

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜK TAŞIMACILIĞI İÇİN AYRIK TÜR SEÇİM
MODELİ GELİŞTİRİLMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Berna AKSOY

DOKTORA TEZİ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Programı

Danışman
Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY

Mayıs, 2024

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜK TAŞIMACILIĞI İÇİN AYRIK TÜR SEÇİM MODELİ
GELİŞTİRİLMESİ: İSTANBUL ÖRNEĞİ

Berna AKSOY tarafından hazırlanan tez çalışması 17.05.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Halit ÖZEN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN, Üye
İstanbul Gelişim Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sinan YARDIM, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Yık Taşımacılığı İçin Ayrık Tür Seçim Modeli Geliştirilmesi: İstanbul Örneği başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğerkaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Berna AKSOY

İmza

*Aileme ve
hayatıma bir yerinden dahil olmuş
bütün değerli insanlarıma*



TEŞEKKÜR

Benim için doktora süreci herhalde her gün kendime yeni bir umutsuzluk icat edebildiğim ilginç bir süreçti. Her gün "acaba yapabilecek miyim" sorusuyla karşısına çıktığımda, yılmadan "elbette yapacaksın" diyerek beni umutsuzluğun kıyısından çekip alan tez danışmanım Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY'a sonsuz teşekkür ederim. Onun katkıları olmasaydı, bu tezin tamamlanması asla mümkün olmayacaktı. Hayattaki pek çok şeyle birlikte, danışmanlığın aynı zamanda "manevi destek olmak" olduğunu kendisinden öğrendim. Her zaman benim yanımda ve benden yanaydı.

Derslerini altı yedi kez dinlediğim, artık benim ders içerisindeki varlığımı ders izlencelerine ekleyeceğini söyleyen, "hocam beş dakikanız var mı" diye sorarak her aradığımda telefonu neredeyse bir saat kapatamadan bütün sorularıma ve sorunlarıma bir çözüm bulan Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN hocam hakkında ne yazsam az olur. Kendisinin bende emeğini kelimelerle ifade etmem mümkün değildir. Bu tezin yazılabilmesindeki en büyük emek sahiplerinden biri şüphesiz kendisidir. Sonsuz teşekkür ederim hocam.

Ne yapacağımı bilemediğim çok karanlık bir anda eşsiz yazılım bilgisiyle bana yol gösteren, hayatımda tanıdığım en zeki insanlardan biri olan ve uzun süre derslerini asiste ettiğim Prof. Dr. Halit ÖZEN'e çok teşekkür ederim. Her zaman olumlu olması, yol göstericiliği, başladığı işi bitirmeden asla bırakmaması sayesinde yol almam mümkün olmuştur, kendisine teşekkürlerimi sunuyorum.

"Doktora bir direnç işidir" diyerek en sıkıntılı anlarda yanımda olan ve jürimde yer alarak tezimi geliştirmeme katkıda bulunan, Yıldız'daki ilk hocam Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Sinan YARDIM'a çok teşekkür ederim. Lisans öğrenciliğimde kendisiyle bir yıl aynı kurumda bulunma şansı edindiğim ve jüriye dahil olarak değerli tecrübesini ve katkılarını benden esirgemeyen Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN'e çok teşekkür ederim.

Sıkıntılarımı bir abla müşfikliği ile dinleyen hocam Dr. Öğretim Üyesi Güzin AKYILDIZ ALÇURA'ya, kafam her karıştığında önerileriyle bana yol gösteren Prof. Dr. İsmail ŞAHİN'e çok teşekkür ederim.

Her "yandım, yetiş" dediğimde imdadıma koşan ve yeri geldiğinde beni hastanelerden toplayan, el ele versek dünyayı alt edebileceğimize inandığım canım arkadaşım Dr. Onur ŞAHİN'e, mutlaka her zaman bir kısa yol bularak dertlerime derman olan ve bana katlanan sevgili oda arkadaşım Arş. Gör. Mehmet Şirin ARTAN'a, yola beraber başladığım ve beraber bitirmeye çabaladığım, her sorunumda yanımda olan çok kıymetli arkadaşım Dr. Abdullah MALTAŞ'a bütün yardımları için sonsuz teşekkür ederim.

İstanbul Lojistik Ana Planı anket ve ulaşım ağı verilerinin temin edilmesinde büyük emeği olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne çok teşekkür ederim.

Makalelerimin düzeltmelerine hiç yılmadan ve bıkmadan yardım eden, kimsenin kimseye ayırmayacağı kadar bir zamanı, dikkati ve özeni bana ayıran, her derdimde arayabildiğim iki güzel insan olan kıymetli arkadaşlarım Arş. Gör. Sadullah GÖNCÜ'ye ve Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Ali SİLGU'ya sonsuz teşekkür ederim.

Her deli sorumda kapısını aşındırdığım hocalarım Prof. Dr. Ersoy ÖZ, Doç. Dr. Selçuk ALP ve Prof. Dr. Barış SEVİM'e, yöneticiliğine her zaman hayran olduğum Prof. Dr. Hızır ÖNSOY'a, bitirme hocam Dr. Öğretim Üyesi Murat Ergenokon SELÇUK'a, ağabeyim Dr. Mohammed Ahmed Shah'a, her problemimde beni anlayan ve yanımda olan değerli hocam Doç. Dr. Selim DÜNDAR'a, Dr. Öğretim Üyesi Selda KABULOĞLU KARAOSMAN'a ve Dr. Hakkı YILDIRIM'a, canım arkadaşlarım Fatma ŞEN ÖZTÜRK'e, Meltem AĞAR'a, Öğr. Gör. Nazmiye NURDOĞAN'a ve moral kaynağım kızı İpoli'ye, Arş. Gör. Ayşe POLAT'a, Meretbibisi SARBASHEVA'ya, Öğr. Gör. Murat Hüseyin AKYÜZ'e, Arş. Gör. Ahmet ÜNAL'a, Doç. Dr. Yurdakul AYGÖRMEZ'e, İnş. Yük. Müh. Eraycan DEMİRER'e, İnş. Yük. Müh. Sencer OKTAV'a, İnş. Yük. Müh. Hikmet ALTINTAŞ'a, İnş. Yük. Müh. İrem OLGAY ŞENKARDEŞ'e ve burada tek tek bahsedersem ayrı bir tez olacak değerli insanlara teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak bugünlere gelmemde en büyük emeği olan insanlara, sevgili aileme; anneme, babama ve abiciğime çok teşekkür ederim.

Berna AKSOY

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TABLO LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xviii
1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	3
1.2 Hipotez	7
1.3 Özgün Değer	7
2 YÜK TAŞIMACILIĞI LİTERATÜRÜNE GENEL BİR BAKIŞ	8
2.1 Yük Taşımacılığında Sorunlar	8
2.2 Yük Taşımacılığında Modelleme Kavramı	10
2.3 Yük Taşımacılığında Modellerin Sorunu Ele Alış Biçimi	15
3 YÜK TAŞIMACILIĞINDA TÜR SEÇİMİ MODELLERİ	26
3.1 Tür Seçimi Modelleri	26
3.1.1 Türel Dağılımın İlişkileri	26
3.1.2 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler	27
3.1.3 Ayrık ve Bütünleşik Tür Seçim Modelleri	27
3.2 Yakından İlişkili Seçimler	28
3.2.1 Bir Taşıma Zinciri Seçim Modeli Biçiminde Bir Dizi Tür Seçeneği	28
3.2.2 Tür Seçimi ve Gönderi Boyutu Seçim Modeli	29
3.2.3 Tür ve Tedarikçi Seçimi İçin Modeller	30
3.2.4 Tür ve Güzergâh Seçimi Modelleri	30
3.3 Ayrık Tür Seçimi Teorisi	31

3.4	Fayda Teorisinin Tarihçesi ve Anlamı	31
3.5	Farklı Ayırık Seçim Modellerine Kapı Açan Farklı Dağılım Kabulleri	36
3.5.1	Çok Değişkenli Lojit Model	37
3.5.2	Yuvalı (Nested) Lojit Model	41
3.6	Yük Taşımacılığında Bütünleşik, Ayırık ve Bileşik Tür Seçimi Modelleme Örnekleri	50
4	İZLENEN YÖNTEM VE VERİ	54
4.1	Yöntemin Kavramsal Çerçevesi ve Çalışma Planı	54
4.2	Yöntemin Karar Verme Çerçevesindeki Yeri	55
4.3	Yöntemin Uygulandığı Anket : İstanbul Lojistik Ana Planı Lojistik Hizmet Alan Birimler Soru Kağıdı Tanıtımı	57
4.4	Anket Kağıdından Elde Edilen Verilere İlişkin Sorunlar	60
4.5	Tanımlayıcı İstatistikler ve Verinin Detaylı Analizi	62
4.6	Maliyet Fonksiyonlarının Elde Edilmesi	69
4.7	Çalışma Alanının Tanıtılması ve Maliyet Verisinin Elde Edilmesi . .	70
5	KURULAN YÜK TAŞIMACILIĞI TERCİH MODELLERİ	78
5.1	Gözlem Sayıları	78
5.2	Modellerde Kullanılan Değişkenler ve Yazılan Model Yapıları . . .	79
5.3	Çok Değişkenli Lojit Model Sonuçları	84
5.3.1	Yük Türü-1 Model Sonuçları	84
5.3.2	Yük Türü-2 Model Sonuçları	87
5.3.3	Yük Türü-4 Model Sonuçları	90
5.3.4	Yük Türü-10 Model Sonuçları	92
5.3.5	Yük Türü-3 Model Sonuçları	95
5.3.6	Yük Türü-6 Model Sonuçları	97
5.3.7	Yük Türü-7 Model Sonuçları	100
5.4	Kurulan Yuvalı Lojit Model	105
5.5	Senaryo Analizi	111
6	SONUÇ	116
	KAYNAKÇA	119
A	KATSAYILARIN MODELLERDEKİ DAVRANIŞINA İLİŞKİN ÖZET TABLOLAR	128
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	131

SİMGE LİSTESİ

ε	Hata payı (Gözlenemeyen fayda ya da rastgele fayda bileşeni)
V	Gözlenebilen fayda
IV	Beklenen maksimum fayda parametresi (Kapsayıcı değer ya da Inclusive Value)
μ	Ölçek parametresi
U_{ik}	k karar vericisinin i seçim alternatifinden ürettiği fayda
β	Tahmin edilen katsayılar
$-2LL$	-2LL testi sonucu
ρ^2	Sanal (Pseudo) R^2 değeri
$Var(\varepsilon)$	Seçim alternatifinin varyansı
$Cov(X, Y)$	X ve Y'nin kovaryansı
σ_x	X'in standart sapması
μ_x	X'in ortalaması
p	Sıfır hipotezi testi bağlamında p değeri
α	Sıfır hipotezi testi bağlamında anlamlılık değeri
R^2	Regresyon denkleminde bağımlı değişkenin bağımsız değişkenle açıklanma ölçütü

KISALTMA LİSTESİ

RP	Açıklanmış Tercih
CO	Araç Sahipliği
PTL	Askılı Yük Olma
IES	Avrupa Yakası İçi Taşıma
NO _x	Azot Oksitler
PTI	Balya Olma
B-S	Başlangıç-Son
SP	Belirtilmiş Tercih
PTH	Big bag/ Çuval Olma
CFS	Commodity Flow Survey
CTS	Commodity Transportation Survey
CNL	Çapraz Yuvalanmış Lojit Model
MNL	Çok Değişkenli Lojit Model
MNP	Çok Değişkenli Probit Model
DY	Demiryolu
ECHO	French Envoi – CHargeurs – Opérateurs
GPS	Global Positioning System
HGV	Heavy Good Vehicle
HEV	Heteroskedastik Uç Değer Modeli
IIA	Independence of Irrelevant Alternatives
IID	Independent and Identically Distribution
IoT	Internet of Things
ISY	İç Suyolu

KY	Karayolu
CO ₂	Karbondioksit
PTN	Karışık Yük Olma
ML	Karma Lojit Model
PTF	Kasalı Yük Olma
PTE	Kolili Yük Olma
PTG	Konteyner Yüğü Olma
PTC	Kuru Dökme Yük Olma
LoS	Level of Service
SZA	Mal Gönderen Zonun Alanı
SZP	Mal Gönderen Zonun Nüfusu
COST	Maliyet
DIS	Mesafe
MoT	Ministry of Transportation
NACE	Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne
NUTS	Nomenclature of Territorial Units FoR Statistics
NSTR	Nomenclature uniforme des marchandises pour les Statistiques de Transport, Révisée
O-D	Origin-Destination
PTD	Paletli Yük Olma
PM10	Particulate matter smaller than 10 microns
QGIS	Quantum Geographical Information System
RFID	Radio Frequency Identification
RU1	Random Utility 1
RU2	Random Utility 2
RP	Rastgele Parametrelili Lojit
PTM	Rulo Yük Olma
PTK	Sandık Olma

PTJ	Sehpa Olma
PTA	Sıvı Dökme Yük Olma
DUR	Süre
HAZ	Tehlikeli Madde Taşıma
TAZ	Traffic Analysis Zone
TAB	Trafik Analiz Bölgesi
INTRA	Trafik Analiz Bölgesi İçi Taşıma Durumu
ASC	Türe Özgü Sabit
Ü-T	Üretim-Tüketim
PTB	Varil/Bidon Olma
SC	Yaka Değişimi
NL	Yuvalı Lojit Model

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Yük talebini etkileyen faktörler	10
Şekil 2.2	Klasik model yapısı ve yük ulaştırmasındaki karşılığı	12
Şekil 2.3	Yük taşımacılığı modellemesinde farklı yaklaşımlar arasındaki ilişki	15
Şekil 2.4	Dört aşamalı modelin aşamalarıyla bağlantılı ‘yük modeli’ kategorilerinin bir tipolojisi	25
Şekil 3.1	Dört alternatifli bir MNL gösterimi	39
Şekil 3.2	ρ^2 ve R^2 arasındaki ilişki	40
Şekil 3.3	İki yuvalı ve dört seçenekli bir yuvalı lojit model gösterimi	42
Şekil 3.4	Bir örnek yuva yapısı ve körelmiş dal (Hafif raylı sistem)	43
Şekil 3.5	Dört seviyeli bir yuva yapısı	43
Şekil 3.6	Koşullu olasılık hesaplamaları	44
Şekil 3.7	Hesaplamalara esas olan fayda fonksiyonlarının genel bir gösterimi	45
Şekil 3.8	Dört seçenekli ve iki yuvalı bir yapı	47
Şekil 4.1	Yönteme ait çalışma planı	54
Şekil 4.2	Etkinlik tabanlı yolculuk modeli için bir hiyerarşik seçim örneği	56
Şekil 4.3	Yük talebinin kesikli modellemesi için bir seçim örneği	56
Şekil 4.4	Yük talebinin kesikli modellemesi için bir hiyerarşik seçim örneği	57
Şekil 4.5	Gönderilen/gelen yüklerin günün saatlerine göre dağılım grafiği	67
Şekil 4.6	İstanbul’un 573 TAB’a ayrılmış haritası	71
Şekil 4.7	İstanbul’un yol ağı haritası	71
Şekil 4.8	Yol ağı üzerine yerleştirilen düğüm noktalarının haritası	72
Şekil 4.9	Düğüm noktalarının birleştirildiği merkezlerin haritası	73
Şekil 4.10	Düğüm noktalarının ve merkezlerin yakından görünüşü	73
Şekil 4.11	CUBE yazılımındaki ağın görünüşü	74
Şekil 4.12	CUBE yazılımında elde edilen mesafe matrisinin bir parçası (metre)	74
Şekil 4.13	CUBE yazılımında hesaplanan süre ve mesafeler	75
Şekil 4.14	CUBE yazılımında iki nokta arasındaki mesafe kontrolleri	76
Şekil 4.15	Fayda fonksiyonlarının yazıldığı .txt dosyası görüntüsü	77
Şekil 4.16	NLOGIT yazılımında kullanılan nlogitfile.xls dosyası görünüşü	77
Şekil 5.1	Yuvalı lojit modeller için akış şeması	107
Şekil 5.2	Modelde kullanılan ağaç yapısı	108

Şekil 5.3	Yük Türü 1 için boyut değişimi	111
Şekil 5.4	Yük Türü 1 için maliyet değişimi	112
Şekil 5.5	Yük Türü 2 için boyut değişimi	112
Şekil 5.6	Yük Türü 2 için maliyet değişimi	113
Şekil 5.7	Yük Türü 4 için boyut değişimi	113
Şekil 5.8	Yük Türü 4 için maliyet değişimi	114
Şekil 5.9	Yük Türü 10 için boyut değişimi	114
Şekil 5.10	Yük Türü 10 için maliyet değişimi	115



TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1	Kentsel yük taşımacılığı amaçlarına bir bakış	3
Tablo 1.2	Paydaşlara ve amaçlara göre çalışmalar	5
Tablo 1.3	Tanımlayıcılara ve getirdiği çözümlere göre çalışmalar	6
Tablo 2.1	Hızlardaki kademeli düşüş	8
Tablo 2.2	Yük üretim ve çekim modellerinin özeti (Yük oluşumu/Generation aşaması modelleri)	16
Tablo 2.3	Yük dağıtım modellerinin özeti (Distribution aşaması modelleri)	16
Tablo 2.4	Yük türel ayırım modellerinin özeti (Modal split aşaması modelleri)	17
Tablo 2.5	Yük atama modellerinin özeti (Assignment aşaması modelleri)	17
Tablo 2.6	Farklı coğrafi kapsamlarda çalışılmış bazı yük modelleri-I	19
Tablo 2.7	Farklı coğrafi kapsamlarda çalışılmış bazı yük modelleri-II	20
Tablo 2.8	Ülkemizde yük taşımacılığı alanında yapılmış bazı doktora tezleri	23
Tablo 3.1	Bütünleşik türel ayırım modelleri	50
Tablo 3.2	Ayrık tür seçimi modelleri	51
Tablo 3.3	Tür seçimi ve ilişkili seçimler için bileşik (joint) modeller	52
Tablo 4.1	Ayrık türel ayırım modellerinin özeti	55
Tablo 4.2	Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri	57
Tablo 4.2	Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri	58
Tablo 4.2	Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri	59
Tablo 4.3	Literatürde ana bileşenleri ile lojistik maliyetler	62
Tablo 4.4	Gönderilen/gelen yüklerin günlere göre dağılımı	62
Tablo 4.5	Gidiş/geliş yapılan taşıtların sahiplik durumuna göre dağılımı	63
Tablo 4.6	Gönderilen/gelen yüklerin gönderim yerlerine göre dağılımı	63
Tablo 4.7	Gönderilen/ gelen yüklerin kullanılan taşıtlara göre dağılımı	63
Tablo 4.8	Gönderilen/ gelen yüklerin yük türlerine göre birleştirilmesi	64
Tablo 4.9	Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi	64
Tablo 4.9	Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi	65
Tablo 4.9	Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi	66

Tablo 4.10	Gönderilen/gelen yüklerin yük gruplarına göre dağılımı	67
Tablo 4.11	Gönderilen/gelen yüklerin günün zamanına göre dağılımı	68
Tablo 4.12	Gönderilen/gelen yüklerin ambalaj tipine göre dağılımı	69
Tablo 4.13	Sabit ve değişken taşıma maliyetleri	69
Tablo 4.14	Taşıt türlerine göre sabit ve değişken taşıma maliyetleri	72
Tablo 5.1	Tüm veriye ve modelde kullanılan veriye ilişkin dağılımlar	79
Tablo 5.2	Modelde kullanılan gözlem sayıları	79
Tablo 5.3	Değişkenler ve açıklamaları	80
Tablo 5.4	Değişkenler için yapılan korelasyon matrisi	81
Tablo 5.5	Model-1 ve Model-2’de kullanılan değişkenler ve özellikleri	84
Tablo 5.6	Yük Türü 1 model sonuçları	85
Tablo 5.7	Yük Türü 2 model sonuçları	88
Tablo 5.8	Yük Türü 4 model sonuçları	91
Tablo 5.9	Yük Türü 10 model sonuçları	93
Tablo 5.10	Yük Türü 3 model sonuçları	96
Tablo 5.11	Yük Türü 6 model sonuçları	98
Tablo 5.12	Yük Türü 7 model sonuçları	101
Tablo 5.13	Yedi yük grubu için olasılık hesapları ve gerçek değerler	103
Tablo 5.14	Üç yuvalı lojit model için kullanılan yük türleri	106
Tablo 5.15	Yuvalı lojit modellerde kullanılan değişkenler ve açıklamaları	108
Tablo 5.16	Yuvalı lojit model katsayı tahminleri ve t-test istatistikleri	109
Tablo 5.17	Modeller sonucunda yapılan olasılık hesapları	110
Tablo 5.18	Tüm modeller için oluşturulan model-gerçek değer farkları	111
Tablo A.1	Yuvalı lojit modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özet	128
Tablo A.2	Çok değişkenli lojit (Model-1) modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özet	129
Tablo A.3	Çok değişkenli lojit (Model-2) modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özet	130

Yük Taşımacılığı İçin Ayrık Tür Seçim Modeli Geliştirilmesi: İstanbul Örneği

Berna AKSOY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Programı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY

Kentlerde taşıt trafiğinin neden olduğu dışsallıklar, bugün sürdürülebilir ulaşırma ilkeleri çerçevesinde çözülmeye çalışılan en büyük sorunlardan biridir. Bu dışsallıkların en büyük kaynaklarından birini ise yük taşıtları oluşturmaktadır. Yük taşımacılığının doğasının anlaşılması ulaşırma planlaması çalışmalarında ve karar vericilerin ulaşırma politikalarının belirlenmesinde son derece etkilidir. Geleneksel dört aşamalı ulaşım modeli yük taşımacılığının anlaşılması için sıklıkla kullanılan bir modeldir. Ancak daha detaylı incelemelere izin verebilmeleri ve firmaların kendilerine özgü tercihlerini mevcut seçeneklerin özelliklerinin bir fonksiyonu olarak modelleyebilmeleri nedeniyle tercih modelleri de uzun yıllardır kullanılmaktadır. İstanbul için oluşturulmuş pek çok plan ve analiz bulunmasına rağmen kentsel alanda halihazırda kurulmuş bir ayrık yük modeli çalışması bulunmamaktadır. Bu çalışmada, İstanbul için çeşitli yük türlerini kapsayan ayrık tür seçim modelleri oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, İstanbul ilinin tümü çalışma alanı olarak belirlenmiş ve İstanbul Lojistik Ana Planı için hazırlanmış olan 573 trafik analiz bölgesi (TAB) kullanılmıştır. İstanbul Lojistik Ana Planı anket verisi kullanılarak gönderi türü, gönderi boyutu, taşıt sahipliği, ambalaj tipi gibi gerekli veriler süzülerek elde edilmiş ve kullanılmaya uygun hale getirilmiştir. Noktasal koordinatlara göre QGIS açık kaynak yazılımında her başlangıç-son (B-S) çiftine içine düştüğü trafik analiz bölgesine göre bir merkez (centroid) atanmış, CUBE yazılımına taşınan yol ağından bu merkezler arası süre ve maliyet matrisleri elde edilmiştir. Bu süre ve maliyet değişkenleri de eklendikten sonra veriler

arasındaki korelasyon durumuna göre aynı modelde kullanılamayacak veriler ortaya konulmuştur. Veriler işlendikten sonra farklı Çok Değişkenli (Multinomial) Lojit Modeller ve Yuvalı (Nested) Lojit Modeller için uygun yapılar kurgulanmış ve modellerde yer alan değişkenler belirli bir parametrenin istatistiksel olarak sıfırdan farklı olup olmadığını test etmek için yaygın olarak kullanılan t-testi ile değerlendirilmiştir. Olabilirlik oran testi (Likelihood ratio testi) ile modellerin geçerliliği sınanmış ve farklı yük türleri için farklı parametrelerin ve ambalaj türlerinin tür tercihi için önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma çok değişkenli lojit modellerin ve yuvalı lojit modellerin yük taşımacılığı ile ilgili analizlerde değerli bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Dört aşamalı modelin yalnızca tür seçimi aşamasını modelleyen bu çalışmanın, taşıyıcılar ve göndericiler için bir karar destek modeli olarak kullanılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım planlaması, yük taşımacılığı, ulaştırma modellemesi, kesikli tercih modelleri, çok değişkenli lojit, yuvalı lojit.

ABSTRACT

Development of a Disaggregate Mode Choice Model for Freight Transportation: İstanbul Example

Berna AKSOY

Department of Civil Engineering
Program of Transportation
Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa GÜRSOY

The externalities caused by vehicle traffic in cities are one of the biggest problems that are tried to be solved within the framework of sustainable transport principles. One of the most significant sources of these externalities is freight vehicles. Understanding the nature of freight transport is very important in transport planning studies and in determining the transport policies developed by the decision-makers. The traditional four-step travel model is often used to understand freight transport. However, choice models have also been used for many years as they allow for more detailed investigations and help firms model their specific preferences as a function of the characteristics of the available alternatives. Although there are many plans and analyses for İstanbul, there is no designated freight model study focusing the urban areas. In this study, discrete mode choice models covering various freight types have been created for İstanbul. Within the scope of the study, the entire province of İstanbul was determined as the study area, and 573 traffic analysis zones (TAZ) prepared for the İstanbul Logistics Master Plan were used. By using the İstanbul Logistics Master Plan survey data, the necessary data such as shipment type, shipment size, vehicle ownership, and packaging type were filtered and made suitable for use. According to the point coordinates, a centroid was assigned to each start-end (O-D) pair in the QGIS open-source software according to the traffic analysis zone it falls into, and time and cost matrices between centroids were obtained from the road network transferred to CUBE software. After these time and cost variables were added, data that could not be used in the same model

were identified according to the correlation between the data. After the data were processed, appropriate model structures were constructed for different Multinomial Logit Models and Nested Logit Models, and the variables in the models were evaluated by t-test, which is widely used to test whether a particular parameter is statistically different from zero. The validity of the models was tested with the Likelihood ratio test, and it was concluded that different parameters and packaging types for different freight types are important for mode choice. This study showed that multinomial and nested logit models are valuable tools for freight transportation analysis. Modeling only the mode choice stage of the four-stage model, this study is intended to be used as a decision-support model for carriers and shippers.

Keywords: Transportation planning, freight transport, transport modelling, discrete choice models, multinomial logit, nested logit.



1 GİRİŞ

Kent nüfusları günümüz dünyasında her geçen gün artmaktadır. Küresel kentsel nüfus bugün 4 milyarı aşmıştır ve 2030 yılına kadar 5 milyara ulaşması beklenmektedir. Daha iyi yaşam, istihdam ve kalkınma arayışında, giderek daha fazla insan kırsal alanlardan kentsel alanlara göç etmektedir. Bu eğilim, mevcut kentsel alanların genişlemesinin ve yeni şehirlerin gelişmesinin temel nedenidir. Ekonomik, teknolojik ve toplumsal gelişmeyle birlikte şehirler ticari araç sayısında orantılı bir artışa tanık olmaktadır. Örneğin Hollanda’da, ticari kamyonet sayısı 1998 ile 2003 yılları arasında yaklaşık %48 artmıştır [1]. Bir başka rapora göre, kamyonlar ve demiryolları ile taşınan mal hacimlerinin 2035 yılına kadar sırasıyla %98 ve %88 oranında artacağı öngörülmektedir [2]. Yük taşımacılığındaki bu büyümenin yolcu taşımacılığındaki büyümeyi önemli ölçüde geride bırakması beklenmektedir [3, 4]. Küreselleşmeyle birlikte ulaşım ve bilgi gelişmeleri, "bir kutupta üretip diğerinde tüketmeyi" [1] mümkün kılmıştır. Bunun sonucunda ticaretin dramatik genişlemesi, ürün çeşitlerinin bolluğuna yol açmış ve bu, yalnızca yük teslim sisteminde karmaşık kararlar alma gereksinimi ile sonuçlanmayıp, aynı zamanda yük taşıma araçlarıyla dolu yollara da neden olmuştur. Ek olarak, tam zamanında teslim, akıllı perakendecilik gibi lojistik gelişmeler, perakendecileri/mağazacıları envanter ve depolama maliyetinden tasarruf etmek için, envanteri mümkün olduğunca düşük tutmaya hevesli hale getirmiştir. Tüm bu faktörler yük teslimatlarının sayısını artırmış ve boyutunu küçültmüş, bu da nihayet kentsel alanlarda gidilen taşıt-kilometre değerinin artmasıyla sonuçlanmıştır [1].

