellikle engelli, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, parke vb) yol.

Karayolu Yerleşim İçi: Meskun mahal içinden geçen yol.

Karayolu (Daimi Araç Yolu): Belirli yerleşme, işletme yerine veya ana yola ulaşan, her mevsimde yüklü bir kamyonun gidebileceği yol.

Karayolu YAY(Yaz Araç Yolu): Belirli yerleşme, işletme yerine veya ana yola ulaşan, yağışsız havalarda yüklü bir kamyonun gidebileceği yol.

Karayolu S2: Platformu 7-9 metreye kadar, kaplama yüzeyi en az 5 metre genişliğinde olan, her mevsimde geçişe müsait, sert yüzeyli (asfalt, beton asfalt, parke vb.) yol.

Köprü Taş/Beton: Araç geçebilecek dayanımdaki köprünün tipi.

EK4. Birinci amacın GAMS kodu

```

Set i yol /1*111/;
Set j yol_kisit /y_k1*y_k89/;
Set l gonderen_dugum /g_d0*g_d86/;
Set m alan_dugum /a_d0*a_d86/;
Set u urun /u1*u10/;

```

```

Parameter yol_kisit(j,i)

```

```

/
y_k1.1=1
y_k1.2=0
y_k1.3=0
y_k1.4=0
y_k1.5=0
....
y_k89.108=0
y_k89.109=0
y_k89.110=0
y_k89.111=0
/;

```

```

Parameter uzklk(i)

```

```

/
1 344.440969
2 117.099485
3 232.238377
...
109 245.794478
110 233.325662
111 284.594753
/;

```

```

Parameter s(u,j)

```

```

/
u1.y_k1=1
u1.y_k2=0
u1.y_k3=0
u1.y_k4=0
...
u10.y_k86=0
u10.y_k87=0
u10.y_k88=1
u10.y_k89=0
/;

```

EK-4(devamı). Birinci amacın GAMS kodu

Parameter akis(u,l,m,i) dugumler arasi materyal akisi

/

u1.g_d0.a_d1.1=1

u1.g_d1.a_d2.2=1

u1.g_d1.a_d3.3=1

u1.g_d2.a_d4.4=1

...

u10.g_d67.a_d64.108=-1

u10.g_d68.a_d67.109=-1

u10.g_d69.a_d68.110=-1

u10.g_d69.a_d67.111=-1

/;

Parameter arz(u,l) dugumlerin arz miktarlari

/

u1.g_d0=758

u1.g_d1=0

u1.g_d1=0

u1.g_d2=0

...

u10.g_d64=0

u10.g_d67=0

u10.g_d68=0

u10.g_d67=0

/;

Parameter talep(u,l)

/

u1.g_d1=0

u1.g_d2=0

u1.g_d3=0

u1.g_d4=0

...

u10.g_d67=0

u10.g_d67=0

u10.g_d68=0

u10.g_d69=70

/;

Parameter risk(u,l,i)

EK-4(devamı). Birinci amacın GAMS kodu

```

/

u1.g_d0.1=0.037306869
u1.g_d1.2=0.038005253
u1.g_d1.3=0.037733994
u1.g_d2.4=0.038322562
...
u10.g_d64.108=1322.238823
u10.g_d67.109=662.8649105
u10.g_d68.110=583.7321795
u10.g_d67.111=587.6066094
/;
binary variable y(u,i);
variable z;
positive variable x(u,l,m,i);
variable toplamrisk(u,i);
equations amac
yolkisiti(u,j)
yolkisiti2(u,j)
dengekisiti_2(u,l)
dengekisiti(u,i)
riskdegeri(u,i)
dengekisiti_3(u,i);

amac.. z=e=sum((u,i), (toplamrisk(u,i));
yolkisiti(u,j)$ (s(u,j) ne 1).. sum((i), yol_kisiti(j,i)* y(u,i))=g=s(u,j);
yolkisiti2(u,j)$ (s(u,j) ne 0).. sum((i), yol_kisiti(j,i)* y(u,i))=e=s(u,j);
dengekisiti(u,i).. sum((l,m), x(u,l,m,i))=l=1000000*y(u,i);
dengekisiti_2(u,l).. sum((i,m), akis(u,l,m,i)*x(u,l,m,i))=e=(arz(u,l)-talep(u,l));
dengekisiti_3(u,i).. sum((l,m), akis(u,l,m,i)*x(u,l,m,i))=e=0;
riskdegeri(u,i)..sum((l,m), risk(u,l,i)*x(u,l,m,i)/2)=e=toplamrisk(u,i);

model tez2 /all/;
tez2.OptFile=1;
tez2.holdfixed=1;
tez2.dictfile=0;
solve tez2 using mip maximizing z;
display z.l, z.m, y.l, y.m, x.l,x.m;

execute_unload "tez2.gdx" y.l, x.l;
execute 'gdxxrw.exe tez2.gdx var=y.l rng=y!A1:ZI100';
execute 'gdxxrw.exe tez2.gdx var=x.l rng=x!A1:ZZ10000';