Fransa’da yapılan bir çalışmaya göre [5], yük teslim araçlarının, yolcu taşıma araçlarının sayı olarak %10 veya 20’si kadar olduğu tahmin edilmektedir. Sayı olarak daha az olmasına rağmen, bu araçlar boyut olarak daha büyük olup manevra yeteneği açısından da daha yavaştır. Bu nedenle, bir yük teslimat aracının neden olduğu tıkanıklık, sıradan bir otomobilden çok daha belirgindir. Yine aynı çalışmaya göre [5] yük taşıma araçları, toplam taşıt-kilometrelerinin %30’unu oluşturur ve bu nedenle, kirletici türüne bağlı olarak, hava kirletici emisyonların

%16–50’sini üretir. 2000 ve 2022 yılları arasında karayolu yük taşımacılığı sektörü kaynaklı CO₂ salımlarında %55’lik bir artış olmuştur ve bu değer dünya çapındaki enerji ile ilgili tüm CO₂ salımlarının %5 oranında artışına tekabül etmektedir [6]. Küresel taşıt stoğunun yalnızca %9’unu ve toplam taşıt-kilometre değerlerinin %17’sini oluşturmalarına rağmen, yük taşıtları karayolu taşıtlarının yaşam döngüsü sera gazı salımlarının ¹ %39’undan sorumludur ve diğer hava kirleticiler için bu oran daha da yüksektir [7–9]. Yük araçları, boyutları ve yolculuk sıklıkları nedeniyle, hareket veya park halinde (yükleme/boşaltma için), yol güvenliği ile ilgili sorunları da artırmaktadır [10, 11]. Kamyonların ürettiği gürültü, özellikle sessiz mahallelerde veya geceleri daha büyük bir rahatsızlık meydana getirir. Kentleşme eğilimi ile birlikte kentsel yük hareketlerinden kaynaklanan tüm bu sorunlar, karar vericileri kent sakinlerinin ihtiyaçlarından ödün vermeden bu olumsuz dışsallıkları azaltmak için kentlerin nasıl planlanması ve yönetilmesi gerektiği konusunda çözüm üretmeye zorlamaktadır [1].

Günümüzde yük taşımacılığı modellemesi dünyanın pek çok ülkesinde gündemde olan bir çalışma alanıdır. Değişen dünya ile birlikte, karar vericiler küresel iklim değişimi, bölgesel hava ve gürültü kirliliği problemlerine daha fazla önem atfetmek zorunda kalmakta ve bu durum yük ulaştırması alanında yapılan çalışmalara ilgiyi de önemli oranda artırmaktadır. Ulaşım politikaları dünyada küresel düzeydeki tartışmalar olarak ön plana çıkmaktadır. “Roadmap to a Single European Transport Area” (European Commission 2011) [12] ve “Harmonised European approaches for transport costing and project assessment” (HEATCO 2004) [13] isimli çalışmalar bu küresel ön plana çıkış için örnek teşkil edebilirler. Ulaştırma politikalarının etkilerini incelemek için modellerin kısıtlılıklarını ve sınırlamalarını anlamak üzerine de bir anlayış hüküm sürmekte ve ulaşım modellemesi üzerinde bu yönde bir kaygı oluşturmaktadır [14, 15]. Yıllarca süren ihmalin ardından, yük ulaştırma modelleri şimdi önemli ölçüde dikkat çekmektedir ve ulaştırma uzmanları arasında hepsinin dikkatli bir revizyona ihtiyaç duyduğu yönünde geniş bir algı vardır. Belirli bir modelle neler yapılabileceği konusundaki kafa karışıklığı, genellikle modelin orijinal olarak tasarlandığı ve kalibre edildiği uygulama alanına ilişkin şeffaflık ve açıklayıcılık eksikliğine dayanır [16]. Bu bakımdan bölgelere özel olarak yapılan akademik çalışmalar özel uygulamalar içerdiklerinden daha büyük çaptaki çalışmalar için altyapı oluşturmakta; bu nedenle büyük anlam ve önem ifade etmektedirler.

¹Bir ürün ya da hizmet üretiminde hammadde eldesinden başlayıp üretim, sevkiyat, kullanım ve atık bertarafını da kapsayan sürecin tümünde ortaya çıkan salımlar.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Kentsel yük taşımacılığında amaçlara göre yapılması hedeflenenler farklılaşmaktadır. Amaçlara yönelik hedeflenenler Tablo 1.1’de verilmiştir [1, 5].

Tablo 1.1 Kentsel yük taşımacılığı amaçlarına bir bakış [5]

Amaç	Tanım
Ekonomik	Yerel, bölgesel ve ulusal ekonomiyi iyileştirmeye yönelik olarak yük sistemini geliştirme ve iyileştirmeye odaklanır.
	Kentsel ekonomiye sahip ticarete açık sektörlerle odaklanır.
	Limanlara ve intermodal tesislere odaklanır.
Verimlilik	Güzergâh üzerindeki ulaştırma işletme maliyetlerini ve enerjiyi azaltmak veya en küçükleme-ye odaklanır.
	Yük hareketlerinin getirdiği tıkanıklık ve maliyetlere odaklanır.
	Yol tasarımı, geometrisi, bakımı, sinyalizasyonu, bölgesel trafik yönetimleri ya da arter kapasiteleri konularında yol ağının eksikliklerine odaklanır.
	Yükleme boşaltma, park etme, terminal etkinlikleri, işletme saatleri ve saha erişimi/ çıkışı ile ilişkili son nokta maliyetlerine odaklanır.
	Araç hızı, tipi ve gönderi türü ile ilişkili olarak enerji maliyetlerine odaklanır.
Yol Güvenliği	Mala gelen zararın, yaralanmalı ve ölümlü kazaların en küçüklenmesine odaklanır.
	Trafik yönetimi, yol tasarımı, araç tasarımı, sürücü eğitimi ve alan kullanımı ile ilişkili olan politikalara odaklanır.
Çevre	Gürültüyü, hava ve titreşim kirliliğini hafifletmeye odaklanır.
	Büyük taşıtların yerleşim alanlarında izinsiz etkinliklerinin yarattığı tehdide odaklanır.
Altyapı ve Yönetimi	Düzenlemelerde, fiyat kontrolünde, vergilendirmelerde ve yatırımlarda devlet etkisini genişletmeye odaklanır.
	Yol yapımına, bakımına ve bunların yük sektörüyle olan ilişkilerine odaklanır.
Kent Çatkısı (Strüktürü)	Kentsel alanın bir kullanıcısı olan yük tesislerinin kent çatkısı ve şehrin büyüklüğü ile ilişkilerine ve yük maliyetleri üzerindeki etkilerine odaklanır.

Bu dağılıma göre, tez ile amaçlananlar **ekonomi** ve **verimlilik** perspektifine daha

yakın olmaktadır. Bu tez kapsamında, İstanbul için gönderi boyutu ile paketleme tiplerini modelleme sürecine dahil eden bir tür seçim modelinin kurulması amaçlanmıştır. Çalışma, İstanbul ili için hazırlanmış olup, İstanbul Lojistik Ana Planı [17] için yaptırılan firma anketleri sektörlerle göre işlenmiş, çeşitli sektörlerin gönderim tercihleri kesikli tercih modelleri yaklaşımı ile belirlenmiş ve ortaya yeni bir ayrık (disaggregate) model konulması hedeflenmiştir. Bu yolla maliyetler ya da boyutlar değiştirildiğinde ne tür türel kaymaların elde edilebileceği de iki küçük senaryo ile araştırılmıştır. Elde edilen değerlendirmelerin karar alıcılara ışık tutması, dört aşamalı modelin tür seçimi aşaması için bir karar-destek işlevi görmesi ve taşımacılık politikaları için literatüre katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Literatürde yük taşımacılığı alanında pek çok çalışma mevcuttur. Yük taşımacılığı paydaşlarına, çalışmada amaçlananlara, çalışma içerisinde yer alan tanımlayıcılara ve sonuç olarak ürettiği çözüm sınıflarına göre yaklaşık kırk yılı kapsayan yayın listesi Tablo 1.2 ve Tablo 1.3'te verilmiştir [1, 18–31]. Bu tablolara göre, alıcı dışındaki paydaşların çalışmalarda daha sık yer aldığı, en çok verimlilik amacına odaklanıldığı, yolculuk üretimi ve trafik akımı tanımlayıcılarının çok sık kullanıldığı ve daha çok planlama/politika arayışlarına yönelik çözümler üretildiği söylenebilir.

Tablo 1.2 Paydaşlara ve amaçlara göre çalışmalar [1, 18–31]

Yazar	Paydaş				Amaç						
	Gönderici	Taşıyıcı	Düzenleyici	Alıcı	Ekonomik	Verimlilik	Yol Güvenliği	Çevre	Altyapı ve Yönetimi	Kent Çatıskısı	Bilgi Oranı
Southworth, 1982			X						X		
Young ve diğ., 1983	X					X					X
Visser ve Maat, 1997			X					X			
Harris ve Liu, 1998			X		X						
Holguin-Veras, 2000	X	X		X							X
Boerkamps ve diğ., 2000	X	X	X	X		X		X			
Russo ve Comi, 2002				X							X
Xu ve diğ., 2003		X				X		X			
Crainic ve diğ., 2004		X	X			X					
Holguin-Veras ve diğ., 2004	X	X									X
Taniguchi ve Shimamoto, 2004		X	X			X		X			
Taniguchi ve Tamagawa, 2005	X	X	X			X		X	X		
Hensher ve Puckett, 2005	X	X	X	X		X			X		
Friesz ve Holguin-Veras, 2005		X				X					
Figliozi, 2006		X				X					
Yannis ve diğ., 2006			X					X	X		
Van Duin ve Quak, 2007	X	X				X					
Figliozi, 2007			X			X					
Hunt ve Stefan, 2007			X								X
Wisetjindawat ve diğ., 2007	X	X	X			X					X
Routhier ve Toilier, 2007			X		X	X		X	X	X	
Wang ve Holguin-Veras, 2008			X								X
Kanaroglou ve Buliung, 2008			X								X
Holguin-Veras, 2008		X	X	X		X		X	X		
Friesz ve diğ., 2008	X	X		X		X					
Munuzuri ve diğ., 2009			X								X
Crainic ve diğ., 2009		X	X			X					
Gentile ve Vigo, 2009			X								X
Donelley ve diğ., 2010		X	X						X		X
Russo ve Comi, 2010				X							X
Munuzuri ve diğ., 2010			X								X
Combes, 2012	X	X			X	X					
Davydenko ve diğ., 2013	X				X	X			X		
Cantillo ve diğ., 2014	X				X	X					
Zhang ve diğ., 2015	X		X		X	X		X	X		X
Zhang ve diğ., 2016	X				X	X			X		
Grebe ve diğ., 2016	X				X	X					
Ellison ve diğ., 2017		X			X	X					
Alho ve diğ., 2017	X			X		X	X		X		
de Bok ve diğ., 2018	X					X					X
Mommens ve diğ., 2019		X			X			X			
Konstantinus ve diğ., 2020	X	X			X	X					
Thoen ve diğ., 2020	X	X			X	X					
Anand ve diğ., 2021		X	X		X	X		X	X	X	
de Bok ve diğ., 2022	X		X			X		X		X	
Toplam	20	22	24	8	13	29	1	12	12	3	15

Bütün bunların yanı sıra yük modellemesini yalnızca amaçlar, paydaşlar ve tanımlayıcılar çerçevesinde değil, taktik, stratejik ve operasyonel düzeyler bazında, kullanılan yöntemlere (kalitatif ve kantitatif olarak) ya da teknolojilere göre (RFID, IoT vb.) veya ürettiği politikaya göre ele alan pek çok sistematik çalışma mevcuttur [32–34]

Tablo 1.3 Tanımlayıcılara ve getirdiği çözümlere göre çalışmalar [1, 18–31]

Yazar	Tanımlayıcılar											Çözüm		
	Yük Üretimi	Yük Akışı	Taşıt Tasarımı	Taşıt Yükleme	Konum	Yapıların ve Alanların Tasarımı	Yolculuk Üretimi	Türel Transfer	Trafik Tasarımı	Trafik Akımı	Endüstriyel Yapı	Planlama	Politika	Teknoloji
Southworth, 1982					X							X		
Young ve diğ., 1983								X						
Visser ve Maat, 1997							X			X				
Harris ve Liu, 1998	X											X		
Holguin-Veras, 2000		X								X				
Boerkamps ve diğ., 2000	X	X		X			X			X	X	X	X	
Russo ve Comi, 2002		X					X			X				
Xu ve diğ., 2003	X			X			X			X				X
Crainic ve diğ., 2004				X	X				X			X		
Holguin-Veras ve diğ., 2004				X			X				X			
Taniguchi ve Shimamoto, 2004				X			X			X			X	X
Taniguchi ve Tamagawa, 2005				X						X			X	
Hensher ve Puckett, 2005										X	X		X	
Friesz ve Holguin-Veras, 2005							X					X		
Figliozi, 2006										X				X
Yannis ve diğ., 2006										X			X	
Van Duin ve Quak, 2007				X			X				X			X
Figliozi, 2007							X			X			X	
Hunt ve Stefan, 2007							X			X				
Wisetjindawat ve diğ., 2007	X	X		X			X			X	X			
Routhier ve Toilier, 2007					X	X	X			X		X	X	
Wang ve Holguin-Veras, 2008							X							
Kanaroglou ve Bulung, 2008							X			X		X		
Holguin-Veras, 2008										X	X		X	
Friesz ve diğ., 2008	X						X				X			
Munuzuri ve diğ., 2009	X	X								X				
Crainic ve diğ., 2009				X	X					X		X		
Gentile ve Vigo, 2009	X	X					X			X				
Donelley ve diğ., 2010		X		X			X	X				X		
Russo ve Comi, 2010		X					X			X				
Munuzuri ve diğ., 2010										X				
Combes, 2012	X	X							X	X		X	X	
Davydenko ve diğ., 2013	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	
Cantillo ve diğ., 2014	X	X					X	X				X		
Zhang ve diğ., 2015	X	X			X	X	X				X	X	X	
Zhang ve diğ., 2016	X	X		X			X	X	X	X		X	X	
Grebe ve diğ., 2016	X	X	X				X	X	X	X		X	X	
Ellison ve diğ., 2017	X	X	X							X		X		
Alho ve diğ., 2017		X					X			X		X		X
de Bok ve diğ., 2018	X	X					X	X	X			X		X
Mommens ve diğ., 2019	X	X							X	X	X	X	X	
Konstantinus ve diğ., 2020	X	X		X			X	X	X			X	X	
Thoen ve diğ., 2020	X	X					X		X	X		X	X	
Anand ve diğ., 2021	X	X	X	X					X			X		
de Bok ve diğ., 2022	X	X	X				X	X				X		X
Toplam	20	22	4	14	6	3	28	8	9	29	10	23	16	7

1.2 Hipotez

Yük taşımacılığı literatürü incelendiğinde, 2000’li yıllardan itibaren pek çok bölgesel/kentsel/ulusal/uluslararası yük modelinin geliştirildiği gözlenmektedir. Ancak 2000’li yılların başında çalışılan bu modellerin büyük kısmı, belirlenimci (deterministik) ve bütünleşik (aggregate) yaklaşımı kullanmıştır, bu nedenle tüm otoritelerin kabul ettiği gibi yük taşıyanların davranışlarını daha güçlü bir ampirik temele dayandırmaktan uzaktırlar. Olası senaryo ve politika değişikliklerinde çok büyük tepkiler veren deterministik modellerin bu iyi bilinen dezavantajının üstesinden gelmek için son beş yılda tüm Avrupa’da bütünleşik- ayrık- bütünleşik stokastik modellerin yaygınlaştığı gözlenmektedir. 2019 yılında yapılan bir çalışma, ulusal yük taşımacılığı bağlamında taşıma zinciri seçimi ve gönderi büyüklüğünü, İsveç için firmaların kendine özgü gönderi tercihlerine göre modelleyen ilk ayrık yük modelidir [35]. 2019 yılında yapılan bir diğer çalışma, tüm Avrupa için bir yük taşıma zinciri ve gönderi boyutu seçimi önermekte ve bu kapsamda yapılan ilk bütünleşik-ayrık-bütünleşik model olmaktadır [36]. Ülkemizde ise talep modeli içerisinde henüz ayrık düzeyde yapılmış bölgesel (ya da ulusal) düzeyde bir tür seçimi, gönderi boyutu ve paketleme tipi kapsamlı yük modellemesi çalışması bulunmamaktadır.

İstanbul için yeni değişkenlerle yapılacak ayrık düzeyde bir çalışma, uzun mesafeli gönderilerde belirli türlerin ve araçların avantajlarını en verimli şekilde kullanmayı mümkün kılacaktır.

1.3 Özgün Değer

Yük hareketlerinin ekonomi, ekoloji ve toplumsal refah üzerindeki etkileri yaygın olarak bilinmesine rağmen karar vericilere tatmin edici bir yük taşımacılığı modeli sağlamak hala pek çok kent ve ülke için gündemde olan bir ihtiyaçtır. Yük taşımacılığı analizinin farklı yönlerine adanmış çalışmalar, farklı operasyonel değerlere sahip çok çeşitli özel taşımacılık modellerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu yük taşımacılığı modellerinin uygulamadaki yetersizliğinin birincil nedeni, özel verilerin az olması durumunda problemi açıklamadaki yetersizlikleri ve bölgesel uygulamalarda ise karmaşıklık problemi olarak gösterilebilir [37]. Tez çalışması da özel verilerin toplanmasını gerektirmektedir. Bu tez çalışması sonucunda, anlaşılır ve yeni bir yük tür seçimi modeli üretilcek ve bu modelleme yaklaşımı, literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca üretilen yük tür seçimi modelinin yerel uygulamalarda yer bulması umulmaktadır.

2 YÜK TAŞIMACILIĞI LİTERATÜRÜNE GENEL BİR BAKIŞ

2.1 Yük Taşımacılığında Sorunlar

Kentsel ulaşım etkinliklerinin şablonu temelde iki ana bileşenden oluşur: İnsanların ve yüklerin hareketi. Kentsel alanlardaki yollar büyük miktarda yiyecek, tüketim maddesi, yapı malzemesi ve endüstriyel girdiler gibi, kentsel ekonomiyi ve hayat tarzını destekleyen ürünleri taşıyan araçlarla doludur. Bu yüzden yük taşımacılığı hayati önem arz eder; ancak aynı zamanda tıkanıklığın önemli bir sebebidir ve ulaştırmanın negatif çevresel ve sosyal etkilerini önemli ölçüde artıran öğelerden birisidir [38]. Bu negatif dışsallıklar yalnızca tıkanıklık değil, hava kirliliği, güvenlik, parklanma ya da gürültü de olabilir [39, 40].

Amerika'nın yük taşımacılığında önem arz eden 300 karayolu noktasında her yıl GPS verilerine göre yapılan bir darboğaz çalışmasında, 2009, 2015 ve 2019 yılları için en tıkalı 25 darboğazı kapsayan bir inceleme yapılmış ve günlük ortalama hızların ve zirve saatteki hızların (Tablo 2.1) ilgili yıllarda kademeli olarak düştüğü görülmüştür [41].

Tablo 2.1 Hızlardaki kademeli düşüş [41]

En tıkanık 25 darboğaz	Yıllar		
	2009	2015	2019
Günlük ortalama hız (km/sa)	69,20	66,37	62,52
Zirve saat ortalama hız (km/sa)	56,77	52,46	47,81

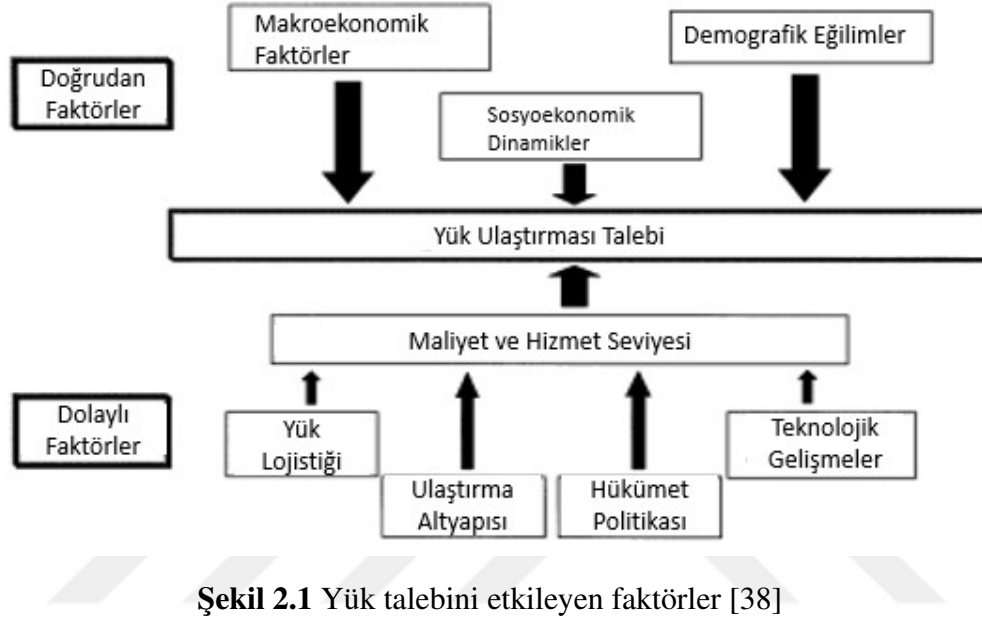
Bir düşük gelirli endüstriyel alan olan güneydoğu Los Angeles bölgesinde; 2015-2018 yılları arasındaki trafik kazaları incelenmiş ve bölgede her yıl yük taşıtları tarafından yapılan kazalarda ortalama 4 kişinin öldüğü ve 127 kişinin yaralandığı ortaya çıkmıştır [40]. Yine 2016 yılı verilerine göre NO_x ve PM10 kirleticilerinin ulaştırma kaynaklı kısmının sırasıyla %34,3 ve %28,6'lık kısmının yük taşıtları tarafından salındığı ortaya çıkmıştır. Bunların yanı sıra, Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma İstatistikleri Bürosu, şehir içi yollardan, otoyollardan,

demiryolu hatlarından ve havalimanlarından kaynaklanan gürültü tahminlerini içeren ulusal bir gürültü haritası sunmaktadır. Havaalanları en fazla gürültüyü üretirken, demiryolu hatları karayollarından daha fazla gürültü üretmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde demiryolu hatları metropol bölgelerde bile yoğunlukla yük taşımaktadır [40]. Türkiye özelinde bir değerlendirme yapıldığında, TÜİK verilerine göre [42] 2023 yılı içerisindeki ölümlü trafik kazalarının %18,2'sinin yük taşıtları tarafından yapıldığı anlaşılmaktadır (çekici, kamyon ve kamyonetler). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre, 2021 yılında Türkiye'nin toplam seragazı salımları CO_2 eşdeğeri cinsinden 564,4 milyon ton olup, bunun 91,2 milyon tonluk kısmı, yani %16,15'lik bölümü ulaştırma kaynaklıdır. 2022 yılında yapılan karayolu yolcu taşımacılığı 348,489 milyon yolcu-km değerinde iken, karayolu yük taşımacılığı 323,512 milyon ton-km değerindedir, yani yük taşımacılığının salımlar içerisindeki payı da oransal olarak çok büyüktür [43]. Özetle yük taşımacılığının önemli negatif etkileri bulunmaktadır.

Ek olarak, yük taşımacılığı talebi değişen endüstriyel lojistik ihtiyacı ve tüketici davranışları nedeniyle pek çok şehirde yolcu taşımacılığı talebinden daha hızlı büyümektedir. Sonuç olarak, yük faaliyetlerinin önemi hem kentsel ekonomideki rolünde hem de kentsel ortam üzerindeki olumsuz etkilerinde görülen artıştan kaynaklanmaktadır. Yük hareketlerinin modellenmesi, yük taşımacılığı etkinliğinin anlaşılmasına ve politika, planlama ve işletme bağlamlarında verimliliği artırıp negatif etkilerin azaltılmasına yardımcı olur. Yük taşımacılığı modellemesi, özellikle şu konulardaki problemlere ışık tutabilir [38]:

- Yük araçlarının trafiğe ve tıkanıklığa olan etkileri
- Yük ulaştırması etkinliğinin gürültü ve hava kirliliği gibi çevresel ve sosyal etkileri
- Taşıt yönlendirme en iyilemesi, yük dağıtım şablonu, en uygun tesis yeri seçimi (yük dağıtım merkezleri gibi)
- Kentsel yük hareketlerinin genel tedarik zincirindeki rolü.
- Kentsel yük ulaştırması piyasası ve kentsel yük dağıtım sisteminin verimli işletilmesi
- Kentsel yüklerin kent ekonomisindeki gücü ve kentsel sistemdeki fonksiyonu
- Fiyatlandırmanın ve kentsel yük sistemini etkileyen düzenleyici ve diğer idari politikaların etkileri.

Yük taşımacılığı etkinliğinin anlaşılabilmesi için yük ulaştırması talebini etkileyen faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Yük ulaştırması talebini etkileyen faktörler Şekil 2.1’de verilmiştir [38]. Buna göre, yük ulaştırması talebini etkileyen doğrudan ve dolaylı faktörler mevcuttur. Makroekonomik faktörler ve demografik eğilimler, en etkili doğrudan faktörler olup bunları sosyoekonomik dinamikler takip eder. Dolaylı faktörlerden olan maliyet ve hizmet seviyesi ise, altyapıdan, hükümet politikalarından, teknolojik gelişmelerden ve yük lojistiğinden etkilenir.



2.2 Yük Taşımacılığında Modelleme Kavramı

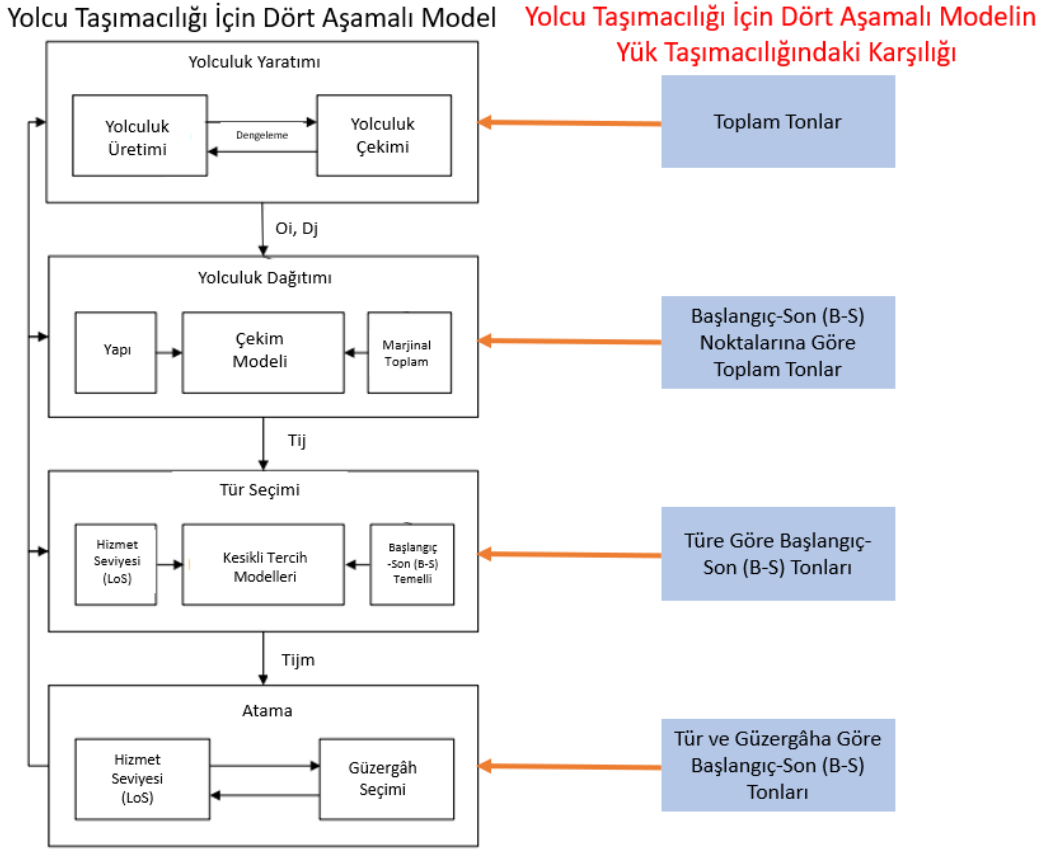
Yük taşımacılığı tahmini modellerindeki pek çok teknik, yolcu taşımacılığı modellerinden uyarlamadır ve yenilikçi bazı çalışmalar dışında [44, 45] çıkış noktasını bunlardan alır [46].

1993 yılında Amerika için yapılan Emtia Akışı Araştırmasına (Commodity Flow Survey) [47] göre, tüm gönderilerin ‘değer anlamında’ yüzde 30’unun ve ‘ağırlık anlamında’ yüzde 56’sının aralarında 80 kilometrenin altında mesafe bulunan konumlar arasında taşındığı; ‘değer anlamında’ emtianın yüzde 39’undan fazlasının ve ‘ağırlık anlamında’ ise tüm emtianın üçte ikisinin 160 kilometrenin altındaki mesafeler arasında taşındığı ortaya çıkmıştır. Yük taşımacılığının büyük oranda kısa mesafeler arasında yapılması, hareketliliğin ve türler arasındaki entegrasyonun önemine işaret etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri için bu durum, 1998 yılında yürürlüğe giren Transportation Equity Act for the 21 st Century (TEA-21) isimli kanunda açıkça ortaya konmuş, ‘yük taşımacılığı için erişilebilirliği, hareketlilik seçeneklerini, ulaştırma türleri arasındaki entegrasyonu artırmak’ kapsamında

bir kanun maddesi olarak söz konusu federal taşımacılık tasarısındaki yerini almıştır. Bu istatistikler, tek tek tüm eyaletlerin sınırları içinde önemli miktarda yük hareketinin meydana geldiğini ve böylece yük taşımacılığının önemini vurgulamaktadır. Bu önem arz ediş rağmen, 2000’li yıllara kadar son birkaç on yıldaki yolculuk modeli iyileştirmeleri yolcu taşımacılığına odaklanmıştır. Sonuç olarak, yük taşımacılığı alanındaki davranışsal paradigmalarda/modeller üzerine yapılan araştırmalar 2000’li yıllara kadar yolcu taşımacılığının gerisinde kalmıştır. Aynı şekilde, yük taşımacılığı sektöründeki veri toplama çabaları ölçek ve kapsam bakımından oldukça sınırlıdır; çünkü yük taşımacılığı verilerinin doğası gereği, özel sektör kuruluşlarından tescilli olarak ve bütünleşik bir coğrafi ölçekte toplanması çok zordur [38]. Taşımacılık sorunları hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde her zamankinden daha yaygın ve şiddetli hale gelmiştir. Yakıt kıtlığı (geçici olanlar) bir sorun değildir, ancak karayolu trafiğinde ve ulaşım talebindeki genel artış, şimdiye kadar ‘kabul edilebilir’ olarak değerlendirilenin çok ötesinde tıkanıklıklara, gecikmelere, kazalara ve çevre sorunlarına yol açmıştır. Bu sorunlar yalnızca yol güvenliği ve taşıt trafiği ile sınırlı değildir. Ekonomik büyüme, çoğu ulaşım tesisinin kapasitesini aşan talep seviyeleri yaratmış görünmektedir. Bazı türlere ve bölgelere uzun süredir yatırım yapılması (örneğin karayolu taşımacılığı türünün sıklıkla tercih edilmesi), bir değişkenin, ortalama koşullardan biraz farklı olması durumunda bozulan, kırılma tedarik sistemleriyle sonuçlanmıştır. Bu sorunların yakın gelecekte ortadan kalkması beklenmemektedir. Kentsel ve şehirlerarası bağlamlarda ulaşım biçimlerinin iyileştirilmesi için büyük çaba sarf edilmesine rağmen, çoğu zaman plansızlık veya yetersiz planlama ile vakit kaybedilmiştir. Kaynakların sınırsız olmadığı göz önüne alındığında, bu çaba sarf edilirken maliyetleri ve yan etkileri en aza indirmeye; yani ulaşım hizmetinin avantajlarını ise en üst düzeye çıkarmaya yönelik dikkatli ve düşünülmüş kararlardan faydalanılmalıdır [48]. Ulaştırma talebinin tahmini için 1960’larda ilk uygulamaları yapılan ve klasik taşıtırma modeli olarak bilinen dört aşamalı model, günümüze kadar modelleme tekniklerinde gerçekleşen gelişmelere rağmen önemli yapısal değişimler göstermemiştir. Dört aşamalı taşıtırma modeli yolculuk üretimi, yolculuk dağıtımı, türel ayırma ve trafik ataması olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır [48]. Yolculuk tabanlı talep modellerinden olan klasik dört aşamalı model dışında, tur tabanlı ve etkinlik tabanlı olan modeller de mevcuttur. Klasik dört aşamalı model yapısı ve bu model yapısının yük taşıtırmasındaki genel bir karşılığı Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Yük taşımacılığı modellemesi bağlamında dört aşama şunları içerir:

Üretim ve çekim: Bu adımda, çeşitli başlangıç bölgelerinden taşınacak mal miktarları ve çeşitli varış bölgelerine taşınacak miktarlar belirlenir ve başlangıç



Şekil 2.2 Klasik model yapısı ve yük ulaştırmasındaki karşılığı [49, 50]

varış yerinin marjinalleri, başlangıç-son (B-S) çiftleridir (bir diğer ifadeyle O-D matrisleridir). Çıktı boyutu tonlarca maldır (bazen taşıt cinsinden ifade edildiği de olur). Üretim ve çekim modellerinin ara aşamalarında, boyut-yük hacmi/para birimi dönüşümleri olabilir. Bu aşamada büyütme faktörü yöntemi ve regresyon gibi yöntemler kullanılır.

Dağıtım: Bu aşamada B-S matrisinin hücreleri belirlenir. Boyutlar yine tondur. Dağıtım aşamasında yolcu taşımacılığında sıklıkla kullanılan yöntemler çekim modeli, uniform büyüme faktörü, tekil sınırlayıcı şartlı büyüme faktörü, ikili sınırlayıcı şartlı büyüme faktörü iken yük taşımacılığında Fratar yöntemine de sıkça rastlanır.

Türel ayırım: Bu aşamada taşınan yükün türlere göre (karayolu, demiryolu, kombine taşımacılık, iç su yolu taşımacılığı) tahsisi yapılır.

Atama: Akışların taşıt birimlerine dönüştürülmesinden sonra yüklerin taşınacakları güzergâhların belirlendiği ağlara atanma işlemidir.

Bu dört adımın yanı sıra, kapsamlı bir yük taşıma modeli sisteminde genellikle bir dizi dönüşüm bileşeni gereklidir. Dönüşüm bileşenleri, dört aşamanın işlem

adımlarına bağılı ancak kendi içlerinde bağımsız çalışarak para, yakıt, işçilik gibi unsurları gerekli birimlere dönüştürmeye yarayan, modele ait parçalardır. Bu tür dönüşümler, üretim ve çekimleri belirlemek için para birimleri olarak ifade edilen ticaret akışlarının ton olarak fiziksel akışlara dönüştürülmesini içerebilir. Bu, farklı yük grupları için değer/ağırlık oranları kullanılarak yapılabilir. Burada kullanılan oranlar sonuçlar üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir ve bu nedenle dönüşümler hakkında iyi veriler toplamak ve mümkünse model sisteminde içsel, politikaya duyarlı bir seçim yapmak önemlidir. Başka bir dönüşüm modülü, ton seçimi içindeki akışlardan, tür seçimi ve atama arasında olabileceği gibi, ağır yük araçları (HGV'ler) gibi taşıt birimlerine geçmek için kullanılabilir. Aslında bu; sevkiyat sıklığı, gönderi büyüklüğü, geri dönüş yükleri ve taşıt kullanım oranlarına ilişkin çok sayıda karardan etkilenir. Bu kararlar açıkça ek lojistik bileşenlerinde modellenenebilir ancak burada da genellikle sabit dönüşüm oranları kullanılmaktadır [51]. Bütün benzeşimlere rağmen, dört aşamanın her birinde yük taşımacılığı modelleri yolcu taşımacılığından çok farklı kurgulanabilir. Yük ve yolcu taşımacılığındaki en belirgin fark, karar vericilerin çeşitliliği (göndericiler, taşıyıcılar, araçlar, sürücüler ve işletmeciler), taşınan eşyaların çeşitliliği (birçok duraklı parçalı teslimatlardan yüz binlerce tonluk tek bir toplu gönderiye kadar) ve sınırlı veri kullanılabilirliği (gizlilik nedeniyle özellikle ayrık veriye erişim zorluğu) olarak sayılabilir. Pek çok Avrupa ülkesinde, yük taşımacılığı hacimlerini ya da taşıt akımlarını tahmin etmek için ulusal model sistemleri geliştirilmiştir. Bunlardan bazı örnekler aşağıdaki şekilde sıralanabilir [51]:

- İsveç Ulusal Yük Modeli Sistemi (SAMGODS)
- Norveç Ulusal Yük Modeli Sistemi (NEMO) (Her ikisi de çok türlü (multimodal) yük ataması için C++ ile yazılmış olan STAN isimli bir istatistiksel çıkarım yazılımını kullanmıştır.)
- Belçika'nın Valon (Walloon) bölgesi için oluşturulmuş olan bölgesel yük model sistemi (WFTM) (NODUS çok türlü atama yazılımını kullanarak yapılmıştır.)
- Girdi-çıkıtlı modellerini ve ayrık tür seçim modellerini kullanarak oluşturulmuş İtalyan ulusal model sistemi
- TEM (Transport Economics Model) ve SMILE (Strategic Model for Integrated Logistic Evaluation) isimli iki Hollanda modeli (öncelikle girdi-çıkıtlı metodunu kullanmış ardından dağıtım merkezlerinin konumu için bir lojistik bileşen kullanılmıştır.)

- Birleşik Krallık'ta ise STEMM (Strategic European Multi-Modal Modelling Projesi) kapsamında ulusal yük ulaştırma tahminleri yapılmıştır.
- SCENES (Scenarios for European Transport) ve NEAC uluslararası modelleri ile özel uluslararası koridorlar için modeller (İskandinav)

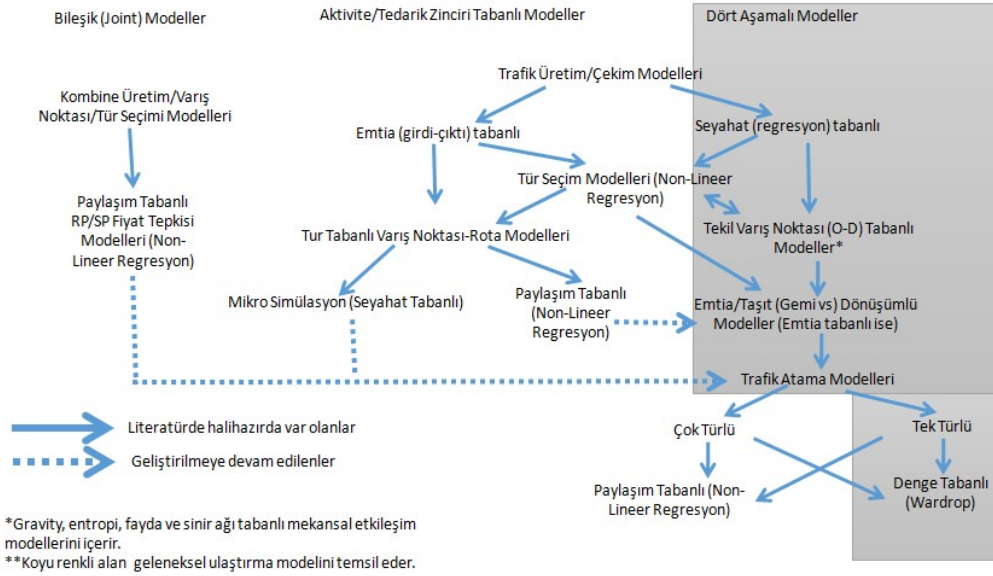
Hollanda için oluşturulmuş bir dört aşamalı modelin gelişmiş bir halefi olan BasGoed modeli, oldukça kapsamlı bir ulusal model olup daha sonra çeşitli bileşenler eklenerek sektörel büyümeleri de içerebilecek biçimde geliştirilmiştir [52, 53] .

Uluslararası olan birkaç güncel modelden söz edilmek istenirse, açık kaynaklı olup oldukça kullanıcı dostu ve hızlı bir biçimde politika yapıcılarının stratejik değerlendirmelerine imkan tanıyan bir bütünleşik model olarak Avrupa Komisyonu için 2018 yılında ve Avrupa kapsamında hazırlanan HIGH-TOOL modelinden [54] söz edilebilir. Eşdeğeri modellerden, merkezine yük modellemesini almasıyla ayrılan uluslararası bir diğer model olan Transtool3 modeli [55] taşıma zincirlerinde ayrı veri kullanır. Avrupa için geliştirilmiş bir diğer model olan TRUST modeli [56], öncülü olan ASTRA modeliyle kombine edilebilen bir ağ (network) atama modelidir. Yine uluslararası bir model olan TRIMODE modeli diğerlerinden farklı olarak ulusal, bölgesel ve kentsel seviyelerde ulaşım ve depolama maliyetlerini göz önüne alarak depo/dağıtım merkezi konumlarını da içerir [57–59]. Bu uluslararası veya Avrupa kıtası tabanlı modellerin yanı sıra Worldnet [14] ve ITF [60] gibi küresel modeller de mevcuttur. Çok ülkeli çalışma gruplarıyla oluşturulmuş ve göndericilerin açıklanmış tercihlerine ilişkin heterojenlikleri saklı (latent) değişken olarak modelleyen [28, 61] geniş kapsamlı modellerden de söz etmek mümkündür. Tıpkı Avrupa'da olduğu gibi Amerika kıtasında da bazı yük modellemesi çalışmaları yapılmıştır. Bunlardan biri bir mikro benzetim modeli olup [62] yine en bilinenlerinden biri ise tür tercihi ve gönderi boyutu seçimi üzerine yapılmış bir modeldir [63]. Yük taşıtlarından kilometre başına fiyat alma amacını güden Flanders bölgesi modeli [23] yine Avrupa'da Flanders bölgesi için oluşturulmuş bölgesel bir modeldir. Amerika'da Florida için oluşturulmuş olan FreightSim modeli ve Chicago için oluşturulmuş olan model [59, 64] gibi Güneydoğu Asya için geliştirilmiş olan ve belirtilmiş tercih (Stated Preference, SP) anketlerine¹ dayanan, bölgelere özel modeller de mevcuttur [66].

¹Belirtilmiş tercih anketleri seçimin varsayımsal durumlar üzerinden yapıldığı anketleri tanımlar. Açıklanmış tercih (Revealed Preference (RP)) anketleri ise, mevcut veya yakın geçmişteki koşullar altında bireyler tarafından yapılan gerçek veya gözlemlenen seçimleri tanımlar [65]

2.3 Yük Taşımacılığında Modellerin Sorunu Ele Alış Biçimi

Yük ulaştırması modellemesini anlayabilmek için, pek çok farklı amaca yönelik olarak ve pek çok farklı bakış açısıyla yapılan sınıflandırmaları belirli bir düzen içerisinde ele almak gerekir. Yük taşımacılığı modellemesinde farklı yaklaşımlar arasındaki ilişki Şekil 2.3'te gösterilmiştir [16].



Şekil 2.3 Yük taşımacılığı modellemesinde farklı yaklaşımlar arasındaki ilişki [16]

Buna göre, dört aşamalı modellerin, etkinlik tabanlı modellerin ve bileşik modellerin birbirleriyle ilişkili olduğu veya örtüştüğü bazı aşamalar olabilmektedir. Özellikle tür seçimi modelleri, pek çok farklı bakımdan ele alınabilmektedir. Yük ulaştırma modellemesinde dört aşamanın her biri için kullanılan model tipleri ve bunların avantaj/dezavantajları Tablo 2.2, Tablo 2.3, Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'te verilmiştir [51].

Tablo 2.2 Yük üretim ve çekim modellerinin özeti (Yük oluşumu/Generation aşaması modelleri) [51]

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Zaman Serileri Modelleri	Kısıtlı veriye gereksinimi olması (ancak birkaç yıla ait olmalıdır)	Nedensellik hakkında az bilgi vermesi ve politika etkileri bakımından sınırlı kapsamda olması
Sistem Dinamikleri Modelleri	Kısıtlı veriye gereksinimi olması, arazi kullanım etkileşimini verebiliyor olması, dışsal ve politika etkileri değişkenlerini içerebiliyor olması	Parametre değerleri üzerinde istatistiksel test olmaması
Bölgesel (Zonal) Seyahat Oranı Modelleri	Kısıtlı veriye gereksinimi olması (bölgesel veri)	Nedensellik hakkında az bilgi vermesi ve politika etkileri bakımından sınırlı kapsamda olması
Girdi-Çıktı Modelleri	Ekonomiyle bağlantılı olması, arazi kullanım etkileşimini verebiliyor olması, katsayılar birinde meydana gelen oransal değişimin diğer katsayılardaki oransal değişim üzerinde etkisi olan yani elastik katsayılar içeriyorsa politikadan etkilenmesi	Tercihen çok bölgeli girdi çıktı tabloları gerektirmesi, sabit katsayılar bulunduruyorsa kısıtlayıcı kabullerinin olması, değerleri tona dönüştürme ihtiyacının olması, ithalat ve ihracat ticaret akışlarını belirleme ihtiyacının olması

Tablo 2.3 Yük dağıtım modellerinin özeti (Distribution aşaması modelleri) [51]

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Gravity Modelleri	Kısıtlı veriye gereksinimi olması, taşıma maliyeti fonksiyonu aracılığıyla bazı politika etkilerinin olabilmesi	Açıklayıcı faktörleri ve politika etkilerini dahil etmek bağlamında sınırlı kapsamlı olması
Girdi-Çıktı Modelleri	Ekonomiyle bağlantılı olması, arazi kullanım etkileşimini verebiliyor olması, elastik katsayılar içeriyorsa politikadan etkilenmesi	Tercihen çok bölgeli girdi çıktı tabloları gerektirmesi, sabit katsayılar bulunduruyorsa kısıtlayıcı kabullerinin olması, değerleri tona dönüştürme ihtiyacının olması, ithalat ve ihracat ticaret akışlarını belirleme ihtiyacının olması

Tablo 2.4 Yük türel ayırım modellerinin özeti (Modal split aşaması modelleri) [51]

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Elastisite Tabanlı Modeller	Çok az veriye ihtiyaç duyması ve hızlı uygulanabiliyor olması	Elastisitelerin diğer modellerden ya da uzman görüşünden türetilmesi, sadece tekil ölçütlerin etkisinin gözlemlenebilmesi.
Bütünleşik Türel Ayırım Modelleri	Kısıtlı veri gereksinimi duyması	Zayıf teorik taban, nedensellik hakkında az bilgi vermesi ve politika etkileri bakımından sınırlı kapsamda olması
Neoklasik Modeller	Kısıtlı veriye gereksinim duyması ve teorik tabanlı olup buna bağlı fonksiyon türetebilme	Dört aşamalı model ile bütünleşmesinin zor olması
Doğrudan Talep Modelleri	Kısıtlı veri gereksinimi duyması	Dört aşamalı model ile bütünleşmesinin zor olması
Ayrık Türel Ayırım Modelleri	Teorik tabanlı olması, pek çok nedensel değişkeni ve politika ölçütlerini içerebilme potansiyeli	Ayrık veriye ihtiyaç duyması (gönderici veya emtia anketleri)
Mikro-Benzetim Yaklaşımı Modelleri	Birçok davranışsal seçeneği içermesi ve teorik bağlarının olması	Büyük veri veya dağıtımlarla ilgili birçok varsayım gerektirmesi
Çoktürlü (multimodal) ağ modelleri	Kısıtlı veri gereksinimi duyması, teorik tabanlı olması	Nedensellik hakkında az bilgi vermesi ve çoğunlukla sabit talep ile yapılması.

Tablo 2.5 Yük atama modellerinin özeti (Assignment aşaması modelleri)[51]

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları
Ayrı Atama Aşamalı Modeller	Türel ayırım modelinin ayrık olabilmesi, eğer yük ve yolcu taşımaları birlikte atanıyorsa yolcu seyahatleriyle etkileşime izin vermesi	Talep ve atama arasında etkileşimin olmamasının gerçekçi olmayabilmesi, bunun sadece yinelemeli olarak yapılabilmesi, taşıma zincirlerinin birleştirilmesinin imkansız değilse de zor olması.
Çoktürlü Ağ Ataması	Tür-güzergâh kombinasyonları arasında ikameye izin vermesi, bir rota üzerinde farklı türlere sahip zincirlerin oluşturulabilmesi	En iyileme sürecini kontrol etmek için az kapsam, atlanan faktörler nedeniyle gerçekçi olmayan tür-güzergâh çözümüne yol açabilir.

Dört aşama için kullanılan her bir model tipini sınıflandırabilmek, avantajlarını ve dezavantajlarını anlayabilmek bakımından değerli olan bu tablolar, bilimsel

çalışmalarda karmaşık bir biçimde ele alınan modeller için anlaşılır bir kavramsal araçtır. Avrupa ulaşım modelleri için bir envanter oluşturmayı amaçlayan 2001 yılında yapılmış bir alışma, Avrupa için 222 kentsel-bölgesel-ulusal-uluslararası modeli sıralamıştır. Bu modellerden 65'i yük modeli olup 29 tanesi ise yolcu-yük modelidir. 57 soru yönelterek (coğrafi ölçek, karar verme araçlarıyla bütünleşme, genelleştirilmiş ulaştırma maliyeti, ağı tanımı, bölgeleme gibi bilgileri içeren sorular) modeli tanımlamaya çalışan bu envanterde sorulan sorular, model kurulma aşaması için tanımlayıcı olmaktadır [67]. Anahtar kelimelerden ve model adlarından oluşan bu çalışma, kurulan model sayılarını ortaya koymasından önemlidir. Daha sonraki yıllarda çalışıldığından bu envanterde ismi geçmeyip, farklı coğrafi kapsamlarda çalışılmış bazı modellere ilişkin bilgiler Tablo 2.6 ve Tablo 2.7'de verilmiştir [14]. Tablolarda yer alan kısaltmalardan biri olan NUTS, Avrupa'da bölgesel istatistiklerin toplanması, geliştirilmesi ve uyumlulaştırılması için geliştirilen hiyerarşik sistemin adıdır. Örneğın, NUTS 1: Başlıca sosyo-ekonomik bölgeler NUTS 2: Bölgesel politikaların uygulanması için temel bölgeler NUTS 3: Özel problemlerin anlaşılması ve çözümü için küçük bölgeler. Bir diğeri olan NSTR ise, 1 Ocak 1967'den beri Avrupa Birliğı üye devletlerinde yürürlükte olan, yükleri 10 sınıf ve 52 gruba kadar sınıflandırmayı mümkün kılan hiyerarşik kodlamanın adıdır.

Tablo 2.6 Farklı coğrafi kapsamlarda çalışılmış bazı yük modelleri-I [14]

Model	İtalyan Ulusal Model Sistemi	SMILE+	MODEV	BVWP MODEL	Transtools	Worldnet
Talep Eden	National Research Council	Dutch MoT	French MoT	German MoT	Avrupa Birliği	Avrupa Birliği
Kaynak	Marzano ve Papola	Tavasszy ve diğ., Bovenkerk	MVA ve Kessel+Partner	ITP ve BVU	Chen, TNO Hansen, Tetraplan	Chen, Newton
Geliştirilme Yılı	2004	1998-2005	2005-2006	2006-2007	2005-2009	2007-2008
Çalışma Alanı	İtalya	Hollanda	Fransa	Almanya	Avrupa	Avrupa (Avrupa dışı ticarete odaklıdır)
İç+dış TAB sayısı	267 iç TAB	Yük: 40+60 (NUTS2)	342 İç TAB, 230 Dış TAB ve 25 Liman	439 İç TAB (NUTS3), ve 112 dış TAB (NUTS0-2)	Yük: 277+19 (NUTS2)	Toplamda neredeyse 1500 (NUTS3)
Yük Türü Sayısı	5; dayanıksız ya da değil, değerine göre	50 yük grubu	10 NSTR1	10 NSTR1	10 NSTR1	10 NSTR1
İçerik	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, lojistik modül ve yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, (lojistik) yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması
Türler	Karayolu, Demiryolu, kombine taşımacılık (KY+DY)	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu, Denizyolu, Havayolu, Boru Hattı Ulaşımı.	Karayolu, Demiryolu, kombine taşımacılık (KY+DY), İç Suyolu.	Karayolu, Demiryolu (4 tren tipi), İç Suyolu. (Deniz ve hava taşımacılığı için ayrı modeller).	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu, Denizyolu.	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu, Denizyolu, Havayolu.

Tablo 2.7 Farklı coğrafi kapsamlarda çalışılmış bazı yük modelleri-II [14]

Model	Norway	Sweden (Samgods)	Flanders Bölgesi için ADA modeli	NODUS modeli	LOGIS	Netherlands (Basgoed) Modeli
Talep Eden	National Transport Authorities	National Transport Authorities (01.04.10 sonrası authority)	Flemish MoT	Walloon bölgesini de içeren birkaç hizmet alıcı	Avrupa Birliği	Dutch MoT
Kaynak	Kleven, de Jong ve Ben-Akiva	Vierth, de Jong ve Ben akiva	De Jong ve diğerleri	Pekin ve diğ., Jourquin ve Beuthe	Nestear	Tavasszy, Significance ve diğ.
Geliştirilme Yılı	2004-2009	2004-2009	2009-2010	2006	2009-2010	2010-2011
Çalışma Alanı	Norveç	İsveç	Flanders bölgesi ve Brüksel	Belçika ya da Avrupa	Avrupa (Fransa'ya odaklanır)	Hollanda
İç+dış TAB sayısı	475+61	290+174	309+22	Belçika içinde neredeyse 600 (NUTS5), Avrupa'da 250'den fazla (NUTS2)	—————	40+30
Yük Türü Sayısı	NSTR2'ye dayanarak 32	NSTR2'ye dayanarak 35	9	10 NSTR1	10 NSTR1	10 NSTR1
İçerik	Yük yaratımı, yük dağıtımı, lojistik modül ve yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, lojistik modül ve yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, lojistik modül ve yük ataması	Türel ayırım ve yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması	Yük yaratımı, yük dağıtımı, türel ayırım, yük ataması
Türler	Karayolu, Demiryolu, Denizyolu, Havayolu.	Karayolu, Demiryolu, Denizyolu, Havayolu.	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu, Denizyolu, Havayolu.	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu.	Karayolu, Demiryolu, kombine taşımacılık (KY+DY), İç Suyolu.	Karayolu, Demiryolu, İç Suyolu.