```

EK-5. İkinci amacın GAMS kodu

```

Set i yol /1*111/;
Set j yol_kisit /y_k1*y_k89/;
Set l gonderen_dugum /g_d0*g_d86/;
Set m alan_dugum /a_d0*a_d86/;
Set u urun /u1*u10/;

```

```

Parameter yol_kisit(j,i)

```

```

/
y_k1.1=1
y_k1.2=0
y_k1.3=0
y_k1.4=0
y_k1.5=0
....
y_k89.108=0
y_k89.109=0
y_k89.110=0
y_k89.111=0
/;

```

```

Parameter uzklk(i)

```

```

/
1 344.440969
2 117.099485
3 232.238377
...
109 245.794478
110 233.325662
111 284.594753
/;

```

```

Parameter s(u,j)

```

```

/
u1.y_k1=1
u1.y_k2=0
u1.y_k3=0
u1.y_k4=0
...
u10.y_k86=0
u10.y_k87=0
u10.y_k88=1
u10.y_k89=0
/;

```

EK-5(devamı). İkinci amacın GAMS kodu

Parameter akis(u,l,m,i) dugumler arasi materyal akisi

/

u1.g_d0.a_d1.1=1

u1.g_d1.a_d2.2=1

u1.g_d1.a_d3.3=1

u1.g_d2.a_d4.4=1

...

u10.g_d67.a_d64.108=-1

u10.g_d68.a_d67.109=-1

u10.g_d69.a_d68.110=-1

u10.g_d69.a_d67.111=-1

/;

Parameter arz(u,l) dugumlerin arz miktarlari

/

u1.g_d0=758

u1.g_d1=0

u1.g_d1=0

u1.g_d2=0

...

u10.g_d64=0

u10.g_d67=0

u10.g_d68=0

u10.g_d67=0

/;

Parameter talep(u,l)

/

u1.g_d1=0

u1.g_d2=0

u1.g_d3=0

u1.g_d4=0

...

u10.g_d67=0

u10.g_d67=0

u10.g_d68=0

u10.g_d69=70

/;

Parameter risk(u,l,i)

EK-5(devamı). İkinci amacın GAMS kodu

/

u1.g_d0.1=0.037306869
 u1.g_d1.2=0.038005253
 u1.g_d1.3=0.037733994
 u1.g_d2.4=0.038322562

...

u10.g_d64.108=1322.238823
 u10.g_d67.109=662.8649105
 u10.g_d68.110=583.7321795
 u10.g_d67.111=587.6066094

/;

binary variable y(u,i);

variable z;

positive variable x(u,l,m,i);

variable toplamrisk(u,i);

equations amac

yolkisiti(u,j)

yolkisiti2(u,j)

dengekisiti_2(u,l)

dengekisiti(u,i)

riskdegeri(u,i)

dengekisiti_3(u,i)

birinciamac;

amac.. z=e=sum((u,i), (toplamrisk(u,i)));

yolkisiti(u,j)\$ (s(u,j) ne 1).. sum((i), yol_kisit(j,i)* y(u,i))=g=s(u,j);

yolkisiti2(u,j)\$ (s(u,j) ne 0).. sum((i), yol_kisit(j,i)* y(u,i))=e=s(u,j);

dengekisiti(u,i).. sum((l,m), x(u,l,m,i))=l=10000000*y(u,i);

dengekisiti_2(u,l).. sum((i,m), akis(u,l,m,i)*x(u,l,m,i))=e=(arz(u,l)-talep(u,l));

dengekisiti_3(u,i).. sum((l,m), akis(u,l,m,i)*x(u,l,m,i))=e=0;

riskdegeri(u,i)..sum((l,m), risk(u,l,i)*x(u,l,m,i)/2)=e=toplamrisk(u,i);

birinciamac.. sum((u,i), toplamrisk(u,i))=e=6285174229607.54;

model tez2 /all/;

tez2.OptFile=1;

tez2.holdfixed=1;

tez2.dictfile=0;

solve tez2 using mip maximizing z;

display z.l, z.m, y.l, y.m, x.l,x.m;

execute_unload "tez1.gdx" y.l, x.l;

execute 'gdxxrw.exe tez2.gdx var=y.l rng=y.l!A1:ZI100';