Ülkemizde yük taşımacılığı planlaması ile ilgili olarak yapılan çalışmaların sayısı, yolcu taşımacılığı planlaması çalışmaları ile kıyaslandığında çok az sayıdadır ve bu çalışmalar genelde kısmi çözümler aramışlardır. 2002 yılında yapılan bir çalışma, yük taşımacılığı modellemesinde ülkemizde yapılan bir çalışma olmadığını öne sürmektedir. Bu bakımdan söz konusu çalışma, ülkemiz için yapılan ilk yük taşımacılığı modelleme değerlendirmesi olarak kabul edilebilir [68]. 2008 yılında yapılan bir çalışma, müşteri gereksinimlerine dayalı olarak yük taşımacılığında hangi faktörlerin taşımacılık sistemi tercihlerinin kombine taşımacılık yönünde değiştirilmesinde etkili olacağını belirlemeyi amaçlamış, bir kara ulaştırma koridoru için yük taşımacılığı tür seçiminde lojistik maliyet modellemesi yapmış ve çalışma sonunda SPSS yazılımı ile en yüksek tahmin başarımına sahip olan lojit model, lojit tür seçim modeli olarak seçilmiştir. Söz konusu çalışmada Çan'dan Antalya ve çevresine karayolu ve kombine taşımacılıkla gerçekleştirilen seramik taşımacılığı verileri kullanılmış, 14 firma ile yapılan anketlerde taşımacılık maliyeti, taşımacılık süresi ve aktarma gecikmesi etkili faktörler olarak bulunmuş; sonuç olarak özel vagon sahipliğinin teşviki ve esnek fiyat politika uygulamaları önerilmiştir [69]. Aynı tezden üretilen bir başka çalışmada [70], lojistik maliyetlerin hesabında kullanılabilecek pek çok farklı dışsal maliyet etkeni bulunduğundan gelecekteki çalışmaların daha ayrıntılı veriler ile yapılabileceği öngörüsünde bulunulmuş, lojistik dışsal maliyet etkenlerinin ülke koşullarına göre modellenmesi ve parasal karşılıklarının bulunması için kullanılabilecek verilerin temini ile daha kapsamlı bir olasılıksal tür seçim modeli oluşturulabileceği fikri öne sürülmüştür. Kalibrasyonun tek tip yük ve tek bir güzergâh için yapılmış olması çalışmanın zayıf noktası olarak nitelendirilmiş olup, daha sonraki çalışmalarda değişik güzergâh ve değişik yük grupları için çeşitlendirmeler yapılabileceğinden söz edilmiştir. Ayrıca beş farklı senaryo analizi ile olası değişimlerin değerlendirmeleri de yapılmıştır. 2007 yılında yapılan bir çalışmada [71] Türkiye çapında hızlı tüketim ürünlerinin dağıtımı için bir uygulama yapılmış, 4 güzergâh seçeneği belirlenip 0-1 tam sayılı doğrusal programlama kullanılarak türlerarası (intermodal) yük taşımacılığı için optimal noktanın belirlenmesine çalışılmıştır. 2006 yılında yapılan bir başka çalışmada [72] öncelikle hangi illerde konteyner kara terminali kurulması gerektiği sorusuna yanıt aranmış, Türkiye'de demiryolu ağırlıklı kombine yük taşımacılığı olanakları araştırılmıştır. Ağ modelleri kullanılarak, karayolu taşımacılığı için kullanıcı optimumu, demiryolu taşımacılığı içinse sistem optimumu yaklaşımla başlangıç-son (B-S) matrislerinden çıkarımlarda bulunulmuştur. Geleneksel çekim modelini kullanan bir başka çalışmada ise [73] Türkiye için iller arası yük akımını veren ulusal bir başlangıç son matrisi elde edilmiş, bölgelerin ürettikleri yük miktarları çoklu doğrusal regresyon analizleri ile formüle edilmiştir. Delphi uzmanlık uygulamaları ile yürütülen bir çalışmada, çok kriterli ağırlıklandırma

tekniki ile lojistik köylerin yer seçimi için bir model önerilmiş ve uluslararası taşıma ve ticarete lojistik merkezlerin sağladığı rekabet avantajları ortaya konulmaya çalışılmıştır [74]. Bir diğer çalışmada doğrusal yapıda bir model öngörülmüş, yük taşımacılığı için basit bir tür seçimi aracı önerilmiş ve bunun için taşıma uzaklığı, süresi, güvenliği ve türün erişebilirlik değeri değişkenleri kullanılarak tekstil sektörü için en ekonomik olacak bir taşıma türü seçimi yapılmıştır [75]. 2021 yılında yapılan bir çalışmada, elektrikli taşıtların kent içi yük taşımacılığında kullanım potansiyelini tahmin etmek amaçlanmış, bu amaç doğrultusunda elektrikli araçların kullanımıyla ilgili seçimler ve seçimlerle ilgili faktörlerin bir analizi yapılmıştır. Sonuç olarak İstanbul kent içi yük taşımacılığında faaliyet gösteren firmalar ve seçilen firmanın kent içi yük taşımacılığı faaliyetlerinde kullandığı taşıt filosuna, elektrikli taşıtların eklenmesi için bir karar modeli önerilmiştir [76]. Bunlar dışında, doğrudan modelleme içermeyebilen ancak yük taşımacılığı alanında yapılmış olan bazı tez çalışmaları Tablo 2.8 'de listelenmiştir.

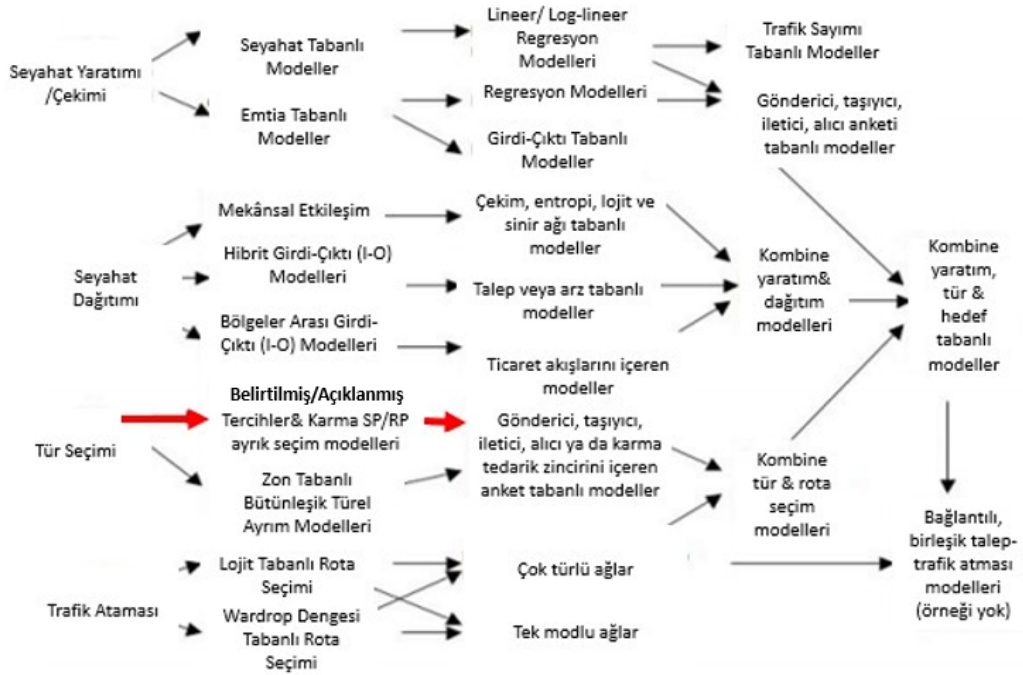
Tablo 2.8 Ülkemizde yük taşımacılığı alanında yapılmış bazı doktora tezleri

Tez İsmi	İçerik Bilgisi	Elde Edilenler
Denizyolu yük taşımacılığında maliyetler ve bir uygulama [77]	Denizyolu yük taşımacılığı faaliyeti yapan bir işletmenin uluslararası hizmet veren bir kuru dökme yük gemisinin doğrudan olmayan maliyetlerini hesaplamıştır.	Ekonometrik bağlamda denizyolu özelinde yeni doğrudan olmayan maliyet kalemleri gündeme getirilmiştir.
Denizyolu yük taşımacılığında rotalama ve çizelgeleme [78]	Filodaki tüm gemiler için maliyetler toplamını enküçüklemeyi amaçlayan bir karma tam sayılı doğrusal programlama modeli önerilmiştir.	Sonuçta çok büyük boyutlu bir problem olduğundan sezgisel yöntemlerden genetik algoritma ile çözülmüştür.
Türkiye’de karayolu yük ulaşımı emisyonlarının tahmini [79]	COPERT 4 isimli programla salım tahmini yapan bir ortalama hız modeli önerilmiş ve üç farklı senaryo için değerlendirmeler yapılmıştır.	Kirlilik azaltma stratejileri olarak taşıt, sürücü, güzergâh ve lojistik verimliliklerine dair önerilerde bulunulmuştur.
Lastik endüstrisi için kümelenme modeli geliştirme ve modelin tedarik zinciri ve lojistik köy yaklaşımları yoluyla, yerel bir bölgeye uygulanması [80]	Kocaeli bölgesi için yoğun bir kümeleme karakteristik incelemesi yapılmış ve kümelenme modeli geliştirilmeye çalışılmıştır.	Elde edilen yığılmsal sonuçlara göre bölgede küme yapısının olduğu ve rekabet açısından bu durumun faydalı olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmanın anket, regresyon analizi ve faktör analizi yöntemleriyle lastik sektörü için yapılan ilk çalışma olması çalışmayı özel kılmaktadır.
Kentsel alanlarda yük aracı seyahati üretimi [81]	Kocaeli bölgesi için yük aracı yolculuk üretimlerini kovaryans analizleri ve regresyon modelleri ile sınımlanmıştır.	Sonuçta elde edilen ‘koşul modeli’ne göre lojistik odak türlerini benzer yük aracı yolculuk üretimi değerlerine göre gruplandırmanın mümkün olduğu bulunmuştur.
Küresel tedarik zinciri risk yönetimi için acil sevkiyatları dikkate alan bir karar destek sistemi [82]	Malzeme veya ürün seviyesinde kritik alt ağlara ayrıştırılan bir sistemde acil sevkiyatları dikkate alan bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.	TOPSIS metodunu da kullanarak optimizasyon aşaması için ayrıştırma temelli çok amaçlı bir evrim algoritması geliştirilmiştir.
Yeşil lojistik yönetiminde ulusal karayolu yük taşımacılığı araç rotalama optimizasyonu [83]	Genetik algoritmalarla yasaklı arama yaklaşımı kullanılarak ulusal karayolu yük taşımacılığı incelenmiştir.	Yeşil kısıtlı araç güzergâh belirleme türü olarak yeni bir güzergâh belirleme yaklaşımı getirilmiştir.

Ülkemizde çeşitli modeller içerden ana planlar da yapılmıştır. 1983-1993 yılı Ulaşım Ana Planı, büyütme faktörü uygulamasına benzer bir yaklaşımı kullanan bir çalışma olup ülkemizdeki ilk öncüllerden sayılabilir [84]. 2005 yılında hazırlanan Ulaştırma Ana Planı Stratejisi Raporu, stratejik anlamda yol gösterici bir üst ölçek çalışma olması bakımından büyük önem arz eder [85]. Ülkemizdeki ana plan

çalışmalarının il ölçeğinde ilk olanlarından biri Kocaeli Lojistik Ana Planı'dır (KOLMAP). Pek çok özelleştirilmiş anket verisinin toplanmasıyla kurgulanan Kocaeli Lojistik Ana Planında, yük araçlarını kamyon birimine çevirirken bir tır ve kamyonetin karayoluna etkisinin eşit olmadığından yola çıkılarak kamyon, kamyonet ve tırın ortak bir birimde değerlendirilmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu sebeple Kocaeli ağır vasıta ulaşım modeli geliştirilirken uygulanan her bir adımda ağır vasıta türleri belirlenen katsayılarla kamyon birimine dönüştürülmüş ve çalışmada bu şekilde yer almıştır. Model yapısı yük aracı yolculuk, dağılım ve atama modeli olarak üç ayrı aşamada kurgulanmıştır [86]. Yine il ölçeğindeki en önemli ana plan çalışmalarından biri olan İstanbul Lojistik Ana Planı'nda (İSTLAP), yük ulaşımı talep tahmin modelini belirlemek amacıyla kentte birçok alanda faaliyet gösteren firmalarla anketler, yük taşıyan şoförlerle anketler ve sayımlar (lojistik odak noktalarında) ve kentin ana yollarında da yük taşıtı sayımı yapılmıştır. 573 trafik analiz bölgesine (TAB) ayrılan şehirde 10 yük türü için model girdisi oluşturulmuş ve yük talep tahmini modelinin türel ayırım aşaması hariç tüm aşamaları modellenmiştir. İSTLAP kapsamında oluşturulan model şehir içinde kısa mesafede karayolu ile taşınan yükleri temsil etmektedir. Bu tip yükler için türel ayırım modeli oluşturulmadan üretim/çekim aşamasında yükler ton cinsinden değil karayolu taşıtı tipi biriminde tahmin edilmiştir. Üretim çekim değerleri regresyon modelleri ile elde edilmiş; dağıtım modeli, türel ayırma esas yükler için, yüklerin ulusal ağ için ya hep ya hiç yöntemi kullanılarak ulaşım ağına atanmış hali ile elde edilmiş olan yolculuk sürelerini içinde bulunduran genelleştirilmiş maliyet fonksiyonundan elde edilen direnç değerlerine göre kalibre edilmiştir. Dağıtımda çekim, atamada ise kullanıcı optimumu yaklaşımıyla bütünleşik bir yöntem izlenmiştir [17]. Türkiye Lojistik Ana Planı'nda ise, üretim çekim değerleri regresyon modelleri ile hesaplanmış; yük dağıtım modeli içerisinde yurtiçi trafik analiz bölgelerinde çekim, yurtdışı trafik analiz bölgeleri arası dağılımlarda ise Fratar Yöntemi kullanılmıştır. Türel ayırım modelinde yük grupları çok değişkenli lojit model ile ayrı ayrı formüle edilmiş, dış kordonlar içinse mevcut dağılımlar kabul edilip Büyütme Faktörü (Growth Factor) uygulaması yapılmıştır. Sonuçta atamalar yapılmış ve yük akış haritaları ortaya konmuştur [87].

Tez çalışması kapsamında taşıyıcılar için tür seçimi bağlamında bir karar destek modeli ortaya konmuştur. Klasik dört aşamalı modelin yalnızca bir parçası olarak kurgulanan modelin literatürdeki yerinin anlaşılması için dört aşamalı modelin aşamaları ile bağlantılı olarak yük modellerinin tipolojisi Şekil 2.4'te verilmiştir [16].



Şekil 2.4 Dört aşamalı modelin aşamalarıyla bağlantılı 'yük modeli' kategorilerinin bir tipolojisi [16]

Bu tipolojiye göre kurgulanan model, belirtilmiş ve açıklanmış tercihlere dayanan bir ayırık tür seçim modeli olmaktadır ve sonraki bölümün kurgusu tür seçimi modelleri üzerinedir.

3

YÜK TAŞIMACILIĞINDA TÜR SEÇİMİ MODELLERİ

3.1 Tür Seçimi Modelleri

Yük taşımacılığında tür seçimi ya da türel ayırım modelleri; ilgili alanda ulaşılabilir olan ulaşım türlerine bağlıdır. Türün ne olacağı mekana göre değişmektedir. Yük ulaştırmasında türel ayırım modellerinin çoğu, bölgeler arası veya kentler arası ölçekte geliştirilmiştir. Avrupa’da yaygın olarak ulusal veya uluslararası modeller varken Amerika için eyalet modelleri vardır. Bu mekansal bağlamda bir bireyin seçeceği ulaştırma türü, genellikle karayolu ve demiryolunu içerir. Çalışma alanının coğrafyasına bağlı olarak; iç su yolu ulaştırması ve kısa deniz yolu ulaştırması da bazı başlangıç-son (B-S) çiftleri için geçerli olabilir. Türel ayırım modellerinin iyi uygulamaları için uygun olmayan alternatifler (örneğin bir ada ile anakara arasındaki karayolu seçeneği ya da iç limanlardan uzak bölgelerde iç su yolu seçeneği) erişilebilir alternatiflerden hariç tutulmalıdır [88]. Kentsel bağlamda erişilebilir ulaştırma türü genellikle karayoludur. Burada bazen karayolu taşımacılığında kullanılan çeşitli taşıtları sınıflara ayırmak söz konusu olur ki, bu durumda da seçim ‘tür seçimi’ yerine ‘taşıt seçimi’ olarak adlandırılmaktadır. Kentlerarası modellerde de her tür için farklı araçlara ayrılmaktan söz edilebilir; ancak kentsel ulaşım da yükün büyük ve küçük karayolu taşıtlarına ayrılması, bazı alanlarda kamyon girişinin yasak olması vb. nedenlerle de kentin yaşanabilirliği üzerinde büyük etkileri olduğu için daha fazla önem arz etmektedir [88].

3.1.1 Türel Dağılımın İlişkileri

Türel dağılımın modellenmesi klasik dört aşamalı modelin çok önemli bir parçasıdır ve genellikle ulaşım ağının bağlantıları üzerindeki tür seçimleri modellenmeden, taşıt akımlarının anlaşılması çok zordur. Çoğu yük modelinde tür seçimi, zaman ve maliyet gibi taşımacılık kararları üzerinde etkili olan unsurlardaki değişimlere yolculuk oluşumu/yaratımı ve dağıtım aşamalarından daha hassas

tepki verir; yani talebin belki de en duyarlı bileşenidir. Ancak taşımacılık kararları üzerinde etkili olan unsurlardan etkilenen yalnızca tür seçimi değildir. Gönderi boyutu, taşıtların doluluk/kapasite oranları gibi özellikler de zaman ve maliyet unsurlarından etkilenir. Bu nedenle, tür seçimi aslında modellerde yer alabilecek tüm seçimlerle yakın bir ilişki içerisinde [88].

3.1.2 Bağımlı ve Bağımsız Değişkenler

Tür seçiminde bağımlı değişken, analiz göndericinin tekil gönderisi seviyesinde gerçekleştiğinde bir ayrık seçimdir. Analiz bütünleşik bir seviyede sınırları belli bir coğrafik alanda özel bir başlangıç-son akışı için gerçekleştirildiğinde ise türel ayrım bir kesirdir (yüzdedir). Tür seçimi için bağımsız (açıklayıcı) değişkenler; erişilebilir türler için ulaştırma maliyetleri (yükleme boşaltma maliyetlerini içerir), taşıma süresi (bazen genelleştirilmiş ulaştırma maliyeti olarak ele alınır), aktarmaların sayısı, güvenilirlik (yani zamanında teslim), esneklik (kısa vadeli talepleri karşılama yeteneği), taşıma sürecinde hasar görme olasılığı, kargo izleme ve takibi, salımlar ve sunulan ulaştırma hizmeti sıklığıdır (frekans). Türel ayrımın, türlerin bu özelliklerine duyarlılığı; örneğin farklı yük türleri arasında (dökme yük ya da kargo gibi), gönderi boyutları arasında, sektörlerde, firma boyutları arasında, kullanılan ekipmanlarda (konteynerli/konteynerli olmayan) ya da coğrafik mesafeler arasında değişim gösterebilir [88].

3.1.3 Ayrık ve Bütünleşik Tür Seçim Modelleri

Ulaşım ile ilişkili davranışın modellenmesinde genel olarak iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşım, tercihte bulunacak grubun seçeneklerinin ve firmalara özgü özelliklerinin (firma sosyodemografisi) bir fonksiyonu olarak, her bir seçeneği tercih eden karar vericilerin hepsinin veya bir kısmının toplam payını doğrudan modeller. Bu yaklaşım genel olarak bütünleşik (agrega) yaklaşım olarak adlandırılır. İkinci yaklaşım, toplam davranışın çok sayıda tekil kararın sonucu olduğunu tanımlamak ve firmaların tekil tercihlerini, mevcut seçeneklerin özelliklerinin ve her firmanın kendine özgü özelliklerinin bir fonksiyonu olarak modellemektir. Bu ikinci yaklaşım, ayrık (ayrıştırılmış ya da disagrega) yaklaşım olarak adlandırılır [89]. Yük taşımacılığında tür seçimi modelleri için anahtar ayrım bütünleşik ve ayrık model konusundadır. Bütünleşik modelleme bağlamında yapılan seçim; ‘türel ayrım’, ayrık modellemede ise ‘tür seçimi’ olarak adlandırılır. Ayrık modellerde gözlemin birimi yolcu taşımacılığı için yolcular; yük taşımacılığı içinse firmalardır. Bütünleşik modellerde ise gözlemin birimi karar vericilerin toplamıdır (çoğunlukla coğrafi bölgeler)[88]. Yük taşımacılığı

için ayrıık modeller, yolcu taşımacılığına kıyasla daha az kullanılır. Bunun temel nedeni, gereken verilerin doğasının ticari olması ve kamuya açık bir yük taşımacılığı verisine erişimin çok güç olmasıdır. Yük taşımacılığı sektörüne dahil olan firmalar genellikle bireysel gönderiler, tür seçimi, ulaştırma maliyeti gibi verileri açıklamakta isteksizdirler. Ayrıık yük modellerinde açıkça modellenen seçim tür seçimidir. Bu tekil ve ayrıık seçimler için kullanılan farklı model türleri çok değişkenli lojit (multinomial logit), probit, yuvalı lojit (hiyerarşik ya da nested logit), sıralı genelleştirilmiş uç değer lojit (ordered generalised extreme value logit), çapraz yuvalanmış lojit (cross nested logit), karma lojit (mixed logit), saklı/gizli sınıf lojit (latent class logit) gibi modellerdir [88]. Ancak bütünleşik tür seçim modelleri (özellikle bütünleşik lojit model) yük taşımacılığında tür seçimini modellemede en çok kullanılan modeldir. Bunu bir fayda yaklaşımı olarak görmek doğru olacaktır. Çünkü bütünleşik veriye dayanan bir modellemenin de veri toplamada daha az çaba gerektirmesi ile birlikte değişikliklere vereceği tepkilerin ölçülmesi konusunda ve tahmin gücünde tatmin edici sonuçlar verdiği de olmuştur [88].

3.2 Yakından İlişkili Seçimler

Tür seçimi genellikle tek başına incelenir. Ayrıca çoğu bölgesel, ulusal veya uluslararası yük taşımacılığı tahmin sisteminde; türel ayırım ticaret hacimlerinden bağımsız olarak belirlenir ve ağlardan gelen hizmet düzeyi (Level of Service/LoS), tür seçimi içerisinde bir veya birden fazla dış (eksojen) değişken olarak hareket eder. Bununla birlikte, tür seçimi ve diğer seçimler üzerinde eş anlı (simultane) olarak seçim yapılmasına izin veren çoklu bağımlı değişkenlere sahip yük modeli sistemleri de mevcuttur. Yük taşımacılığındaki diğer bazı seçimler, tür seçimiyle yakından ilişkilidir ve bazen eş anlı olarak modellenir. Bu eş anlı ve çok sayıda seçim içeren modellerin literatürdeki genel adı bileşik (joint) modellemedir. Genel hatlarıyla dört farklı bileşik modelleme yapısından söz edilebilir [88]:

3.2.1 Bir Taşıma Zinciri Seçim Modeli Biçiminde Bir Dizi Tür Seçeneği

Tür seçimi, seçim alternatiflerinin basit (yalnızca tek tür) ve seçim kümesinin sınırlı olması (örneğin iç su yolu, demiryolu vb. türlerin seçim kümesine dahil olmadığı durumlar) avantajına sahip olan bir B-S akışı için incelenebilir. Bununla birlikte pratikte genellikle, belirli bir türün kullanımı, bir taşıma zincirindeki diğer türlerin birleştirilerek kullanılmasıyla olur. Bu zincir, gönderileri göndericilerden alıcıya taşımak için kullanılan bir dizi tür ve aktarmadan oluşur (Karayolu (KY)-Demiryolu (DY)-Karayolu (KY) gibi). Dolayısıyla taşıma zincirleri, B-S

düzeyine değil üretim-tüketim (Ü-T) düzeyine atıfta bulunur. KY-DY-KY taşıma zincirine bir örnek, iki KY ve bir DY B-S akışına ayrışan bir durum olabilir. Taşıma zinciri seçimini Ü-T akışları düzeyinde modellemenin özellikle B-S düzeyinde tür seçimine göre niteliksel olarak daha üstün bir strateji olduğu düşünülür. Çünkü B-S düzeyinde modelleme zaman zaman yetersiz çözümlere yol açabilmektedir. Bununla birlikte uygulamada, taşıma verileri genellikle B-S düzeyinde toplandığından bir taşıma zinciri seçimi modeli için veriler mevcut olmayabilir. Bir taşıma zinciri seçim modelinde, seçim alternatifleri türler yerine dizilerdir (tek bir türün kullanıldığı doğrudan taşımalar da elbette buna dahildir). Taşıma zinciri seçimini modellemenin daha basitleştirilmiş bir yolu, Ü-T düzeyinde bir ana tür tanımlamak ve mevcut ana türler arasındaki seçimi modellemektir. Bu ana tür tanımı en uzun mesafeye ve ana türler arasındaki hiyerarşiye duyarlı olabilir. Örneğin; iç su yolu zincirin herhangi bir yerinde kullanılıyorsa, iç su yolu ana türdür, bu yoksa ve demiryolu zincirin herhangi bir yerinde kullanılıyorsa demiryolu ana türdür ve bu da yoksa karayolu ana türdür. İç su yolları ve demiryolları için bağımsız (açıklayıcı) değişkenler daha sonra iç limana ve demiryolu terminaline gidip gelmenin karayolu taşıma maliyetlerini ve ilgili aktarma maliyetlerini içerebilir [88].

3.2.2 Tür Seçimi ve Gönderi Boyutu Seçim Modeli

Küçük boyutlu gönderiler neredeyse her zaman karayolu ile taşınır ve daha büyük gönderilerin karayolu dışı bir yöntemle taşınma olasılığı (demiryolu, iç su yolu) daha büyüktür. Bu durum tek başına gönderi boyutunu, tür seçimine dışarıdan bir değişken olarak dahil etmek için yeterli bir neden olabilir. Ancak bir adım daha ileri gidilebilir ve tür seçiminin gönderi boyutu seçimini de etkilediği iki yönlü etkileşimler de modellenebilir. 2011 yılında yapılan bir çalışmada [90] göndericileri ve taşıyıcıları temsil eden öğrenci grupları ile, göndericilerin envanter maliyeti fonksiyonlarını ve taşıyıcıların taşıma maliyeti fonksiyonlarını türe göre bildiği oyun teorisine dayalı ekonomik deneyler gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcıların göndericilere taşıma hizmetleri sağlamak için birbirleriyle rekabet etmesi gerektiğinden; taşıyıcılar bunu göndericiye bir fiyat ve bir tür içeren kapalı bir teklif sunarak yapmışlardır. Bu durum birkaç kez tekrarlanmış ve oyun teorisinin öngördüğü gibi bu değerler çok geçmeden tür ve gönderi boyutu açısından ortak optimuma yaklaşmıştır. Taşıma türü seçiminin bağımsız bir karar olduğu desteklenmemiş ve bir ortak tür-gönderi boyutu seçim modeli tercih edilmiştir. Bu durum, tür seçim kararının daha büyük bir envanter teorik ve lojistik çerçevesine yerleştirildiği, böylece gönderi boyutu optimizasyonunun da kapsanabileceği ayrık modellere kapı aralamıştır [88].

3.2.3 Tür ve Tedarikçi Seçimi İçin Modeller

Yolcu taşımacılığı modellenmesinde bazen, bir yolcunun başlangıç noktasına göre varış bölgesi ve tür kombinasyonları arasında seçim yaptığı ortak tür ve varış noktası seçimi modelleriyle karşılaşılır. Yük taşımacılığı modellenmesinde tür-varış yeri seçimi, tedarikçilerin müşteri seçimi anlamına geleceği için çok mantıklı bir seçenek gibi görülmemektedir. Daha gerçekçi bir seçenek malların alıcısının (gelen malları işleyen bir firma, toptancı veya perakendecinin) bakış açısını almak ve tedarikçi seçimini o tedarikçiden (gönderen) verilen alıcı konumuna göre tür ile birlikte modellemek olacaktır [88].

3.2.4 Tür ve Güzergâh Seçimi Modelleri

Tür ve güzergâh seçimi modelleri, tür ve güzergâh seçimini eş zamanlı bir karar verme çerçevesinde birleştiren ayrık modelleri ve bütünleşik çok türlü ağ modellerini içerir. Çok türlü ağ modellenmesi, taşıma zincirlerini incelemek için başka bir yol sağlar. Bir taşıma zincirinde kapıdan kapıya sevkiyat için arka arkaya birkaç tür kullanılır. Bir örnek verilecek olursa, önce göndericinin bölgesinden limana bir kamyon kullanmak, ardından kısa deniz taşımacılığı, ardından demiryolu taşımacılığı ve son olarak alıcının bölgesine kamyon ile teslim, bir taşıma zincirini temsil eder. Bir taşıma zincirindeki bu türden tür kombinasyonlarına atama, ağ her tür için bağlantı ve düğümler içermesinin yanı sıra bir ağı başka bir ağa bağlayan çok türlü düğümleri de içeriyorsa gerçekleşebilir. Bu tür düğümler, türler arası aktarmalar için limanlar veya demiryolu/iç su yolu terminalleri olabilir. Başka bir deyişle, çok türlü bir ağ oluşturulur ve burada karayolu/demiryolu/iç su yolu ağları gibi türlerarası aktarma düğümleri birbirine bağlanır. Tür ve gönderi boyutu seçimi yalnızca ayrık düzeyde modellenirken diğer üç seçenek olan taşıma zinciri içindeki bir dizi türün seçimi, tür ve tedarikçi seçimi, tür ve güzergâh seçimi hem bütünleşik hem de ayrık düzeyde modellenebilir. Özellikle tür ve güzergâh seçimi modelleri çoğunlukla bütünleşik düzeyde yapılır. Bölgesel ve ulusal yönetimler/kuruluşlar için ulaşım modelleri genellikle çok sayıda tür ve güzergâh seçim alternatifini içeren (zor korelasyon yapılarıyla, örneğin güzergâhların kısmen örtüştüğü) büyük ağlara sahiptir. Bu nedenle ayrık bir tür ve güzergâh seçimi uygulanabilir bir seçenek değildir. Bununla birlikte belirli bir koridor içinde ve özellikle belirli bir perde hattını (bir boğazı veya dağ silsilesini) geçmek için yalnızca çok sınırlı sayıda güzergâh seçeneği olabilir ve tür ile güzergâh seçimini modellemek (her ikisini de ayrı değişkenler olarak) hiç de zor değildir [88].

3.3 Ayrık Tür Seçimi Teorisi

Çoğu ayrık tür seçim modelinde olduğu gibi karar vericinin, malları alıcı firmaya göndermesi gereken firma olduğu kabulü ile başlayalım. Bu nedenle, ulaştırma hizmetleri için bir talebin olduğu kesindir. Göndericiler daha sonra şunları yapma seçeneğine sahiptir: Taşımayı kendileri yapmak ya da daha genel olarak lojistik hizmet sağlayıcılarına (farklı müşteriler için farklı firmaları bütünleştiren) taşımak. Uygulamada bu firmalar sırayla tür seçiminde de söz sahibi olabilirler. Bu nedenle genellikle yük taşımacılığında birkaç firma (gönderici, alıcı, taşıyıcılar ve aracılar) aynı gönderi üzerinde karar verme sürecinde yer alırlar. Bu firmalardan birinin tür seçim kararlarını aldığı varsaymak yerine bileşik karar verme sürecine dahil olan farklı taraflar arasındaki etkileşim de modellenmeye çalışılabilir. Bu, yük taşımacılığı modellemesinde nispeten yeni bir alandır. Karar verdiğini varsaydığımız gönderici, gönderiler için tür seçimi kararlarını verir. Bir gönderi, aynı zamanda sipariş edilen, taşınan ve teslim edilen bir ürün birim sayısı olarak tanımlanır. Aynı araçta birden fazla (küçük) gönderi olabileceğinden (gönderilerin konsolidasyonu/birleştirilmesi) ya da büyük bir gönderi için birkaç taşıt gerekeceğinden ürün birim sayısı mutlaka bir taşıt yüküne karşılık gelmeyebilir. Tür seçimindeki seçenekler, karayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, iç su yolu, deniz yolu, havayolu ve boru hattı taşımacılığı olabilir. Ayrıca, bu türler içinde (taşıt tipi seçimi) birkaç taşıt veya gemi tipi de bulunabilir. Tüm bu seçeneklerin temel özelliği, bunların ayrı seçenekler olmasıdır. Bunun modelleri, ayrık seçim modelleridir [88]. Ayrık modellerden olan seçim (tercih) modelleri, fayda teorisini esas almaktadırlar.

3.4 Fayda Teorisinin Tarihçesi ve Anlamı

1960'lardan önce, ekonomistler tüketici teorisini çoğunlukla alternatif piyasa organizasyonlarının ve ekonomik politikaların özelliklerini kavramsal olarak keşfetmek için mantıksal bir araç olarak kullanmışlardır. Buna göre geleneksel tüketici teorisi, istatistiksel bir dille, ortalama davranışa tam rasyonellik¹ gibi yapısal kısıtlamalar getirmektedir ancak davranışların ortalamaya göre dağılımı teoriye bağlı değildir [91].

1960'larda, bireysel davranışlara ilişkin anket verilerinin hızla artması ve bu verileri analiz edebilen dijital bilgisayarların ortaya çıkması, dikkatleri bireyler arasındaki talep farklılıklarına yöneltmiştir. Bu farklılıkları geçici problemler olarak değil, tüketici teorisinin bir parçası olarak açıklamak ve modellemek önemli hale

¹Geleneksel iktisatta, bireylerin karar alma mekanizmalarının temeli tam rasyonelliğe dayandırılır, yani tümüyle mantıklı kararlar verdikleri kabul edilir.

gelmiş, bu durumun özellikle ulaşım türleri için oldukça elverişli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu anlayış, bugün seçim davranışının mikroekonometrik analizi için sahip olduğumuz araçların geliştirilmesine yol açmıştır [92].

Klasik ekonomi teorisi, tüketicilerin kendi çıkarlarını en büyükmeye çalıştıklarını ve kendi çıkarlarının farklı kararlar arasında genel olarak tutarlılık özelliklerine sahip olduğunu varsayar. Frank Taussig'e göre, bir nesnenin faydası yoksa, değeri de yoktur. Bir kimse ancak sağladığı bir tatmin karşılığında bir eşya için bir şey öder. Bazen insanlar sadece hevesleri için bir şeyler satın alırlar, ancak burada da tatmin edilecek bir istek karşılığında ödenen bir bedel vardır[92, 93]. Rasyonel seçim davranışı ise, John Hicks, Paul Samuelson ve daha sonraları 'davranışçılık' olarak adlandırılan karar verme kuramı ile tanınan Herb Simon tarafından şekillendirilir [92].

Faydacılığın kurucusu ise Bentham'dır. Fayda ile kastedilen, herhangi bir nesnenin fayda, avantaj, zevk, iyilik ya da mutluluk üretme (mevcut durumda tüm bunlar aynı şeye gelir) ya da (yine aynı şeye gelir) çıkarı düşünülen tarafa zarar, acı, kötülük ya da mutsuzluk gelmesini önleme eğiliminde olduğu özelliktir [94].

Karar vericiler, karar verirken baskınlık, memnuniyet, sözlükbilimsel² kurallar ya da bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu gibi farklı karar kurallarını dikkate alırlar. Ekonomistlere göre, bir nesnenin değerinin olabilmesi için o nesnenin genelgeçer bir kural olarak 'faydalı' olması gerekir [93]. Bu nedenle kişilerin/firmaların seçim davranışlarını fayda en büyükleme temeline ele almak yaygındır. Sonlu sayıda ayrık nitelik demetlerinden birinin seçimi sözkonusu olduğunda neoklasik tüketici teorisi³ yerine ayrık seçim teorisi daha uygun bir temel olmaktadır. Özellikle bir bireyin/firmanın herhangi bir uygulanabilir alternatifi seçme olasılığını belirleyen olasılıksal seçim teorisi ayrık seçim durumlarını analiz etmek için tercih edilir. Olasılıksal seçim teorisinin matematiksel psikolojiye dayanan sabit fayda yaklaşımındansa, tüketici teorisi ile daha tutarlı olan [96] rastgele fayda yaklaşımı ayrık seçim gerektiren karar verme süreçlerinde sıklıkla kullanılır.

Fayda kavramı, bir tercih kümesinde yer alan seçeneklere ait özelliklerin seçim üzerindeki etkisini göstermektedir. Fayda fonksiyonları toplam şeklinde, doğrusal

²Sözlükbilimsel bir tür tercihte, kullanıcı önce hangi değişkenlerin kendisi için önemli olduğunu sıralar. Örneğin; maliyet, süre ve konfor. Ardından türlerin yalnızca maliyetine bakar, maliyetler aynıysa sürele bakar, süreler de aynıysa konfora bakar. Seçim yapıldıkça bu özellikler eklenmeye ve aranmaya devam eder

³Klasik iktisadın emek-değer teorisi bir malın değerini, o malın üretim sürecinde harcanan emek üzerinden biçerken, daha sonra ortaya çıkan neoklasik iktisat fayda-değer teorisi üzerinden bir değerlendirme yapar ve buna göre o malın değeri, faydası üzerinden şekil alır [95].

ya da üstel biçimde olabilmektedir. Fayda teorisine göre, bireyler seçimlerini faydalarını en büyüleyecek şekilde yaparlar. Karar vericilerin her zaman seçeneklerin tüm özelliklerine hakim olamayabileceği ya da yalnızca mantıklı tercihler yapmadıkları düşünüldüğünde, seçimlerin gerçek hayatla örtüşebilmesi için tercihin olasılıksal yaklaşıma göre yapıldığını kabul eden Rastgele Fayda Teorisi ön plana çıkmaktadır [97–100].

Ulaştırma özelinde fayda teorisinden bahsedildiğinde, bilinmeyenleri ölçemediğini ya da seçimle ilgili bilinmeyen olmadığını varsayan deterministik fayda teorisi ile, olasılıksal seçimler üzerinden hareket eden ve bilinmeyen dağılımlarına göre varsayımlarda bulunan rastgele fayda teorisine değinmek gerekir. İki yaklaşım arasındaki temel fark; deterministik yaklaşıma göre faydası büyük olanın ‘kesin’ olarak tercih edildiği kabul edilirken, olasılıksal yaklaşıma göre ise ‘faydası büyük olanın tercih edilme olasılığının daha yüksek olduğunun’ kabul edilmesidir [89, 101]. Kesikli tercih modellerinin kökenine bakıldığında iki esas teoriden türedikleri görülür. Bunlardan biri Luce’nin katı fayda teorisi olup diğeri Thurstone’un rastgele fayda teorisidir [102–104]. Luce, iki önermesinden birinde bir seçim alternatifinin seçilme olasılığının o alternatifle ilişkili faydanın seçim kümesindeki tüm alternatiflerin faydalarının toplamına oranına eşit olduğunu varsaymıştır. Böylece, deterministik tercih yapıları varsaymış ve sabit oran⁴ varsayımını bir karar kuralı öne sürmüştür. Bu katı fayda yaklaşımını Tversky’nin [105] unsurlara göre eleme teorisi de devam ettirir. Luce’nin iki önermesinden diğeri bağımsızlık önermesi olarak bilinir ve buna göre iki seçenek arasından birisi her zaman daha üstünse, hiçbir zaman seçilmeyen seçeneğin seçim kümesinden çıkarılması diğer seçeneğin seçilme olasılığını değiştirmez. Buna IIA (Independence of Irrelevant Alternatives)⁵ özelliği denir ve bu önerme gelecekteki bütün rastgele fayda modellerinin de temelini atmıştır. Buna karşılık, Thurstone tarafından öne sürülen rastgele fayda teorisi, Marschak [106] tarafından ekonomi bilimine kazandırılarak bir rastgele fayda ayıracı (indikatörü) ile açıklanır ve seçenekler farklı ise faydaların da aynı olamayacağı esasına dayanır. Marschak’a göre x ve y isimli iki alternatiften, y yerine x ’in seçilmesi olasılığı x ’in rastgele faydasının y ’nin rastgele faydasından büyük olma olasılığına eşittir (Denklem 3.1) [65].

$$\begin{aligned} \Pr(U_x \geq U_y) &= P_{xy} \\ \Pr(U_x = U_y) &= 0 \rightarrow \forall_x \neq y \end{aligned} \quad (3.1)$$

⁴Sabit Fayda Teorisi ismiyle anılan bu teoride, ‘sabit’ kelimesiyle kastedilen, faydanın içerisinde belirsiz terim olmaması ya da hiç ölçemediğimiz şeylerin olmasıdır.

⁵Seçeneklerin seçim olasılıkları birbirinden bağımsızdır.

Becker ve DeGroot, seçim yapma sürecine belirlenemeyen şeylerin de etki ettiğini öne sürer ve faydaların hesabına kümülatif bir eklenik dağılım fonksiyonunu dahil eder. Bu durum, faydanın belirlenemeyen olasılıksal kısmı için bir dağılım fonksiyonu kabulü yapıldığında, bu dağılımın istatistiksel özelliklerinin de hesaplamalara dahil edilebilmesini mümkün kılar. Bu kabul de IID (Independent and Identically Distribution)⁶ özelliği olarak açıklanır ve lojit modellerin ikinci kuralını oluşturur [107, 108]

Rastgele fayda yaklaşımı, gözlemlenemeyen nitelikleri, farklılıkları, ölçüm hatalarını ve araçsal değişkenlerin kullanımından kaynaklanan gözlem eksikliklerini rastgele biçimde ele alır ve karar vericilerin her zaman fayda en büyükleyen alternatifleri seçtiği varsayılır [97–100]. Ancak, faydalar analizi yapan kişi tarafından kesin olarak bilinmemektedir ve bu nedenle analizi yapan kişi tarafından rastgele değişkenler olarak ele alınmaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, i alternatifinin seçim olasılığı, i alternatifinin faydasının U_{in} , seçim kümesindeki diğer tüm alternatiflerin faydalarından büyük veya eşit olma olasılığına eşittir. Bu, Denklem 3.2, Denklem 3.3 ve Denklem 3.4'teki gibi yazılabilir:

$$P(i|C_n) = Pr[U_{in} \geq U_{jn}, \forall j \in C_n] \quad (3.2)$$

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (3.3)$$

$$U_{jn} = V_{jn} + \varepsilon_{jn} \quad (3.4)$$

U_{in} ve U_{jn} rastgele değişkenler, V_{in} ve V_{jn} , i ve j 'nin faydasının deterministik (veya temsili) bileşenleri, ε_{in} ve ε_{jn} olasılıksal (stokastik) bileşenlerdir ve hata terimi olarak da adlandırılır [89, 101].

Fayda maksimizasyonu, tüketici davranışı teorisine aittir ve ilk bakışta firmanın davranışını açıklamak için uygunsuz görünür, burada standart yaklaşım kâr en büyükleme veya maliyetlerin en küçüklenmesidir. Bununla birlikte rastgele fayda yaklaşımını, basitçe toplam genelleştirilmiş taşıma maliyetlerinin gözlenen bileşenini (-) ile yazarak ve fonksiyona bir ya da daha fazla rastgele maliyet bileşeni dahil ederek yük ulaştırması seçimlerine de uygulayabiliriz. Karar alıcı k tarafından üç alternatif arasında (karayolu (KY), demiryolu (DY) ve iç su yolu (ISY)) belirli bir sevkiyat için tür seçiminde aşağıdaki doğrusal fayda fonksiyonları belirtilebilir:

⁶Her seçenek için ölçülemeyen faktörler bağımsız ve eş dağılır.

(Denklem 3.5, Denklem 3.6, Denklem 3.7)

$$U_{KY} = \beta_0 + \beta_1 * MAL_{KY} + \beta_2 * SURE_{KY} + \beta_3 * GUV_{KY} + \varepsilon_{KY} \quad (3.5)$$

$$U_{DY} = \beta_4 + \beta_1 * MAL_{DY} + \beta_5 * SURE_{DY} + \beta_6 * GUV_{DY} + \varepsilon_{DY} \quad (3.6)$$

$$U_{ISY} = \beta_1 * MAL_{ISY} + \beta_7 * SURE_{ISY} + \beta_8 * GUV_{ISY} + \varepsilon_{ISY} \quad (3.7)$$

MAL_i , i türünün ulaştırma (taşıma) maliyeti, hem mesafeye bağlı maliyetleri hem de zamana bağlı maliyetleri içerir (Yakıt maliyetleri veya personel/araç maliyeti vb.). $SURE_i$, i taşıma türünün saat cinsinden süresi ve GUV_i , i türünün taşıma süresi güvenilirliği (taşıma süresinin standart sapması ya da zamanında teslim edilen gönderilerin yüzdesi olarak hesaplanabilir) olup, β lar tahmin edilen katsayılardır. $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ için negatif işaret umulurken, β_0 ve β_4 pozitif ya da negatif olabilir. Yazılan bu üç eşitlikte karayolu taşımacılığını seçerken elde edilecek fayda, bu sevkiyatın karayolu taşımacılığı ile taşıma maliyeti, taşınma süresi ve güvenilirliğine bağlıdır. Türe göre maliyet, zaman ve güvenilirlik değerleri bu türler için ağların gözden geçirilmesinden gelebilir ya da karar vericilerin kendileri tarafından sağlanabilir (genellikle bunu tercih edilmeyen tür için zor bulurlar ve algılama hataları da olabilir) veya hazırlanmış bir belirtilmiş tercih (stated preference-SP) anketinde araştırmacı tarafından “eğer” biçiminde varsayılmış da olabilir. β ’lar, çeşitli karar vericiler ve bunlara karşılık gelen bireysel gönderiler için veriler üzerinde model tahmin edilerek belirlenen sayılardır. β_0 ve β_4 türe özgü (alternative specific constants-ASC) sabitlerdir. Bir modelde yalnızca N-1 sayıda türe özgü sabit olabilir, N burada mevcut seçeneklerin yani alternatiflerin sayısıdır. Bir fayda en büyükleme modelinde sadece gözlemlenen fayda konusunda farklılıklar önemlidir. Örneğin önceki örnekte iç suyuolları seçeneği için bir türe özgü sabit yazılmamıştır; bu, bu seçenek için sabitin sıfıra normalleştirildiği anlamına gelir. Aynı sebepten dolayı, bağımsız (açıklayıcı) değişkenler olarak sadece alternatifler arasında farklılık gösteren nitelikler dahil edilebilir. Karar vericiden gelen katkı (örneğin firmanın boyutu) veya sevkiyatın niteliği (konteynerli/konteynersiz) yalnızca bu değişkenlerin türlerin özellikleriyle olan ilişkisine göre dahil edilebilir (örneğin belirli firmaları maliyete daha az duyarlı hale getirerek veya konteyner taşımalarının demiryoluyla taşınmasının daha muhtemel olduğunu ifade edip sadece demiryolu için konteynerli taşıma özelliğini modele dahil ederek). Katsayılar β_1 gibi genel ya da diğerleri gibi türe özgü de olabilir. Hangisinin daha iyi olduğu büyük ölçüde deneysel bir konudur, bu da çeşitli durumların sınanması ve birbiriyle karşılaştırılması anlamına gelir. Karar verici tarafından verilen tür seçimine ilişkin karar; SURE, MAL, GUV dışındaki diğer değişkenlerden etkilenebilir. Örneğin bir türün esnekliği,

hizmet sıklığı ve mallara zarar gelme olasılığı da bir rol oynayabilir. Ancak tür seçim modelini oluşturan araştırmacının bu etkileyen değişkenler hakkında herhangi bir verisi olmayabilir veya sadece bazı hatalarla ölçülen veriler olabilir. Bu durum, fayda fonksiyonunun bilinmeyen kısmı olan ε_{KY} , ε_{DY} ve ε_{ISY} 'yi fayda fonksiyonlarına dahil etmenin temel nedenidir. Bu bilinmeyen bileşenler, karar vericinin faydasını etkileyen değişkenleri temsil ederler ancak araştırmacı tarafından gözlemlenmezler veya yalnızca ölçüm hataları ile gözlemlenirler. Hata bileşenleri olarak da adlandırılan bu bileşenleri ele almak için araştırmacı bunların rastgele değişkenler olduğunu varsayar. Hata bileşenlerinin olasılık dağılımına ilişkin farklı özel varsayımlar yapılarak farklı ayırık seçim modelleri türetilebilir. Bu modeller olasılık modelleridir, çünkü belirli bir seçeneği değil mevcut seçeneklerin her biri için olasılıkları oluştururlar [88].

3.5 Farklı Ayırık Seçim Modellerine Kapı Açan Farklı Dağılım Kabulleri

Ayrık seçim teorisine göre modellemede, kullanılacak modelin tipine hata teriminin dağılımına göre karar verilir. Olasılıksal terimler; iki sabit değer arasında uniform olarak dağılıyorsa model doğrusal olasılık modeli, normal dağılıyorsa model probit, bağımsız uç değer dağılımına göre dağılıyorsa model lojit, Cauchy dağılımına göre dağılıyorsa model Arctan modeli ve genelleştirilmiş uç değer dağılımına göre dağılıyorsa model yuvalı (hiyerarşik) lojit modeldir [99, 101, 109]. Lojit modeller basit matematiksel formu ve tahmin prosedürünün kolaylığı nedeniyle seçim modellemesi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır[89].

Lojit modelin olasılık hesabı şu biçimde ifade edilebilir (Denklem 3.8)[101]:

$$P(i) = \frac{e^{(V_i)}}{\sum_j e^{(V_j)}} \quad (3.8)$$

Lojit analizi, bağlı değişkenin sürekli bir değişken olmayıp 'olabilecek ya da olamayacak bir durum' veya belirli bir sınıflandırma içerisinde bir kategori olması durumunda, doğrusal regresyonun doğal bir tamamlayıcısıdır. Bu tür kesikli değişkenler bir regresyon denkleminin bağımsız değişkenleri arasında meydana geldiğinde, bunlar bir veya birkaç (0, 1) kukla değişken eklenerek çözülebilir; ama bağımlı değişkenler arasında meydana geldiğinde, regresyon modeli çalışmaz. Lojit analizi veya bir diğer ifadeyle lojistik regresyon bu duruma karşı hazır bir seçenektir. İlk bakışta, bilindik doğrusal regresyon modelinden oldukça farklıdır ve karmaşık matematiksel görünümü nedeniyle biraz korkutucudur; ancak iki modelin

ortak noktası çoktur. İlk olarak, her iki model de istatistiksel ilişkilendirmenin aksine nedensel ilişkiler ile ilgilenir ve her iki model de nedenselliğinden şüphe edilmeyen veriler için tasarlanmıştır. Doğrusal regresyondan farklı olarak, lojit modeli, kesikli seçim durumlarında fayda en büyükleme açısından belirli bir ekonomik yoruma izin verir ve bu durum regresyona karşı açık bir üstünlük sağlar (Doğrusal regresyon çıktısı sürekli bir değer ölçeğidir. Lojistik regresyon modeli çıktısı ise sabit bir kategorik olayın meydana gelme olasılığıdır. Bu bakımdan arada bir yorumlama farkı vardır) [110].

3.5.1 Çok Değişkenli Lojit Model

Lojit model denildiğinde genel olarak anlaşılan Çok Değişkenli Lojit Model (Multinomial Logit Model/MNL) olmaktadır. İki seçeğin söz konusu olduğu durumda model, ikili (binary) lojit model olarak adlandırılmaktadır [99, 101].

Lojit modelleri daha iyi anlayabilmek için varyans ve kovaryanstan bahsetmek gerekir. İstatistiksel verilerle çalışırken, bütün bir dağılım fonksiyonunu yorumlamaktansa bazı anahtar verilerle değerlendirme yapmak daha uygun olabilmektedir. Tek değişkenli dağılımlar için bu anahtar veriler beklenen değer ve varyans olurken, çok değişkenli dağılımlar için kovaryans ve korelasyon olur. Bir rastgele değişkenin beklenen değeri (ya da ortalaması) olasılık fonksiyonunun merkezi hakkında bilgi verirken, değişkenin değerlerinin dağılımı, değişimi ya da yayılması hakkındaki bilgiyi ise varyans verir. Örneğin X 'in varyansı, X 'in kendi ortalamasından sapmasının karesinin ortalamasıdır. Kesikli değişkenler için varyans, Denklem 3.9'daki gibi ifade edilebilir.

$$Var(X) = \sigma_X^2 = E(X - \mu_X)^2 \quad (3.9)$$

Denklemden $Var(X)$, X 'in varyansı; σ_X , X 'in standart sapması; μ_X ise X 'in ortalamasıdır.

Kovaryans ise iki rastgele değişkenin birbirleriyle olan ilişkisini temsil eden bir istatistiksel ölçüttür. X ve Y rastgele değişkenlerinin ortalamaları μ_X ve μ_Y olmak üzere kovaryans;

$$Cov(X, Y) = \sigma_{XY} = E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)] \quad (3.10)$$

biçiminde ifade edilir ve X ve Y istatistik olarak birbirinden bağımsız iseler

$Cov(X, Y) = 0$ olur.

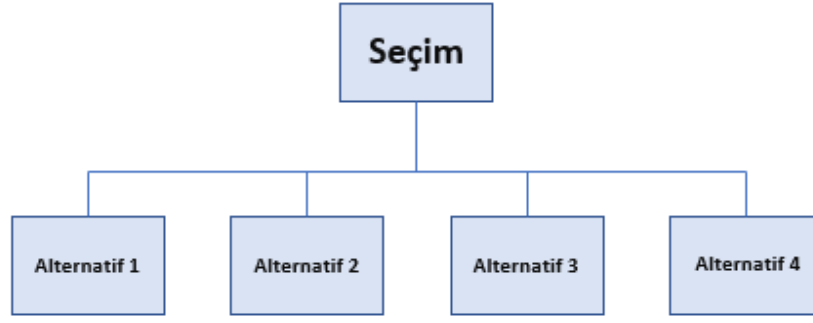
Korelasyon katsayısı ise iki değişken arasındaki ilişkinin yalnızca yönüne değil büyüklüğüne göre bir değerlendirme yapmayı mümkün kılar ve kovaryansın her iki değişkenin standart sapmasına bölünmesi ile elde edilir. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında değişir, -1 veya 1'e eşit olması mükemmel korelasyona, 0 olması ise sıfır korelasyona işaret eder.