EK-6. Diğer ürünler için elde edilen rotalar

2. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102 -104-105-106-107 -109-110

3. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102-104-105-106-107-109-110

4. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-92-93-95-96-97-98-100-101-102-103-104-105-107-108-109-110-111

5. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102-104-105-106-107-109-110

6. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102-104-105-106-107-109-110

7. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-92-93-95-96-97-98-100-101-102-103-104-105-107-108-109-110-111

8. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-92-93-95-96-97-98-100-101-102-103-104-105 -107-108-109-110-111

9. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102-YANLIŞ-104-105-106-107-109-110

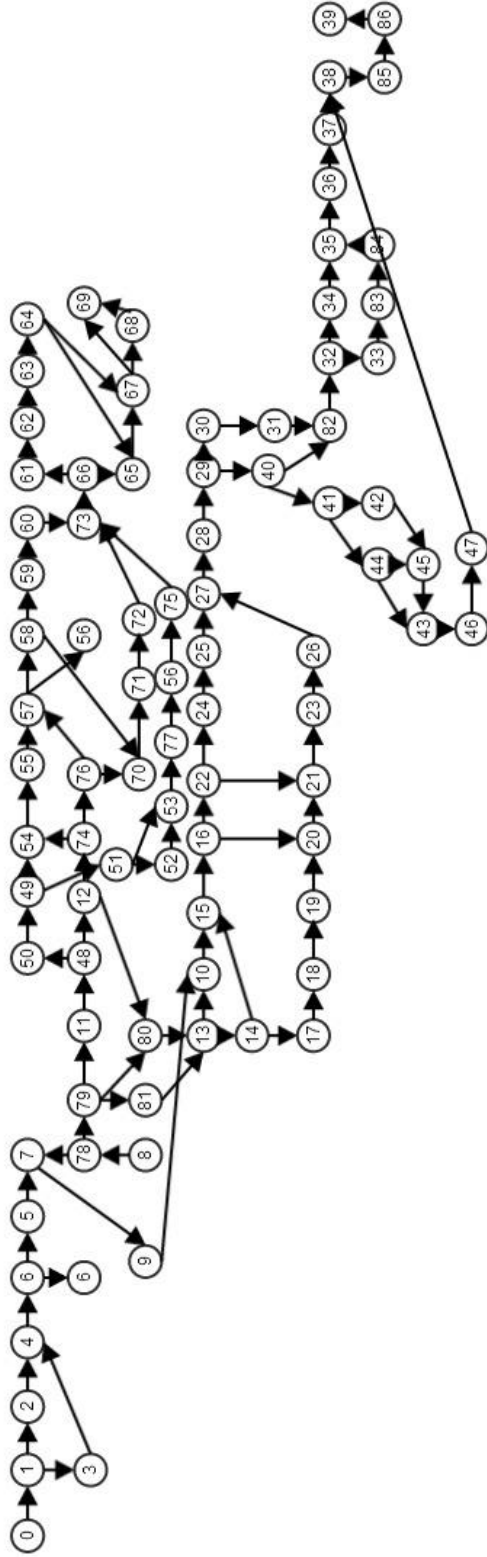
EK-6(devamı). Diğer ürünler için elde edilen rotalar

10. ürün için elde edilen rota: 1-3-5-6-8-13-14-15-18-19-20-21-26-28-30-31-32-35-38-40-42-43-44-45-47-48-50-51-53-54-55-57-58-59-60-61-62-73-74-75-78-79-83-85-89-90-91-101-102-104-105-106-107-109-110