Değişkenler arası ilişkinin anlaşılmasında varyans-kovaryans matrisleri sıklıkla kullanılmaktadır. Lojit modeller açıklanırken, varyans-kovaryans matrislerinin kullanım nedenini bilmek de formülasyonun kökenini anlamak bakımından önemlidir [65, 111].

Modellemelerde kullanılan çok değişkenli lojit model formülasyonunun altında yatan üç temel varsayım vardır. İlk varsayım; farklı alternatiflerin faydalarının rastgele bileşenlerinin I tipi aşırı değer (veya Gumbel) dağılımına sahip bağımsız ve özdeş dağılımlı (IID) olduğudur. Bağımsızlık varsayımı, çeşitli alternatiflerin faydalarını etkileyen ortak gözlemlenmemiş faktörler olmadığı anlamına gelir. Bu varsayım, örneğin, bir karar vericinin tüm türlere aynı faydayı ataması durumunda ihlal edilir. Bu gibi durumlarda, altta yatan aynı gözlemlenemeyen faktör (sosyalleşme fırsatı veya mahremiyet eksikliği gibi) tüm taşıma türlerinin faydalarını etkilemektedir.

Çok değişkenli lojit modelin ikinci varsayımı, bireyler arasında alternatiflerin niteliklerine karşı duyarlılığın homojenliğini korumasıdır (yani, yanıt homojenliği varsayımı). Daha özel olarak, çok değişkenli lojit model, gözlemlenemeyen bireysel özellikler nedeniyle bir niteliğe (örneğin, bir tür seçim modelinde seyahat maliyeti veya seyahat süresi) karşı duyarlılık (veya zevk) değişikliklerine izin vermez. Ancak, gözlemlenemeyen bireysel özellikler duyarlılığı etkileyebilir ve genellikle de etkileyecektir. Gözlemlenemeyen bireysel özelliklerin etkisini göz ardı etmek, yanlış ve tutarsız parametre ve seçim olasılığı tahminlerine yol açabilir.

Çok değişkenli lojit modelin üçüncü varsayımı, alternatiflerin hata varyans-kovaryans yapısının bireyler arasında aynı olduğudur (yani, hata varyans-kovaryans homojenliği varsayımı). Bu duruma göre, 4 seçeneğin olduğu bir örneği ele alırsak [65] Şekil 3.1'deki gösterim söz konusu olmaktadır ve bu gösterime ilişkin varyans-kovaryans matrisi Denklem 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Dört alternatifli bir MNL gösterimi[65]

$$\begin{bmatrix} Var(\varepsilon) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Var(\varepsilon) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Var(\varepsilon) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Var(\varepsilon) \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Bu denkleme göre IID özelliği 4 seçeneğin olduğu bir örnekte tüm alternatifler için geçerli olmaktadır. Matristeki sıfırlar, IID nin 1.I'sı olan seçeneklerin birbirinden bağımsız olması durumunu karşılarken (yani kovaryanslar sıfır), ε değerlerinin birbirine eşit olduğu ve eş dağıldığı (köşegenlerin üzerinde görülenler varyanslardır, yani standart sapmanın karesidir) görülmektedir ki bu IID özelliğinin 2.I'sını temsil eder.

Hata varyans-kovaryans homojenliği, tüm bireyler için alternatifler arasında aynı rekabetçi yapıyı işaret eder ki bu varsayımı haklı çıkarmak genellikle zordur. Bireyler arasında aynı varyans varsayımı, örneğin ulaşım sisteminin farklı güzergahlarda farklı konfor seviyeleri (gözlemlenemeyen bir değişken) sunması halinde ihlal edilebilir (yani bazı güzergahlarda diğerlerine kıyasla daha konforlu koltuklara ve sıcaklık kontrolüne sahip ulaşım araçları hizmet veriyor olabilir).

Bu üç varsayım birlikte çok değişkenli lojit modelin basit ve anlaşılır kapalı formulu matematiksel yapısına yol açmaktadır. Ancak bu varsayımlar aynı zamanda çok değişkenli lojit modeli bireysel düzeyde "ilgisiz alternatiflerin bağımsızlığı" (IIA) özelliği ile karşı karşıya bırakmaktadır. Bu nedenle, üç varsayımın hafifletilmesi/gevşetilmesi birçok seçim bağlamında önemli olabilir [112].

Çok değişkenli lojit modelin tahmini için En Küçük Kareler Yöntemi, En Büyük Olabilirlik Yaklaşımı ya da parametrik olmayan tahmin yöntemleri kullanılabilir. En sık kullanılan yöntem ise En Büyük Olabilirlik Yaklaşımı'dır. Bu yaklaşıma

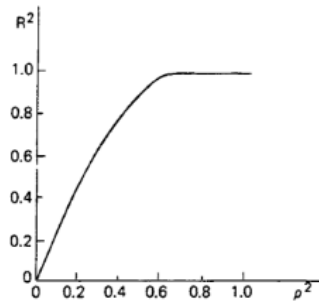
göre, gözlemlenen seçenekleri elde etme olasılığını en büyükleyen katsayılar belirlenir. Değerlendirme yapılırken genel olarak elde edilen denklemin logaritması alınmış hali kullanılır [99, 101]. Modelin performansı ise, öncelikle katsayıların işaretlerine bakılarak değerlendirilir. Normal şartlarda, işaretlerin beklenen duruma uygun olması beklenir. Ancak bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişki fazla ise bu durumun tersi ile karşılaşmak da mümkün olabilmektedir. Modelde tahmin edilen bağımsız değişkenlerin geçerliliği; t-istatistiklerine bakılarak ve istenen güven aralıklarında anlamlı olup olmadıkları kontrol edilerek test edilir. Modelin geçerliliği ise -2LL testi olarak adlandırılan yöntem yardımıyla belirlenir. Bu yöntemde tahmin edilen modele ait logaritmik olabilirlik değeri bir referans modelinki ile karşılaştırılır (Denklem 3.12). Burada referans alınan model genellikle yalnızca sabitleri içeren modeldir (market share model).

$$-2LL = -2[LL_{referans} - LL_{model}] \quad (3.12)$$

Referans model ile tahmin edilen model arasındaki değişken sayıları farkından bir serbestlik derecesi bulunur ve bu serbestlik derecesindeki kritik ki-kare değeri ile burada elde edilen -2LL değeri karşılaştırılır. -2LL değerinin kritik ki-kare değerinden büyük olması durumunda tahmin edilen modelin, referans alınan modele göre daha gelişmiş bir model olduğu belirlenmiş olur. Tahmin edilen modele ait logaritmik olabilirlik değerinin, referans modele ait logaritmik olabilirlik değerine oranından bir sanal- R^2 (ρ^2) değeri elde edilir ki (Denklem 3.13),

$$\rho^2 = LL_{tahmin} / LL_{referans} \quad (3.13)$$

bu değer de doğrusal regresyonun R^2 değeri ile benzeşim kurmaya ve modeli yorumlamaya imkan tanır [101, 109]. Bu benzeşime ilişkin grafik Şekil 3.2’de verilmiştir. Buna göre 0.2-0.4 aralığındaki bir ρ^2 değeri, 0.6-0.8 aralığında R^2 değerine karşılık gelir ve tatmin edici bir sonuç olur [109].



Şekil 3.2 ρ^2 ve R^2 arasındaki ilişki [109]

3.5.2 Yuvalı (Nested) Lojit Model

Tercih modellerini gerçek yaşamla uyumlu hale getirmek için çok değişkenli lojit modelin varsayımlarını gevşetmeyi/serbestleştirmeyi⁷ amaçlayan farklı modeller geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi her seçenek için faktörlerin bağımsız ve eş dağılışı (IID) kabulünü kısmî olarak serbestleştiren/gevşeten, benzer alternatifleri benzer yapılar altında (yuva) ele alan Yuvalı Lojit Model (Nested Logit Model/NL) dir.

Bu model yapısı, seçenekler arasında kısmî benzerlikleri ve farklılıkları ele almayı kolaylaştırır. Ancak yuvalı yapıda temsil edilen modeller yalnızca seçenekleri bir araya getirerek matematiksel olarak en iyi biçimde çözmeyi amaçlar; gerçek tercih yapısını/sürecini temsil etmez. Çok değişkenli lojit modelde her seçenek için faktörlerin bağımsız ve eş dağılışı kabulü tüm seçenekler için geçerli iken, yuvalı lojit modelde yalnızca aynı yuvalar altındaki seçenekler için geçerli olur. Yuvalı (nested) lojitin bir diğer adı da, hiyerarşik lojit modeldir. Bu isim hiyerarşik olarak yapılan şartlı olasılık hesaplamalarından kaynaklanır. Yuvalı lojitin yazılımlar içerisindeki hesaplamaları, yapılan normalizasyon türüne göre değişmektedir. Seçenekler seviyesine ya da en üst seviyeye göre iki farklı normalizasyon işlemi yapmak mümkündür. Seçenekler seviyesinde yapılan normalizasyonlar Random Utility 1 (RU1), yuva seviyesinde yapılan normalizasyonlar ise Random Utility 2 (RU2) adını alır. Literatürde seçenekler seviyesinde yapılan normalizasyonlara daha sık rastlanır [65].

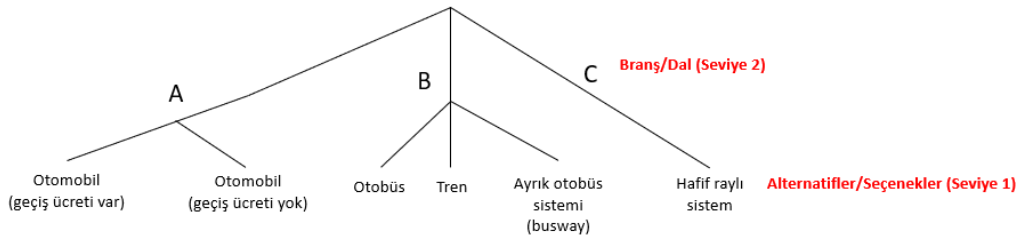
Yuvalı lojit model, çok değişkenli lojit modelin IID ve IIA varsayımlarının kısmen serbestleştirilmesini temsil etmektedir. Daha gelişmiş modeller IID varsayımını kovaryanslar aracılığıyla tam olarak serbestleştirirken, yuvalı lojit model modelleme işini yapan kişi için seçim çalışmaları açısından mükemmel bir teknik ilerlemesini temsil etmektedir. Çok değişkenli lojit modelde olduğu gibi, yuvalı lojit modelin tahmin edilmesi nispeten kolaydır ve kapalı formda bir çözüme sahip olmanın kolay hesaplanabilirliğini de ek bir fayda olarak kullanıcıya sunar. Yuvalı lojit modele ilişkin iki yuvalı ve dört seçenekli bir örnek Şekil 3.3'te verilmiştir [65, 113, 114].

⁷Orijinal ifade olarak 'relaxation' [89]

bir durumu olduğunu gösteren McFadden [122] tarafından fayda en büyüklemesine dayalı olarak farklı şekillerde ifade edilmiştir [99].

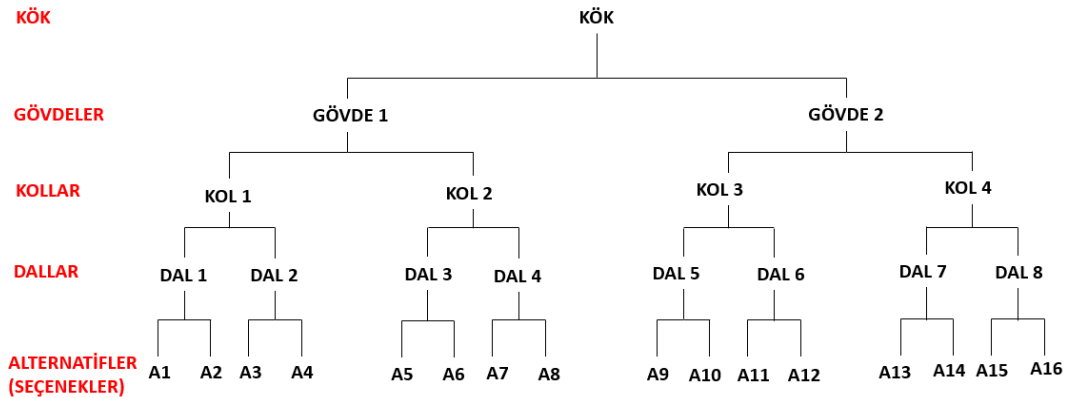
Yuvalı lojit modelin çok değişkenli lojit modele karşı en büyük üstünlüğü birbirine benzeyen seçenekler arasında bağımlılık ve korelasyona izin vermesidir. Yuvalı lojit modele göre, aynı yuva içindeki seçeneklerden her biri için olasılık oranı diğerinin tercihinden bağımsızdır (yani IIA varsayımının yuva içinde sağlandığını ifade eder) [114, 123].

Yuvalı lojit model yapısı; Şekil 3.4'te sunulan hiyerarşik bir gösterimdedir [124]. Literatürde yaygın olarak kullanılanlar iki seviyeli yuvalı lojit modellerdir [89, 124]. İki seviyeli bir yuvalı lojit modelde en alt seviye seçeneklerden/alternatiflerden ve bir üst seviye ise dallardan oluşur. Özel bir durum olarak bir dalın yalnızca bir seçeneği olduğunda buna körelmiş/yozlaşmış (degenerated) dal denir (Şekil 3.4 C kolu) [114, 123].



Şekil 3.4 Bir örnek yuva yapısı ve körelmiş dal (Hafif raylı sistem) [114]

Yuvalı lojit yapıda her seviye için farklı adlandırmalar kullanılır. Dört seviyeli bir tahmin için yapılan adlandırmalar Şekil 3.5'te verilmiştir⁹.



Şekil 3.5 Dört seviyeli bir yuva yapısı [124]

⁹Yaygın kullanılan NLOGIT yazılımı dört seviyeli bir tahmine izin vermektedir [124] ve tez kapsamında da NLOGIT4 yazılımı kullanılmıştır

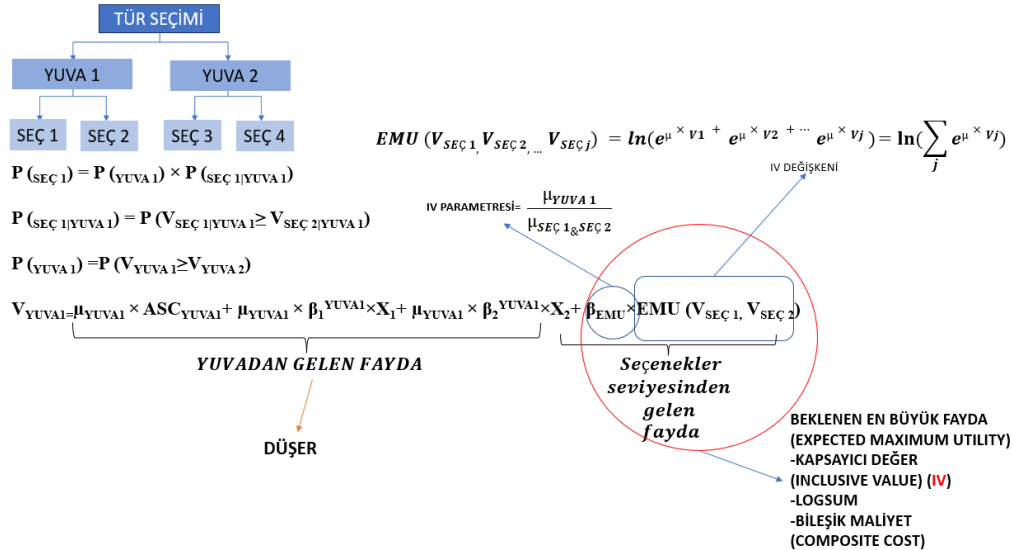
$i \in n$ olmak üzere bir i alternatifinin n adet alternatif arasından seçilme olasılığı aşağıdaki genel form ile hesaplanır [99].

$$P_i = \frac{\exp(\mu \cdot V_i)}{\sum_{j \in n} \exp(\mu \cdot V_j)} \quad (3.15)$$

Bu denklemde μ , negatif olmayan bir ölçek parametresidir ve hata teriminin varyansıyla olan ilişkisi Denklem 3.16'da görülmektedir.

$$Var(\varepsilon) = \frac{\pi^2}{6 \times \mu^2} \quad (3.16)$$

Her fayda fonksiyonu için μ değerlerini ayrıık olarak hesaplamak mümkün değildir. Çok değişkenli lojit modelde, hata teriminin (ε) birbirine eşit olduğu ve eş dağıldığı varsayılır [99] ve bu nedenle $\mu=1$ alınabilir. Literatürde, yuvalı lojit modeller için hata terimlerinin varyansının ya da μ değerinin 1'e sabitlendiği çalışmalar mevcuttur. Hata terimlerinin varyansı 1'e eşit alındığında, $\mu=1,283$ olur ve denklemden çıkarılamaz. Ancak $\mu=1$ alındığında hata terimlerinin varyansı 1,645 değerine eşit olur ve yaygın olarak kullanılan yöntem budur. Özetle, $\mu=1$ olduğunda farklı hata terimlerinin hesabıyla uğraşılmamış olmaktadır. Yuvalı lojit modelde μ değeri denklemden çıkarılamadığından, aynı dal altındaki tüm alternatifler için eşit olan bir ölçek parametresi durumu söz konusu olur.



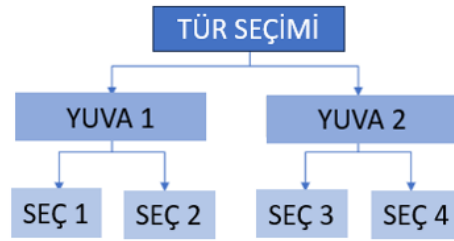
Şekil 3.6 Koşullu olasılık hesaplamaları [65]

Şekil 3.6'da görülebileceği gibi hiyerarşik yapı kurulduğunda artık koşullu olasılık hesaplamaları söz konusudur. Üst seviyedeki fayda fonksiyonu hesaplanırken, üst seviyede seçimi etkileyen değişkenler yoksa (yuva yapısı bir seçim davranışını

yansıtmadığı için genellikle buradan gelecek bir fayda için gerçekten kesin kanıtlar olmalıdır), yuvadan gelen fayda, denklemden düşer. Seçenekler seviyesinden gelen fayda ise kapsayıcı değer (inclusive value ya da kısaca IV) terimini oluşturur. Bu terim, IV parametresi ve IV değişkeni olmak üzere iki kısımdır. Yuva seviyesindeki ölçek parametrelerinin seçenekler seviyesine oranına IV parametresi denir ve buna ilişkin ifade Denklem 3.17’de verilmiştir.

$$IV \text{ parametresi} = \frac{\mu_{YUVA}}{\mu_{SECENEK}} \quad (3.17)$$

Hensher tarafından [114] ifade edilen bu IV terimi, yuvalı lojit modelin iki seviyesini birbirine bağlar ve literatürde; beklenen en büyük fayda (expected maximum utility), kapsayıcı değer (inclusive value), logsum ya da bileşik maliyet (composite cost) gibi isimler alır. Hesaplamalara esas olan fayda fonksiyonları için genel bir gösterim Şekil 3.7’de verilmiştir [65].



$$V_{SEÇ\ 1|YUVA\ 1} / \mu_{SEÇ\ 1\ \&\ SEÇ\ 2} = ASC_{SEÇ\ 1|YUVA\ 1} + \beta_1^{SEÇ\ 1|YUVA\ 1} \times X_1 + \beta_2^{SEÇ\ 1|YUVA\ 1} \times X_2$$

$$V_{SEÇ\ 2|YUVA\ 1} / \mu_{SEÇ\ 1\ \&\ SEÇ\ 2} = ASC_{SEÇ\ 2|YUVA\ 1} + \beta_1^{SEÇ\ 2|YUVA\ 1} \times X_1 + \beta_2^{SEÇ\ 2|YUVA\ 1} \times X_2$$

$$V_{SEÇ\ 3|YUVA\ 2} / \mu_{SEÇ\ 3\ \&\ SEÇ\ 4} = ASC_{SEÇ\ 3|YUVA\ 2} + \beta_1^{SEÇ\ 3|YUVA\ 2} \times X_1 + \beta_2^{SEÇ\ 3|YUVA\ 2} \times X_2$$

$$V_{SEÇ\ 4|YUVA\ 2} / \mu_{SEÇ\ 3\ \&\ SEÇ\ 4} = ASC_{SEÇ\ 4|YUVA\ 2} + \beta_1^{SEÇ\ 4|YUVA\ 2} \times X_1 + \beta_2^{SEÇ\ 4|YUVA\ 2} \times X_2$$

$$V_{YUVA\ 1} = \mu_{YUVA\ 1} / \mu_{SEÇ\ 1\ \&\ SEÇ\ 2} \times IV_{YUVA\ 1}$$

$$V_{YUVA\ 2} = \mu_{YUVA\ 2} / \mu_{SEÇ\ 3\ \&\ SEÇ\ 4} \times IV_{YUVA\ 2}$$

Şekil 3.7 Hesaplamalara esas olan fayda fonksiyonlarının genel bir gösterimi [65]

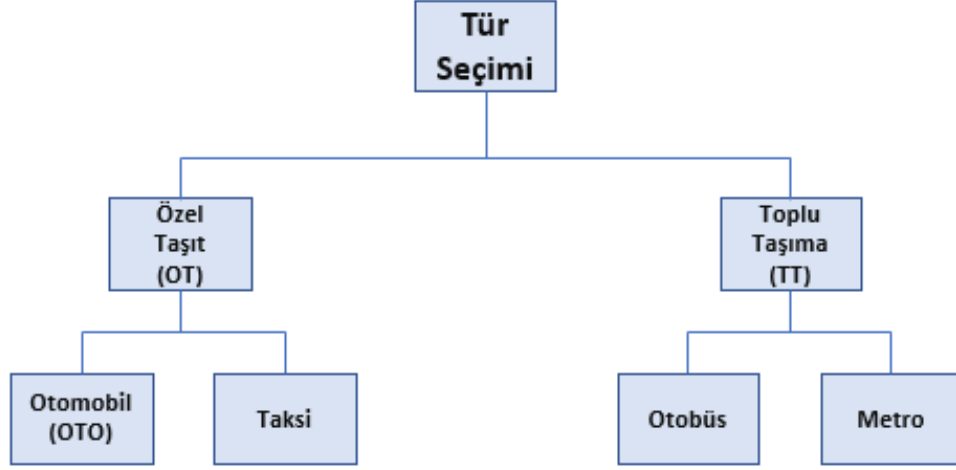
IV parametresi içerisinde yer alan en alt düzey $\mu_{SEC_i\ \&\ SEC_j}$ ve yuva seviyesindeki μ_{YUVA_i} değerlerini ayrı ayrı hesaplamak mümkün olmadığından bu değerleri normalize etme yoluna gidilir. IV parametresinin değeri $0 < IV \leq 1$ olmalıdır. Bu, yuvalar arasında sıfır olmayan korelasyon anlamına gelir ve yuvalı lojit logit yapısı için uygundur. Değerin 1’den büyük ya da 0’dan küçük olması durumu yuvalı lojit modelin teorik tabanıyla tutarsızdır ve yuvalı lojit modeli reddedilir. IV parametresi değeri 0 olduğunda, yuvalar altındaki seçenek çiftleri arasında

mükemmel korelasyon olur ve seçim deterministiktir, IV parametresi değeri 1'e eşit olduğunda ise model çok değişkenli lojit modele çöker (indirgenir) ve seçenekler düzeyinde kalır. Azalan IV parametresi değeri yuvadaki seçenekler arasında artan ikameye işaret eder [89]. Model değerlendirilirken, IV parametresinin anlamlı olabilmesi için Wald A ve Wald R istatistikleri hesaplanarak 0 ve 1 sınır şartları kontrol edilir. Wald R +1,945 değerinden büyük ya da -1,945 değerinden küçük olduğunda IV parametresi istatistik olarak sıfırdan farklıdır. Wald A değeri için aynı kontrol yapılır ve +1,945 değerinden büyük ya da -1,945 değerinden küçük olması IV parametresinin istatistik olarak anlamlı olduğunu ortaya koyar. Wald A ve Wald R formülü sırasıyla Denklem 3.18 ve Denklem 3.19'da verilmiştir [89, 114].

$$Wald_A = \frac{IV - 1}{StandartHata} \quad (3.18)$$

$$Wald_R = \frac{IV}{StandartHata} \quad (3.19)$$

Yuvalı lojit modelinin olumsuz bir özelliği, modelin mevcut bilgi miktarıyla tahmin edilmesi mümkün olandan daha fazla parametre tahmin etmeye çalışmasıdır. Yuvalı lojit modelinin genel mantığı, bir seviyesindeki ölçek parametrelerini 1'e normalize ederek diğer tüm parametreleri bu normalleştirilenlere göre tahmin etmektir. Bir yuvalı lojit modelin herhangi bir seviyesindeki ölçek parametrelerini normalleştirmek mümkün olsa da, ağacın en alt düzeyindeki (Random Utility 1-RU1 Yöntemi) tüm ölçek parametrelerini veya en üst düzeyindeki (Random Utility 2-RU2 Yöntemi) tüm ölçek parametrelerini normalleştirmek yaygındır. Yolcu taşımacılığında dört seçenekli ve iki yuvalı bir tür tercihi için genel bir yapı Şekil 3.8'de verilmiştir [65].



Şekil 3.8 Dört seçenekli ve iki yuvalı bir yapı [65]

RU1 ve RU2 normalizasyonlarının uygulanmadığı genel gösterim Denklem 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.25'te ve RU1-RU2 normalizasyonlarının uygulandığı durumlar için bu genel gösterimin dönüştüğü ifadeler sırasıyla Denklem 3.26, 3.27, 3.28 ve Denklem 3.29, 3.30 3.31'de verilmiştir. Denklemdaki ASC ifadesi türe özgü sabit olup, β değerleri ise katsayılardır.

$$V_{OTO|OT}/\mu_{OTO\&TAKSI} = ASC_{OTO|OT} + \beta_1^{OTO|OT} \times X_1 + \beta_2^{OTO|OT} \times X_2 \quad (3.20)$$

$$V_{TAKSI|OT}/\mu_{OTO\&TAKSI} = ASC_{TAKSI|OT} + \beta_1^{TAKSI|OT} \times X_1 + \beta_2^{TAKSI|OT} \times X_2 \quad (3.21)$$

$$V_{OTOBUS|TT}/\mu_{OTOBUS\&METRO} = ASC_{OTOBUS|TT} + \beta_1^{OTOBUS|TT} \times X_1 + \beta_2^{OTOBUS|TT} \times X_2 \quad (3.22)$$

$$V_{METRO|TT}/\mu_{OTOBUS\&METRO} = ASC_{METRO|TT} + \beta_1^{METRO|TT} \times X_1 + \beta_2^{METRO|TT} \times X_2 \quad (3.23)$$

$$V_{OT} = \mu_{OT}/\mu_{OTO\&TAKSI} \times IV_{OT} \quad (3.24)$$

$$V_{TT} = \mu_{TT} / \mu_{OTOBUS\&METRO} \times IV_{TT} \quad (3.25)$$

$$\mu_{OTOMOBIL} = \mu_{TAKSI} = \mu_{OTOBUS} = \mu_{METRO} = 1 \quad (3.26)$$

$$V_{OTO|OT} = ASC_{OTO|OT} + \beta_1^{OTO|OT} \times X_1 + \beta_2^{OTO|OT} \times X_2 \quad (3.27)$$

$$V_{OT} = \mu_{OT} \times ASC_{OT} + \mu_{OT} \times \beta_1^{OT} \times X_1 + \mu_{OT} \times \beta_2^{OT} \times X_2 + \mu_{OT} \times IV_{OT} \quad (3.28)$$

$$\mu_{OZEL\ TASIT} = \mu_{TOPLU\ TASIMA} = 1 \quad (3.29)$$

$$V_{OTO|OT} = \mu_{OTO} \times ASC_{OTO|OT} + \mu_{OTO} \times \beta_1^{OTO|OT} \times X_1 + \mu_{OTO} \times \beta_2^{OTO|OT} \times X_2 \quad (3.30)$$

$$V_{OT} = ASC_{OT} + \beta_1^{OT} \times X_1 + \mu_{OT} \times \beta_2^{OT} \times X_2 + \frac{1}{\mu_{OTO}} \times IV_{OT} \quad (3.31)$$

Özet bir biçimde ifade edilmek istenirse, RU1 normalizasyonu kullanıldığında en alt seviyedeki seçeneklerin μ değerleri 1'e eşit olur ve örneğin $IV_{otomobil}$ doğrudan $IV_{otomobil}$ olur, yani modelin verdiği IV parametresi doğrudan μ değeridir (Denklem 3.28).

RU2 normalizasyonu kullanıldığında ise yuvaların μ değerleri 1'e eşit olur ve bu durumda modelin verdiği IV parametresi, seçeneklerin ölçek parametrelerinin bir bölümü olur (Denklem 3.31)[114].

Bir çalışmaya göre [117] bir yuvalı lojit modelde kullanılan tüm parametrelerin seçeneğe özgü olması durumunda RU1 ve RU2 yaklaşımları eşdeğer olacaktır. Bu konuda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu tahmin edilen modellerin RU1 mi yoksa RU2 mi kullanılarak yapıldığından bahsetmemektedir. Bu

durum çalışmaların sonuçlarını karşılaştırmayı da zorlaştırmaktadır. Ölçek parametrelerinin hangi seviyede normalleştirildiğinin belirtilmesi araştırmaların geliştirilmesine büyük oranda yardımcı olacaktır [114, 123].

RU2 kullanılarak yapılan normalleştirme RU1'e tercih edilir çünkü RU2, modelin tüm parametreleri hangi kombinasyonda modele yazılmış olursa olsun (yani ister genel ister türe özgü olsun), modelin seviye 1'in altına kukla bir düğüm seviyesi eklemek zorunda kalmadan rastgele fayda teorisinin fayda en büyükleme ile tutarlı olacağını garanti eder [114, 123]

Ortuzar [48] ve Silberhorne [125] iki farklı yuvalı yapı özelleştirmesinden bahsetmektedir: UMNL (Utility Maximization Nested Logit) ve NNNL (Non-Normalized Nested Logit). Bunlardan Mac Fadden'in UMNL modelinde $0 < IV \leq 1$ koşulları tüm IV değerleri için karşılanırsa model fayda en büyükleme teorisiyle tutarlı olur. Daly'nin NNNL modeli ile UMNL modeli formülasyonları arasındaki temel fark, NNNL modelinin her bir yuvadaki seçeneklerin fayda fonksiyonlarında IV parametrelerinin tersini hariç tutmasıdır [126]. Model tahminlerinde yazılım içerisinde uygulanan yuvalı lojit özelliğinin dikkate alınması gerekir. NNNL içeren bir yazılımla tahmin edilen modelde yalnızca türe özgü katsayılar varsa, model katsayıları yuvaya özgü yeniden ölçeklendirilerek tahmin edilebilir. Ancak genel bir katsayı modele girdiğinde NNNL modeli ölçek parametrelerine kısıtlamalar getirilmez ise, model rastgele fayda teorisi ile tutarlı olmaz [125]. Silberhorne ve diğerleri [125] yaptıkları genel değerlendirmede, UMNL yazılımında yapılan bir RU2 tahmininin rastgele fayda teorisiyle tutarlı olduğunu ispatlamıştır. Bir UMNL yazılımı kullanıldığında RU1 ve RU2 ayırımının yapılması gerekir. Çalışma kapsamında LIMDEP¹⁰ yazılımlarından olan NLOGIT4 kullanılmış ve RU2 normalizasyonu yapılmıştır.

Yuvalı lojit modeller için iki tahmin usulü vardır: Sıralı tahmin (Sequential estimation) ve eş anlı tahmin (simultaneous estimation). Sıralı tahmin, yuvalı lojit modelini alt seviyelerden başlayarak tahmin eder. Eş anlı tahmin ise, yuvalı lojit modelini eş anlı tahmin eder. Burada tahmin edici (estimator) Full Information Maximum Likelihood (FIML) adını alır ve sıralı tahminden daha üstündür. NLOGIT4, tahmin usulünde FIML tahmin edicisini kullanmaktadır [65, 114]. Tez kapsamında incelenmeseler de çapraz yuvalanmış lojit (CNL), genelleştirilmiş sıralı uç değer, karma (mixed) lojit ve saklı sınıf (latent class) lojit model gibi farklı lojit modeller de mevcuttur.

¹⁰SAS ve ALOGIT gibi yazılımlar yalnızca NNNL tahmin edebilirken, STATA, LIMDEP ve GAUSS gibi yazılımlar her iki özelleştirme için de tahmin yapabilmektedir [125].

3.6 Yük Taşımacılığından Bütünleşik, Ayrık ve Bileşik Tr Seçimi Modelleme rnekleri

Yakından İlişkili Seçimler bölümünde söz edildiği gibi, tür seçimi tek başına incelenebileceği gibi diğer seçimlerle eş anlı olarak da modellenenebilir. Bu tür modellemelere literatürde verilen genel ad bileşik (joint) modellemedir. Bileşik modellemenin yanı sıra türel ayırım aşamasını bütünleşik ya da ayrık düzeyde modelleyen pek çok model çalışması yapılmıştır.

Türel ayırım modelleri literatüründen rnekler, Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'te verilmiştir[88].

Tablo 3.1 Bütünleşik türel ayırım modelleri [88]

Kişi/Kurum/Kuruluş/Proje Adı	Yıl	Ele Alınanlar
Blauvens ve van de Voorde	1988	Belçika için i suyu ve karayolu taşımacılığı rekabetini modellemişlerdir.
NEAC Model (NEA)	2000	İçerisinde Avrupa için karayolu, demiryolu ve i suyu türel ayırımı modellenmiştir.
MODEV (MVA and Kessel +Partner)	2006	Fransa için karayolu, demiryolu, kombine KY+DY ve i suyu alternatiflerinin yer aldığı bir bütünleşik lojit model içerir.
Transtools (Tetraplan)	2009	Avrupa için karayolu, demiryolu ve i suyu türlerinin dahil olduğu bir bütünleşik lojit model içerir.
LEFT (Fowkes, Johnson ve Whiteing)	2010	Yedi yk türü ve dokuz uzaklık bandı için bir karayolu/demiryolu bütünleşik türel ayırım modeli içerir.
BasGoed (de Jong ve diğerleri)	2011	Hollanda için karayolu, demiryolu ve i suyu alternatiflerinin yer aldığı bir bütünleşik lojit modeli içerir.
Oum	1979	Kanada için tür dağılımda bütünleşik zaman serisi modellerini kullanmıştır.
Friedlaender ve Spady	1980	1996 ekonomik koşullarında Amerika Birleşik Devletleri'ni beş bölgeye ayırarak sektöre ve orijin bölgeye göre (O-D değil) tür seçimini analiz etmiştir.
Oum	1989	Farklı maliyet koşullarına göre (linear, loglinear, Box-Cox, translog) Kanada için tür seçimini bölgelere göre bütünleşik olarak modellemiştir.

Tablo 3.2 Ayrık tür seçimi modelleri [88]

Kişi/Kurum/Kuruluş/Proje Adı	Yıl	Ele Alınanlar
Nuzzolo ve Russo	1995	İtalyan ulusal yük modeli sistemindeki kentlerarası yük akışı için karayolu, demiryolu ve kombine taşımacılık alternatiflerine göre geliştirilmiş üretici ve göndericilerin açıklanmış tercihlerine dayanan, maliyet zaman ve bazı özelliklerini içeren bir çok değişkenli lojit modeldir.
Bradley ve Daly	1997	Gönderi boyutunu ve tür seçimini, bileşik bir yuvalı model olarak SP/RP veri kombinasyonu ile modellemiştir.
Jiang ve diğerleri	1999	Fransa gönderici anketlerinden, gönderi ve firma özelliklerini ve mesafe değişkenini içeren ancak zaman ve maliyet bileşenlerini içermeyen bir yuvalı lojit modelle karayolu, demiryolu ve kombine taşımacılıklar için tür tahmini yapmıştır.
de Jong, Vellay ve Houée	2001	Fransa Nord- Pas de Calais bölgesi için SP/RP tahminine dayanan ve açıklayıcı değişkenlerin ulaştırma süresi, maliyeti, güvenilirlik, esneklik ve türün işletme sıklığı olduğu bir yuvalı lojit model kurmuşlardır.
BVWP (ITP ve BVU)	2007	Bu Alman modeli karayolu, demiryolu ve iç su yolu türleri için SP verilerine dayanan bir ayrık tür seçim modelidir.
Arunotayanun (1)	2009	Endonezya SP gönderici anketlerini kullanarak küçük kamyon, büyük kamyon ve raylı sistem olmak üzere tür seçimini, Fransa RP gönderi anketleri ile iletim hakkı devlete ait olan yollar, yap işlet yolları demiryolu ve kombine taşımacılığı farklı çapraz yuvalanmış lojit yapıları için modellemiştir.
Massiani	2008	İtalya için SP gönderici anketlerini kullanarak karayolu taşımacılığı ile KY-DY kombine taşımacılığı için bir karma lojit model kurmuştur.
Ben Akiva, Boldue ve Park	2008	ABD'deki 166 gönderici için SP/RP anketlerine dayanarak kamyon, demiryolu ve kombine taşımacılık için, ana para maliyetini, depolama maliyetini, güvenlik stoğu maliyetini, kayıp/hasar maliyetini dikkate alarak toplam lojistik maliyetleri en küçükleyen bir karma lojit model kurmuşlardır. Ayrıca, tür seçimindeki açıklayıcı değişkenlerden biri olan tür esnekliğini açıklamak için bir dizi gizli (latent) tutum değişkeni içermektedir.
Arunotayanun(2)	2009	Endonezya SP anketleri için zaman, maliyet, güvenilirlik ve diğer SP katkılarını da içeren karma lojit modeller tahmin etmiştir.
Fries, de Jong, Patterson ve Weidmann	2010	İsviçre SP gönderici anketlerine dayanarak karayolu, demiryolu ve kombine taşımacılık türleri için MNL ve karma lojit modeller tahmin etmiştir. Zamanında teslimlerin yüzdesi olarak güvenilirlik, ulaştırma süresi ve maliyetini rastgele katsayılar olarak ele almış, rastgele katsayıları normal, lognormal ve üçgensel dağılımlara göre modelleyerek standart sapma benzeri bir ortalama katsayı tahmin etmiştir.
Feo-Valero, Garcia-Menendez, Saez-Carramolino, Furio-Prunonosa	2011	İspanya'da konteynerli deniz taşımacılığının iç ayağı için karayolu ve demiryolu taşımacılığı arasındaki seçim göndericilerin SP anketlerine dayanarak karma lojit modelle tahmin edilmiştir.
Gopinath	1995	Amerika Birleşik Devletleri'ndeki birleşik SP/RP verileri (ve ek tutum soruları) üzerine tahmin edilen gizli sınıf modelde nakliyecilerin seçimlerindeki heterojenliğin bir kısmını yakalamak için iki sınıf katsayı değeri kullanılmıştır.
Arunotayanun (3)	2009	Daha önce de sözü edilen Endonezya SP anketleri için gizli sınıf modeller tahmin edilmiştir.

Tablo 3.3 Tür seçimi ve ilişkili seçimler için bileşik (joint) modeller [88]

Kişi/Kurum/Kuruluş/Proje Adı	Yıl	Ele Alınanlar
Chiang, Roberts ve Ben Akiva	1981	Gönderi boyutu, tür ve tedarikçi konumunu bileşik olarak modellemişlerdir. Kesikli tür/taşıma zincirini ve kesikli gönderi boyutu seçimini bileşik olarak modeller. Bu modeller tür ve gönderi boyutu için seçim kümesi seçenekleri içerir. Bu ekonometrik modeller, MNL, yuvalı lojit ve karma lojit yaklaşımları ile kurulmuştur.
de Jong ve Ben akiva	2007	İsveç CFS 2001 verilerini kullanarak tür ve gönderi boyutu seçimini bileşik olarak modellemişlerdir. Bu modeller tür ve gönderi boyutu için seçim kümesi seçenekleri içerir. Bu ekonometrik modeller, MNL, yuvalı lojit ve karma lojit yaklaşımları ile kurulmuştur.
Habibi	2010	Kesikli gönderi boyutu ve taşıma zinciri seçimini, yurtiçi çelik ürünleri grubu için CFS 2004/2005 verilerini kullanarak bileşik modellemiştir. Kesikli tür/taşıma zincirini ve kesikli gönderi boyutu seçimini bileşik olarak modeller. Bu modeller tür ve gönderi boyutu için seçim kümesi seçenekleri içerir. Bu ekonometrik modeller, MNL, yuvalı lojit ve karma lojit yaklaşımları ile kurulmuştur.
Windish, de Jong ve van Nes	2010	CFS 2004/2005 verilerini kullanarak kesikli gönderi boyutu ve taşıma zinciri seçimini bileşik olarak modellemişlerdir. Kesikli tür/taşıma zincirini ve kesikli gönderi boyutu seçimini bileşik olarak modeller. Bu modeller tür ve gönderi boyutu için seçim kümesi seçenekleri içerir. Bu ekonometrik modeller, MNL, yuvalı lojit ve karma lojit yaklaşımları ile kurulmuştur.
McFadden, Winston ve Boersch-Supan	1985	Gönderi boyutu ve tür seçimi için tarım ürünlerine uygulanan bir bileşik model geliştirmişlerdir. Kesikli tür seçimi ile sürekli gönderi boyutu seçimini bileşik ve iki adımlı olarak tahmin etmişlerdir. Kesikli tür/taşıma zincirini ve kesikli gönderi boyutu seçimini bileşik olarak modeller. Bu modeller tür ve gönderi boyutu için seçim kümesi seçenekleri içerir. Bu ekonometrik modeller, MNL, yuvalı lojit ve karma lojit yaklaşımları ile kurulmuştur.
Abdelwahab ve Sargious	1992	ABD'nin CTS anketlerine dayanarak gönderi boyutu ve tür seçimini modellemişlerdir. Kesikli tür seçimi ile sürekli gönderi boyutu seçimini bileşik ve iki adımlı olarak tahmin etmişlerdir.
De Jong ve Johnson	2009	Bu üç çalışmanın ilki, karayolu taşıtı türü ve gönderi boyutu seçimini modellemiş, diğer iki çalışma bunu takiben CFS 2001 verilerini kullanarak kesikli tür sürekli gönderi boyutu biçiminde ilk çalışmayı özelleştirmiştir. Son iki çalışma modeller için aynı veriyi kullanmış ve karşılaştırma yapmak amacı güdülmüştür.
Johnson ve de Jong	2011	
Holguin-Veras	2002	
Combes	2010	Fransa ECHO anketlerine dayanarak gönderi boyutu ve tür seçimini modellemiştir. Kesikli tür seçimi ile sürekli gönderi boyutu seçimini bileşik ve iki adımlı olarak tahmin etmişlerdir.
Liu	2012	Dört farklı yük grubu için CFS 2001 verileri ile kesikli tür ve sürekli gönderi boyutu modellemesi yapmıştır. Kesikli tür seçimi ile sürekli gönderi boyutu seçimini bileşik ve iki adımlı olarak tahmin etmişlerdir.
Chiang ve diğerleri	1981	Bağımlı değişkenler olarak gönderi boyutu, tür ve tedarikçi konumunu kullanmıştır.
Samimi, Mohammadian ve Kawamura	2010	Bu çalışmada alıcılar tedarikçiyi seçmiştir; fayda fonksiyonları gereken miktar, bütçe ve tür gibi alıcı karakteristikleri ile üretim stok kapasitesi, fiyat ve coğrafi konum gibi tedarikçi karakteristiklerini içermektedir.
Fosgerau	1996	SP/RP veri kombinasyonunu kullanarak İsveç ve Danimarka arasındaki Öresund Boğazı için bir tür-güzergah modeli kurmuştur. Hem tür hem de güzergah seçimi kesikli değişkendir.
Fehmarn Belt Traffic Consortium	1998	SP/RP veri kombinasyonunu kullanarak Almanya ve Danimarka arasındaki Fehmarn Belt Koridoru için bir tür-güzergah modeli kurmuştur. Hem tür hem de güzergah seçimi kesikli değişkendir.
SMILE, NEMO, SAMGODS, WFTM, SCENES ve GBFM modelleri		Bütünleşik tür seçimi ve çok türlü atama ile güzergah seçimi bileşik modeli pek çok çalışmada yer almıştır.
Not: Ülkelere ilişkin özel anketlerin adları orijinal adları ile verilmiştir. CFS: Commodity Flow Survey CTS: Commodity Transportation Survey ECHO: French Envoi – CHargeurs – Opérateurs		

Yapılan literatür araştırması sonucunda, dört aşamalı talep modellerine ait çalışmalar ile çok sayıda tür seçimi çalışmasına rastlanmıştır. Uluslararası literatüre bakıldığında, baştan sona dört aşamalı bir yük talebi modeli için tür seçimi aşamasında çapraz yuvalı lojit modeller ile kurulan bileşik (joint) taşıma zinciri ve gönderi boyutu modelleri olmadığı görülmüştür (Bkz. Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3). Bu, evrensel anlamda bir araştırma boşluğu olarak görülebilirse de, ülkemiz özelinde yük taşımacılığı modellemesi halen bakir bir alandır ve ayırık modellerin herhangi bir gelişkin türü üzerine yapılmış bir yük modellemesi çalışmasına ülkemizde henüz rastlanmamıştır. Dolayısıyla çalışma eksenini, İstanbul ili için bölgesel bir ayırık model oluşturma bağlamında şekillenmiştir. Bunun için tez çalışması kapsamında iki çok değişkenli lojit model yapısı ile bir yuvalı lojit model yapısı kurulmuştur.

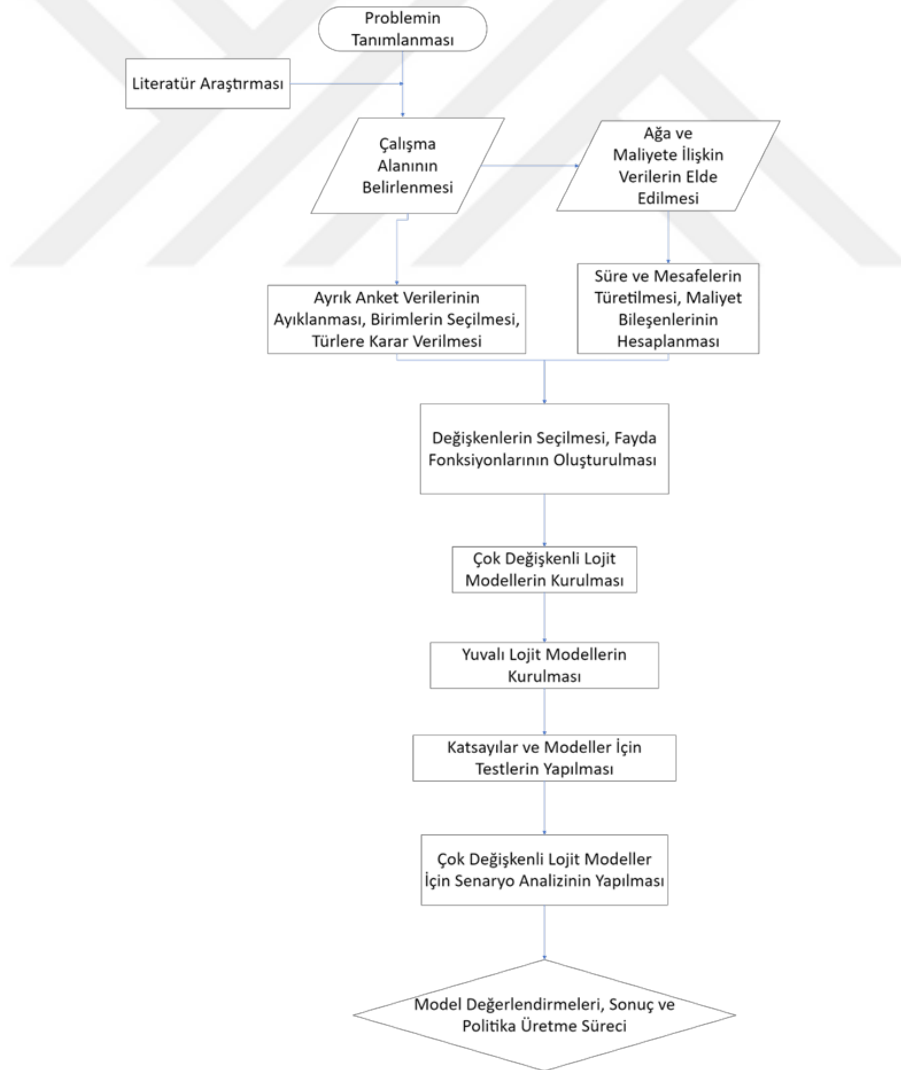


4

İZLENEN YÖNTEM VE VERİ

4.1 Yöntemin Kavramsal Çerçevesi ve Çalışma Planı

Yönteme ait çalışma planı Şekil 4.1’de verilmiştir. Buna göre problemin tanımlanması ile başlayan çalışma; model değerlendirmeleri, sonuç ve politika üretme süreci ile sona ermektedir.



Şekil 4.1 Yönteme Ait Çalışma Planı

4.2 Yöntemin Karar Verme Çerçevesindeki Yeri

Firmaların gönderim tercihleri birtakım karar verme özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Tez kapsamında, firmaların yük gönderimlerine ait çeşitli karar verme süreçlerini etkileyen özelliklerin (karakteristiklerin) ve bunların arasındaki ilişkinin ortaya konması, ilaveten hangi faktörlerin taşımacılık sistemi/gönderi boyutu tercihlerinin değiştirilmesinde etkili olacağının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

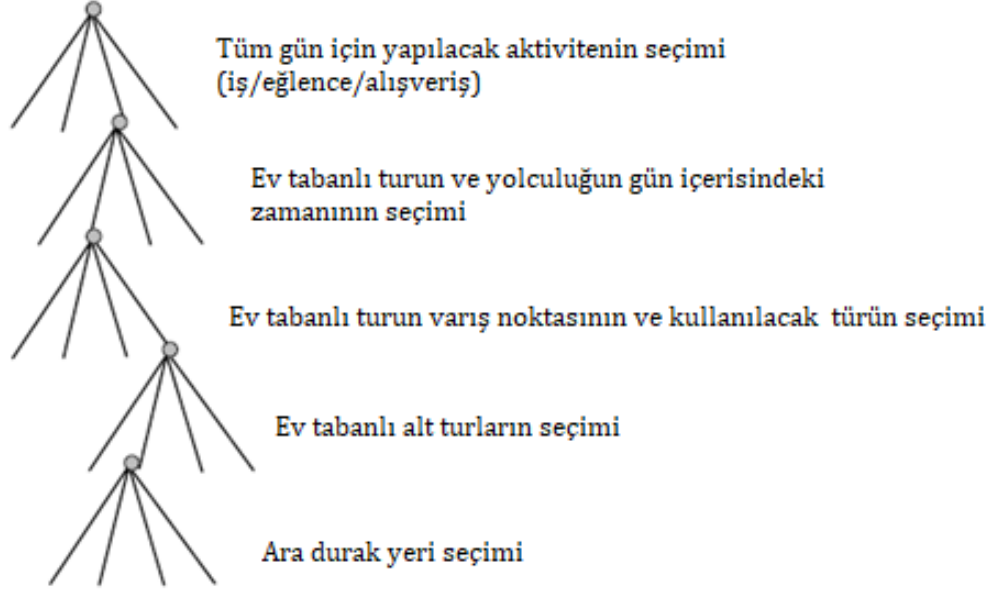
Çalışmanın doğru ve işler bir ürün ortaya koyabilmesi için ilk ve en önemli adım doğru verilerin elde edilebilmesidir. Bu nedenle öncelikle, literatürde yük taşımacılığında ayrık modellemeye ilişkin yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Bu ayrık modelleme çalışmalarının yanı sıra İstanbul için yapılan lojistik ana plana ait hizmet alan anketleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Kullanılan anketten yola çıkılarak İstanbul’da hizmet veren firmaların yük gönderim tercihlerinin ele alınması planlanmıştır. Hangi verinin kullanılacağına ve uygulanması gereken genel model yapısının ne olduğuna yönelik bir çalışma yapılmıştır. Ardından ayrık bir türel ayrım (tür seçimi) modeli kurulması yoluna gidilmiştir. Ayrık türel ayrım modellerinin avantaj ve dezavantajları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Ayrık türel ayrım modellerinin özeti

Ayrık Türel Ayrım Modelleri	Avantajları	Dezavantajları
	Teorik tabanlı olması, pek çok neden-sonuç ilişkisini ve politika ölçütlerini içerebilme potansiyeli	Ayrık veriye ihtiyaç duyması (gönderici veya yük anketleri)

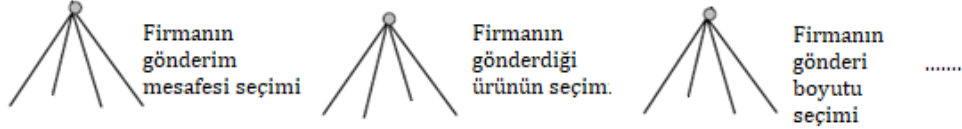
Kentsel bağlamda erişilebilir ulaşım türü genellikle karayoludur. Burada bazen karayolu taşımacılığında kullanılan çeşitli taşıtları sınıflara ayırmak söz konusu olur ki bu durumda da seçim ‘tür seçimi’ yerine ‘taşıt seçimi’ olarak adlandırılmaktadır. Kentlerarası modellerde de her tür için farklı taşıtlara ayrılmaktan söz edilebilir; ancak kentsel ulaşımın yükün büyük ve küçük karayolu taşıtlarına ayrılması, bazı alanlarda kamyon girişinin yasak olması gibi nedenlerle de kentin yaşanabilirliği üzerinde büyük etkileri olduğu için daha fazla önem arz etmektedir [88]. Yük taşımacılığı modelleri, kaynağını yolcu taşımacılığı modellerinden alır. Esasında etkinlik tabanlı yolculuk modeli yapısı incelendiğinde, yük gönderimindeki ardışık tercihlerin etkinlik tabanlı hiyerarşik seçim modeli¹ yapısına benzediği görülür. Yabancı literatürdeki pek çok çalışma da bunu doğrulamaktadır (Şekil 4.2)[48].