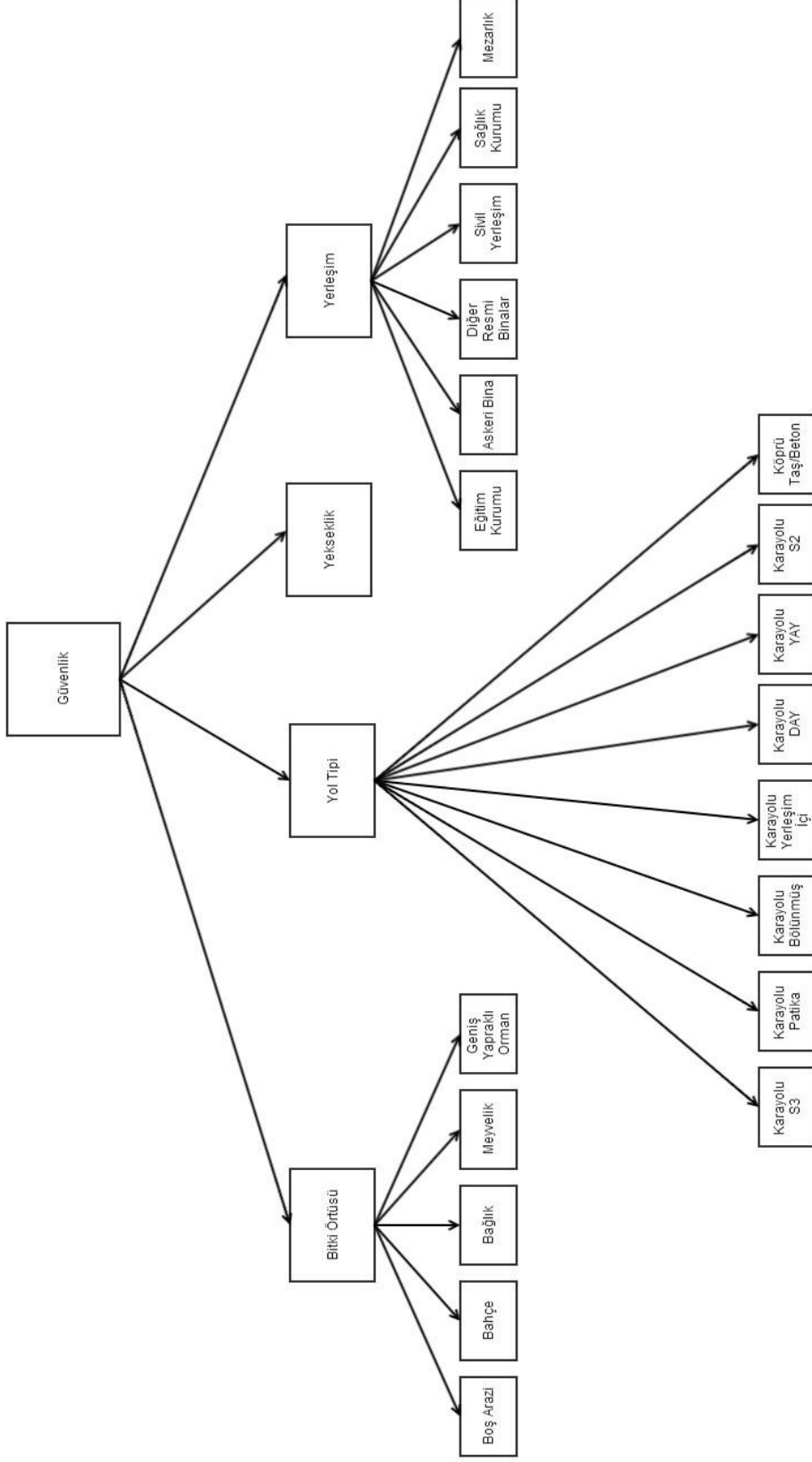
EK-7. Saaty'nin önem ölçeği dereceleri

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit Önem
3	Zayıf Önem
5	Güçlü Önem
7	Çok Güçlü Önem
9	Mutlak Önem
2,4,6,8	Aralık Değerleri

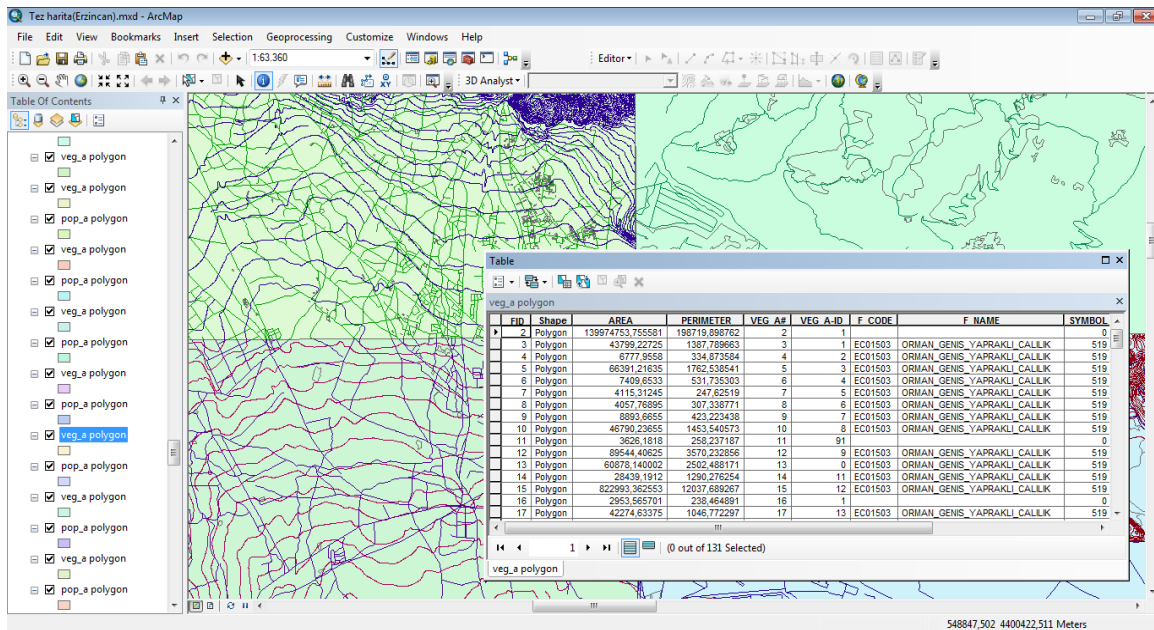
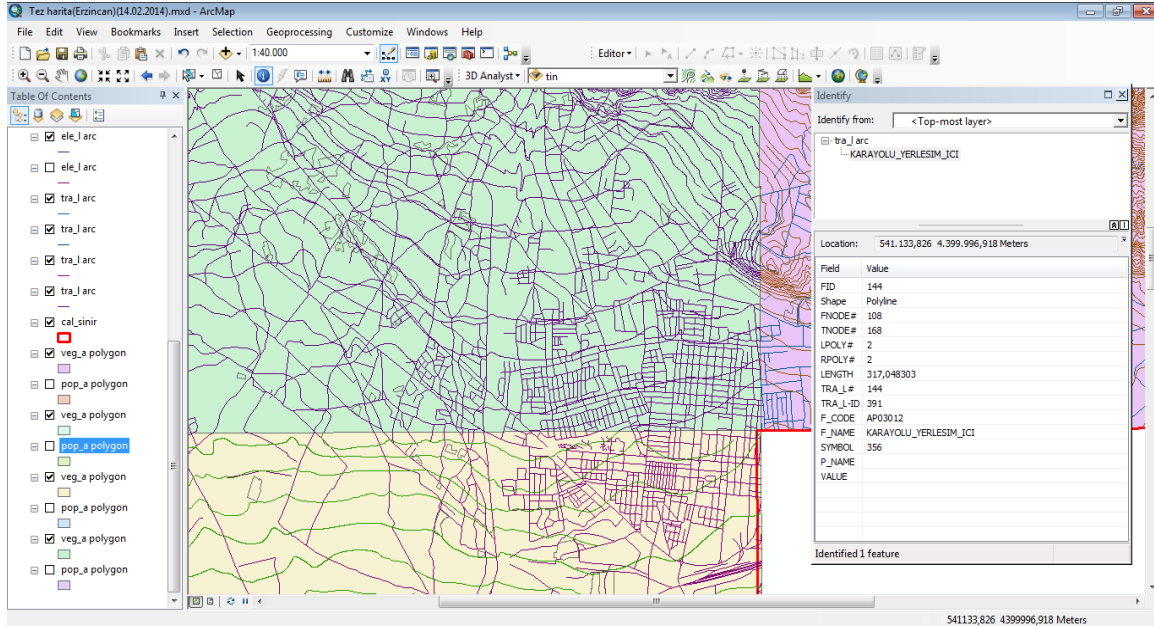
Ek-8 Şebeke



Ek-9 Kriterler ve alt kriterlerin hiyerarşisi



Ek-10 ArcGIS ekran görüntüleri



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ECER, Billur
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.07.1988, Ankara
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (312) 324 15 55
 e-mail : billurecer@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2011
Lise	Çankaya Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2014	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2014-...	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayınlar

1. Ecer, B., Erol, S., “Region Segmentation and Workload Distribution: A Case Study”, 26th European Conference on Operational Research, July 1-4, 2013, Rome, Italy.
2. Ecer, B., Erol, S., “Lojistikte Çok Amaçlı Rota Optimizasyonu”, 3. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, 15-17 Mayıs 2014, Trabzon, Türkiye.

Hobiler

Yüzme, Rüzgar Sörfü, Seyahat.



GAZİ GELECEKTİR..