¹Modelleme literatüründe, dört aşamalı klasik model sınıflandırmasının dışında bir de etkinliğe bağlı olarak ele alınan modelleme çalışmaları vardır. Bu modellerin çoğu, kişinin günlük hareketinin tamamında, etkinliğin tamamını bir ‘tur’ olarak niteler. Örneğin kişi, evden çıkıp, çocuğunu okula bırakıp, işe gidip, alışveriş merkezine uğrayıp eve geri döndüğünde bu hareketinin tamamı bir tur olarak adlandırılır. İçinde çok sayıda seçim barındırması nedeniyle özellikle etkinlik ve tur tabanlı

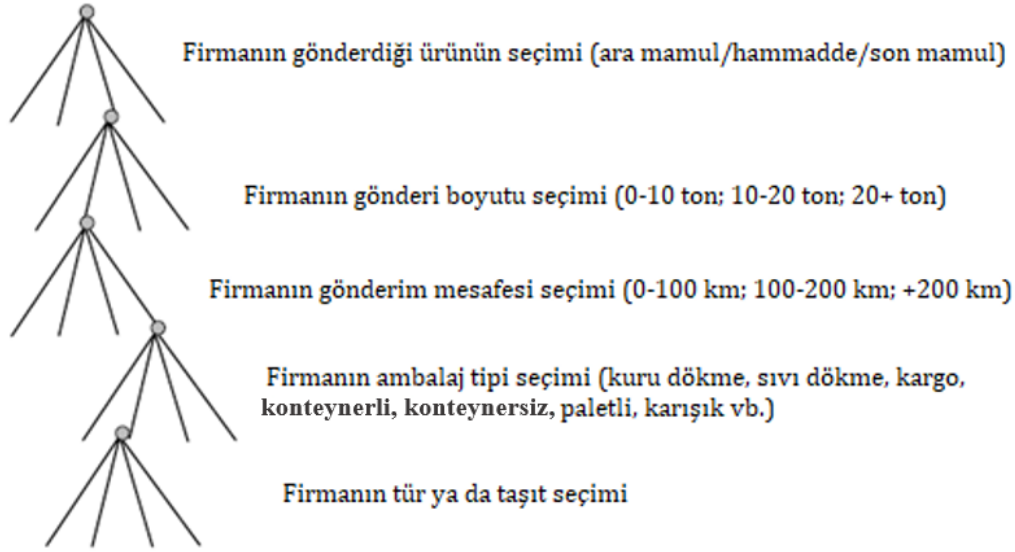


Şekil 4.2 Etkinlik tabanlı yolculuk modeli için bir hiyerarşik seçim örneği [48]

Şekil 4.2 ile benzeşim kurularak, yük talebinin kesikli tercih modeli yaklaşımıyla nasıl ele alınabileceği ortaya çıkmaktadır. Bu ayrı ayrı seçim modelleri (ardışık çok değişkenli lojit modeller) olabileceği gibi hiyerarşik bir seçim modeli de olabilir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Hiyerarşik yapının kurulmasında, ele alınan seçim başlıklarına ilişkin pek çok örnek mevcuttur [89].



Şekil 4.3 Yük talebinin kesikli modellemesi için bir seçim örneği [48]



Şekil 4.4 Yük talebinin kesikli modellemesi için bir hiyerarşik seçim örneği [48]

4.3 Yöntemin Uygulandığı Anket : İstanbul Lojistik Ana Planı Lojistik Hizmet Alan Birimler Soru Kağıdı Tanıtımı

Tez kapsamında bir ayrık model oluşturulması planlandığı için ne tür verilerin toplanması gerektiği araştırılmıştır. Literatüre göre verilerin elde edilebileceği kaynakların gönderici anketleri, belirtilmiş tercih anketleri ve maliyet fonksiyonları olduğu ortaya çıkmıştır (Bkz. Tablo 4.2) ve bu nedenle, literatürdeki çalışmalara dayanarak [78, 127–129] hangi konulara cevap aranacağına karar verilmiştir.

Tablo 4.2 Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri [88]

Veri Kaynağı	Nasıl Kullanılabileceği
Ticaret İstatistikleri	Değer ağırlık aralıkları hesabında (ithal ve ihraç mallar için)
	Başlangıç yılı için üretim-tüketim Ü-T matrislerinin tahmininde
	Bütünleşik çekim tipi modellerde Ü-T düzeyinde seyahat yaratım ve dağıtım aşamalarında
Ulusal Hesaplara Ait Veriler (gayri safi yurtiçi hasıla, katma değerli ekonomik faaliyetler, değişim oranları vb.)	Başlangıç yılı için Ü-T matrislerinin tahmininde
	Bütünleşik girdi-çıktı ve SCGE Mekânsal Hesaplanabilir Genel Denge modellerinde yaratım ve dağıtım aşamalarında

Tablo 4.2 Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri [88]

Veri Kaynağı	Nasıl Kullanılabileceği
Ulaştırma İstatistikleri	Başlangıç yılı için B-S matrislerinin tahmininde
	Yaratım ve dağıtım için çekim tipi modellerin tahmininde (B-S düzeyi için uygun, Ü-T seviyesi için daha az uygundur.)
	Bütünleşik tür seçim modellerinin tahmininde
	Yük faktörleri hesabında (gönderi ağırlığından taşıt kapasitesine geçişte)
	Bütünleşik liman seçim modellerinde
	Karayolu taşıt tipi seçiminin modellenmesinde (tur oluşumunda, eğer mikroveri erişimi mümkünse boş araç/yük faktörü hesaplamalarında)
Gönderici (Shipper) Anketleri	Başlangıç yılı için Ü-T matrislerinin tahmininde
	Ayrık tür seçim modellerinin tahmininde
	Taşıma zinciri seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık gönderi boyutu seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık bileşik modellerin tahmininde (tür-gönderi/tür-tedarikçi)
	Ağırlığa göre değer verme uygulamalarında
Belirtilmiş Tercih (SP) Anketleri	Ayrık tür seçimi modellerinin tahmininde
	Güzergah seçimi modellerinin tahmininde
	Taşıma zinciri seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık gönderi boyutu seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık bileşik modellerin tahmininde (tür-gönderi/tür-tedarikçi)
	Hizmet özelliklerinin parasal değerinin (ör. Zamanın para değeri) tahmininde
Gönderi faturaları (consignment bills) ve RFID (Radyo frekansı ile tanımlama teknolojisi verileri)	Başlangıç yılı için B-S matrislerinin tahmininde
	Ayrık tür seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık gönderi boyutu seçim modellerinin tahmininde
	Ayrık bileşik modellerin tahmininde (tür-gönderi /tür-tedarikçi)

Tablo 4.2 Farklı veri kaynakları ve yük taşımacılığı modellemesinde nasıl kullanılabilecekleri [88]

Veri Kaynağı	Nasıl Kullanılabileceği
Trafik Sayımı Verisi	Başlangıç yılı için B-S matrislerinin tahmininde
	Güzergah seçim modellerinin tahmininde
	Modellerin kalibrasyonunda
Trafik güvenliği denetim verileri	Hesaplarda kullanılan yük faktörlerinin hesabında
Terminal verileri	Taşıma zinciri seçim modellerinin tahmini için doğrudan girdi oluşturur
Maliyet fonksiyonları ve ağ verisi	Ayrık ve bütünleşik tür seçim modellerinin ve bileşik modellerin tahmini için doğrudan girdi oluşturur
	Bütünleşik dağıtım modelleri için doğrudan girdi oluşturur.
	Güzergah seçim modellerinin tahmini için doğrudan girdi oluşturur.

Anket toplamda 12 ayrı bölümden (2 tanıtıcı kısım+10 adet başlıklı bölüm) oluşmaktadır:

1.Tanıtıcı Kısım: Firmanın yasal ünvanını, tabela bilgilerini, adresini, ziyaret bilgilerini (soru kağıdının kaç görüşmede tamamlandığı vs.), anketi yapan kişi bilgilerini bulunduran kısımdır.

- 1. Bölüm: İşyerine ilişkin tanımlayıcı bilgiler
- 2. Bölüm: İşyerine ilişkin genel bilgiler
- 3. Bölüm: İstihdam detay bilgileri
- 4. Bölüm: Yük akışı
- 5. Bölüm: Yük akışı detay bilgileri
- 6. Bölüm: Ulaşım yollarına ilişkin bilgiler
- 7. Bölüm: Mekânsal bilgiler
- 8. Bölüm: İşyerine ilişkin sektörel durum bilgileri
- 9. Bölüm: Ekonomik bilgiler

- 10. Bölüm: Değerlendirme

2. Tanıtıcı Kısım: Kodlar (Yük türü, ambalaj tipi, elleçleme yöntemi, araç türü, mekan türü) Ankette doldurulan her bir veri, ayrı bir değişken adı ile SPSS dosyasına kaydedilmiş durumdadır ve bu SPSS dosyası 23916 adet nominal (string) veya nümerik ölçekli (scale) değişken içermektedir. Firmalar için toplanan bu verinin tamamı 72103 satırdan oluşmaktadır ve aslında bir Excel dosyasına bütün olarak aktarılabildiğinde 72103 satırlık ve 23916 sütunluk bir veriyi ifade edecektir. Bu noktada ilk amaç verinin ne derecede kullanılabileceğini kontrol etmek olmuştur.

4.4 Anket Kağıdından Elde Edilen Verilere İlişkin Sorunlar

Anketten elde edilen veriler, oldukça detaylı bilgiler içermesine rağmen düzenlenmeleri ve parçalanmaları gerekmiştir. Verilerin işlenmesi aşamasında pek çok sorun olduğu ortaya çıkmıştır.

1-Veriler NACE² koduna göre ya da sektöre göre incelendiğinde, ortaya şu biçimde bir sorun çıkmıştır: Firmaların taşıdığı yük grubu NACE kodunun işaret ettiğinden farklı olabilmektedir. Örneğin, tekstil sektöründen en büyük ciro elde ettiğini söyleyen firmanın o hafta taşıdığı yük türü metal olabilmektedir. Bunun için her bir firma için taşınan yük grubuna göre sınıflama yapılmalıdır. Bu durumda, her firma için ankette her güne 15 satırlık veri girişi ayrılmış olup, her birinin yük cinsi de farklı bir değişken olmaktadır. Bu durumda, sadece bir pazartesi günü mal gönderen bir firma için bile, yalnızca yük türü değişkeni için olası 15 adlandırma mevcut olmaktadır.

2-Ankette haftanın her günü için ayrı ayrı doldurulmuş olan bölümden sonra, aylara göre sorulan sorular da mevcuttur. Ancak haftanın her günü için doldurulmuş olan kısımda 61 farklı tipte yük taşıtı tanımlı iken aylara göre doldurulmuş olan bölümde dört yük taşıtına indirgeme yapılmıştır. Bu verinin işlenmesi ve doğru bir biçimde birleştirilmesi (ek olarak kullanılması) de zaman almıştır. (Örneğin ilk denemelerde yedi tip taşıta indirgeme yapılmıştı, bunun uygun bir birleştirme biçimi olmadığı ortaya çıkmıştır.)

3-Ankete ilişkin en önemli sorun, yük için ayrık seçim modellemesi çalışmalarının hemen hepsinde sıklıkla söz edilen “birim” problemidir. Anketteki yük grupları

²Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne, Avrupa Birliği’nde Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması anlamına gelen NACE kodu, iş yerlerinin çalıştıkları alanı ve buna göre tehlike sınıflarını belirleyen sistemin oluşturduğu altı haneli bir koddur.

için; 1-Adet, 2-Ton 3-Desi, 4-Metreküp, 5-Diğer, 6-Kilogram olmak üzere altı farklı başlık tanımlanmıştır. Bunların literatürde en çok çalışılanları [35, 36, 48] ton, metreküp ve kilogramdır. Birim uyumluluğunu sağlamak üzere de yine çeşitli filtreleme işlemlerinin yapılmasının gerekliliği bu noktada ortaya çıkmıştır.

4-20 firma için yapılan denemelerde, yazılım çok sayıda değişken kullanımına izin vermemiş, bir modele uyması için yetersiz sayıda geçerli gözlem hatası vermiştir. Yine aynı denemelerde, Hessian matrisi hatası ve flat log-likelihood hatası³ da alınmıştır. İlgili hata tek değişkenli denemelerde dahi alınmıştır. Hatanın olası nedenleri araştırıldığında, bunun nedenlerinin örneklem kümesinin küçüklüğü ya da değişkenler arasındaki korelasyon olabileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bu küçük örneklem için yedi yük taşıtı sınıfı yapılması yani yedi seçeneğin bulunması uygun olmamış olabilir. Sonuç olarak örneklem büyüütülmesine ve uygun birleştirmelerin yapılmasına çalışılmıştır.

Bu aşamaya kadar olan denemelerde, maliyet ve süre bileşenlerine yer verilmemiştir. Bunun temel nedeni anketlerdeki teslimat süresi değişkenlerinin mesafelere göre belirlenmiş olması ve bunun da henüz işlenememiş olmasındandır. Bir diğer neden, yurtdışında yapılan çalışmalarda da olduğu gibi firma sahiplerinin doğru maliyet bilgilerini paylaşmamaları (rekabet unsuru) ve bu yüzden maliyet bileşeninin anket sorularından değil derleme yöntemlerle elde edilebilecek olmasındandır. Yurtdışındaki pek çok çalışma incelendiğinde, maliyet ve süre bileşenlerinin mutlaka modelleme çalışmalarının ana bileşeni olarak yer aldığı görülmektedir [131]. Bunun istisnalarının, yani maliyet ve süre değişkeni bulunmaksızın yapılan modelleme çalışmalarının sayısı yok denecek kadar azdır [132]. İSTLAP anketinde doğrudan bir maliyet sorusu yoktur ancak maliyete ilişkin bir kriter ağırlıklandırması altbaşlığı mevcuttur.

Burada 1-9 Saaty ölçeğine⁴ [133] göre çeşitli maliyet kalemlerinin derecelendirilmesi yapılmıştır [127]. Tablo 4.3'te literatürde yaygın olarak ele alınan maliyet altbaşlıkları açıklanmıştır.

³Pek çok yazılım, varyans-kovaryans matrisi hataları üzerinden optimizasyon yapar. Varyans matrisini hesaplamak için Alman matematikçi Ludwig Hesse'nin adıyla anılan Hessian matrisinin ters çevrilebilir olması gerekir ancak bazı veri seti ve model kombinasyonları için ters çevrilebilir Hessian'lar mevcut değildir ve bu nedenle istatistiksel prosedürler esnasında bu tip hatalar alınabilir [130].

⁴1977 yılında Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli bir karar verme yöntemi olan analitik hiyerarşi sürecinde kullanılan, 1-9 arasında puanlamalar içeren ve çeşitli kriterlerin birbirine göre olan üstünlüğüne dayanan karar verme ölçeğidir.

Tablo 4.3 Literatürde ana bileşenleri ile lojistik maliyetler [131]

Kategori	Taşıma Maliyetleri	Depolama Maliyetleri	Sipariş ve Elleçleme Maliyetleri	Risk Maliyetleri
Ana maliyet bileşenleri	Sürücü	Sabit maliyet	Elleçleme maliyeti	Stokdışı maliyeti
	Yakıt	Yapı ve ekipman maliyeti	Alma ve paketleme (pick and package)	Kayıp-zarar maliyeti
	Taşıt	Yer maliyeti	Sipariş maliyeti	Bozulma maliyeti
	Altyapı kullanımı	Enerji maliyeti	Sipariş süreç maliyeti	Eskime maliyeti
	Taşıma boyunca sabit maliyetler			

4.5 Tanımlayıcı İstatistikler ve Verinin Detaylı Analizi

Verinin incelenmesi kapsamında eldeki büyük SPSS dosyası muhtelif parçalara ayrılmış ve özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Veri dosyası incelendiğinde İstanbul'un özelliklerine göre 573 adet TAB'a ayrıldığı, bu 573 TAB'dan kent içine, ülkenin farklı şehirlerine ve yurtdışındaki farklı ülkelere mal gönderimi yapıldığı görülmüştür. Ayrık modellemenin bir gereği olarak verinin detaylı olarak ele alınması ve çeşitli özelliklerine göre ayrıştırılması gereği doğmuştur. Verinin ilk sınıflaması seferin yönüne göre yapılmıştır. Ayıklanan 152.488 farklı sevkiyattan 53.596 tanesi gidiş yönünde, 98.892 tanesi ise geliş yönündedir. Tez kapsamında öncelikle gidiş yönündeki 53.596 sevkiyatın incelenmesi düşünülmüşse de, kullanılacak verilerin niteliği göndericiye değil "mala" ait olduğundan, tersi istikamette bir gönderi incelemesi olarak 98.892 verinin de incelemeye dahil edilebileceği görülmüştür. Söz konusu sevkiyatların hangi günlerde yapıldığı incelenecek olursa, Tablo 4.4'teki dağılım ortaya çıkmaktadır. Bu dağılımlara göre mal gönderimi çok büyük oranda pazartesi günleri yapılmaktadır.

Tablo 4.4 Gönderilen/gelen yüklerin günlere göre dağılımı

Günler	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Toplam
Gidiş Yönü	46.370 (%86,52)	4.120 (%7,69)	778 (%1,45)	801 (%1,49)	757 (%1,41)	554 (%1,03)	216 (%0,40)	53.596 (%100)
Geliş Yönü	90.914 (%91,93)	7.240 (%7,32)	181 (%0,18)	247 (%0,25)	174 (%0,18)	99 (%0,10)	37 (%0,04)	98.892 (%100)
Toplam	137.284 (%90,03)	11.360 (%7,45)	959 (%0,63)	1.048 (%0,69)	931 (%0,61)	653 (%0,43)	253 (%0,17)	152.488 (%100)

Söz konusu yüklerin gönderildiği taşıtların, firmalara ait olup olmadığı incelendiğinde Tablo 4.5'teki dağılım ortaya çıkmaktadır. Bu dağılıma göre firmaların mal gönderenlerinin %58,55'i taşıtın sahibidir, mal getirenlerin ise %19,98'i taşıtların sahibidir.

Tablo 4.5 Gidiş/geliş yapılan taşıtların sahiplik durumuna göre dağılımı

Yön	Öz mal	Dış Kaynak	Veri Yok	Toplam
Gidiş Yönü	31.379 (%58,55)	21.927 (%40,91)	290 (%0,54)	53.596 (%100)
Geliş Yönü	19.763 (%19,98)	78.697 (%79,58)	432 (%0,44)	98.892 (%100)
Toplam	51.142 (%33,54)	100.624 (%65,99)	722 (%0,47)	152.488 (%100)

Gönderilen ve gelen yüklerin gönderim yerlerine göre dağılımları incelendiğinde Tablo 4.6'daki durum ortaya çıkmaktadır ve yükün %81,67'si TAB'lara dağılmaktadır.

Tablo 4.6 Gönderilen/gelen yüklerin gönderim yerlerine göre dağılımı

Yön	Kent İçi (TAB'lara)	Kent İçi (İlçe Merkezlerine)	Kentlerarası	Uluslararası	Toplam
Gidiş Yönü	41.917 (%78,21)	1.922 (%3,59)	8.173 (%15,25)	1.584 (%2,96)	53596 (%100)
Geliş Yönü	82.620 (%83,55)	3.356 (%3,39)	11.192 (%11,32)	1.724 (%1,74)	98.892 (%100)
Toplam	124.537 (%81,67)	5.278 (%3,46)	19.365 (%12,70)	3.308 (%2,17)	152.488 (%100)

Gönderilen ve gelen yüklerin kullanılan taşıtlara göre dağılımları incelendiğinde Tablo 4.7'deki durum ortaya çıkmaktadır ve %37,59'u kamyonet ve pikapla taşınmaktadır.

Tablo 4.7 Gönderilen/ gelen yüklerin kullanılan taşıtlara göre dağılımı

Taşıt Türü	Çekici	Kırkayak	Kamyon (3 dingilli)	Kamyon (2 dingilli)	Kamyonet+ Pikap	Panelvan	Minivan	Motosiklet+ Triportör	Toplam
Gidiş Yönü	6.149 (%11,47)	693 (%1,29)	3.653 (%6,82)	6.214 (%11,59)	18.392 (%34,32)	11.838 (%22,09)	5.715 (%10,66)	942 (%1,76)	53.596 (%100)
Geliş Yönü	5.060 (%5,12)	611 (%0,62)	3.649 (%3,69)	8.899 (%9,00)	38.934 (%39,37)	25.614 (%25,90)	15.152 (%15,32)	973 (%0,98)	98.892 (%100)
Toplam	11.209 (%7,35)	1.304 (%0,86)	7.302 (%4,79)	15.113 (%9,91)	57.326 (%37,59)	37.452 (%24,56)	20.867 (%13,68)	1.915 (%1,26)	152.488 (%100)

Gönderilen/gelen yükler, NACE kodlarına göre değil İSTLAP Raporunda sınıflandırıldıkları biçimde 27 ayrı yük grubunda incelenmiş [127] ve 10 ayrı gruba

birleştirilmiştir. Yapılan birleştirme Tablo 4.8’de görülmektedir. Bu birleştirme işlemine göre, benzer özellikler gösteren ürünler benzer sınıflarda birleştirilmiştir.

Tablo 4.8 Gönderilen/ gelen yüklerin yük türlerine göre birleştirilmesi

10 Gruba Birleştirilmiş Yük Türleri	27 Yük Türü
1-Orman ve kağıt ürünleri	Orman ürünleri
	Kereste, ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç), hasır ve örme malzemesinden ürünler
	Kağıt ve kağıt ürünleri (kitap, mukavva, peçete vb.)
2-Balık ve su ürünleri, gıda ürünleri, işlenmiş tütün ürünleri	Tarım ve avcılık ürünleri
	Balık ve diğer balıkçılık ürünleri
	Gıda ürünleri ve içecekler
	İşlenmiş tütün ve sigara ürünleri
3-Diğer metalik olmayan mineral ürünler	Taş kömürü ve linyit kömürü
	Ham petrol ve doğalgaz
	Metal cevherleri
	Taş ocaklığı, kum ve killi (mermer, granit, çakıl, kum, kil ve kaolin, turba, tuz)
	Kok ve rafine petrol ürünleri
	Diğer metalik olmayan mineral ürünler
4-Tekstil, giyim eşyası, deri ve ilgili ürünler	Tekstil, giyim eşyası, deri ve ilgili ürünler
5-Kimyasallar ve kimyasal ürünler	Temel eczacılık ürünleri ve müstahzarları
	Kimyasallar ve kimyasal ürünler
6-Kauçuk ve plastik ürünler	Kauçuk ve plastik ürünler
7-Ana metaller, fabrikasyon metal ürünleri	Ana metaller
	Fabrikasyon metal ürünler, makine ve ekipmanlar hariç
	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipmanlar
	Motorlu kara taşıtları, treyler ve yarı treyler
	Diğer ulaşım araçları
8-Bilgisayarlar ile elektronik ve optik ürünler	Bilgisayarlar ile elektronik ve optik ürünler
	Elektrikli teçhizat
9-Mobilya	Mobilya
10-Diğer mamul eşyalar	Diğer mamul eşyalar
	Diğer

Ayrıca ankette yer alan 61 farklı taşıt 5 farklı taşıt türü olacak şekilde birleştirilmiştir. Hangi taşıtın hangi gruba ait olduğu Tablo 4.9’da gösterilmiştir.

Tablo 4.9 Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi

Kodu	Tanımı	Birleştirildiği Grup
11	Çekici/TIR (Açık)	TIR
12	Çekici/TIR (Kapalı/Tenteli)	TIR
13	Çekici/TIR (Sal Kasa)	TIR
14	Çekici/TIR (Damper)	TIR

Tablo 4.9 Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi

Kodu	Tanımı	Birleştirildiği Grup
15	ekici/TIR (Tanker/Mikser)	TIR
16	ekici/TIR (Frigorifik)	TIR
17	ekici/TIR (Konteyner)	TIR
18	ekici/TIR (Silobas)	TIR
19	ekici/TIR (Oto Taşıyıcı)	TIR
21	Kırkayak yarı römork (Açık)	TIR
22	Kırkayak yarı römork (Kapalı/Tenteli)	TIR
23	Kırkayak yarı römork (Sal Kasa)	TIR
24	Kırkayak yarı römork (Damper)	TIR
25	Kırkayak yarı römork (Tanker/Mikser)	TIR
26	Kırkayak yarı römork (Frigorifik)	TIR
27	Kırkayak yarı römork (Konteyner)	TIR
28	Kırkayak yarı römork (Silobas)	TIR
29	Kırkayak yarı römork (Oto Taşıyıcı)	TIR
31	Kırkayak sabit kasa (Açık)	TIR
32	Kırkayak sabit kasa (Kapalı/Tenteli)	TIR
33	Kırkayak sabit kasa (Sal Kasa)	TIR
34	Kırkayak sabit kasa (Damper)	TIR
35	Kırkayak sabit kasa (Tanker/Mikser)	TIR
36	Kırkayak sabit kasa (Frigorifik)	TIR
37	Kırkayak sabit kasa (Konteyner)	TIR
38	Kırkayak sabit kasa (Silobas)	TIR
39	Kırkayak sabit kasa (Oto Taşıyıcı)	TIR
41	Kamyon 3 dingil/10 (Açık)	KAMYON
42	Kamyon 3 dingil/10 (Kapalı/Tenteli)	KAMYON
43	Kamyon 3 dingil/10 (Sal Kasa)	KAMYON
44	Kamyon 3 dingil/10 (Damper)	KAMYON
45	Kamyon 3 dingil/10 (Tanker/Mikser)	KAMYON
46	Kamyon 3 dingil/10 (Frigorifik)	KAMYON
47	Kamyon 3 dingil/10 (Konteyner)	KAMYON
48	Kamyon 3 dingil/10 (Silobas)	KAMYON
49	Kamyon 3 dingil/10 (Oto Taşıyıcı)	KAMYON
51	Kamyon 3 dingil/8 (Açık)	KAMYON
52	Kamyon 3 dingil/8 (Kapalı/Tenteli)	KAMYON
53	Kamyon 3 dingil/8 (Sal Kasa)	KAMYON

Tablo 4.9 Yük taşıtları için yapılan isim birleştirmesi

Kodu	Tanımı	Birleştirildiği Grup
54	Kamyon 3 dingil/8 (Damper)	KAMYON
55	Kamyon 3 dingil/8 (Tanker/Mikser)	KAMYON
56	Kamyon 3 dingil/8 (Frigorifik)	KAMYON
57	Kamyon 3 dingil/8 (Konteyner)	KAMYON
58	Kamyon 3 dingil/8 (Silobas)	KAMYON
59	Kamyon 3 dingil/8 (Oto Taşıyıcı)	KAMYON
61	Kamyon 2 dingil (Açık)	KAMYON
62	Kamyon 2 dingil (Kapalı/Tenteli)	KAMYON
63	Kamyon 2 dingil (Sal Kasa)	KAMYON
64	Kamyon 2 dingil (Damper)	KAMYON
65	Kamyon 2 dingil (Tanker/Mikser)	KAMYON
66	Kamyon 2 dingil (Frigorifik)	KAMYON
68	Kamyon 2 dingil (Silobas)	KAMYON
69	Kamyon 2 dingil (Oto Taşıyıcı)	KAMYON
71	Kamyonet/Pikap (Açık)	KAMYONET
72	Kamyonet/Pikap (Kapalı/Tenteli)	KAMYONET
73	Kamyonet/Pikap (Sal Kasa)	KAMYONET
75	Kamyonet/Pikap (Tanker/Mikser)	KAMYONET
76	Kamyonet/Pikap (Frigorifik)	KAMYONET
81	Panelvan	PANELVAN
91	Minivan	PANELVAN
101	Motosiklet/Triportör	MOTORSİKLET

Yük taşıtları için isim birleştirmesi yapılırken, çekici ve kırkayaklar bir tür (tır), iki ve üç dingilli kamyonlar bir tür (kamyon), panelvan ve minivan bir tür (panelvan) olacak şekilde birleştirme yapılmış; kamyonet ve motosiklet türleri ise ayrıca muhafaza edilmiştir.

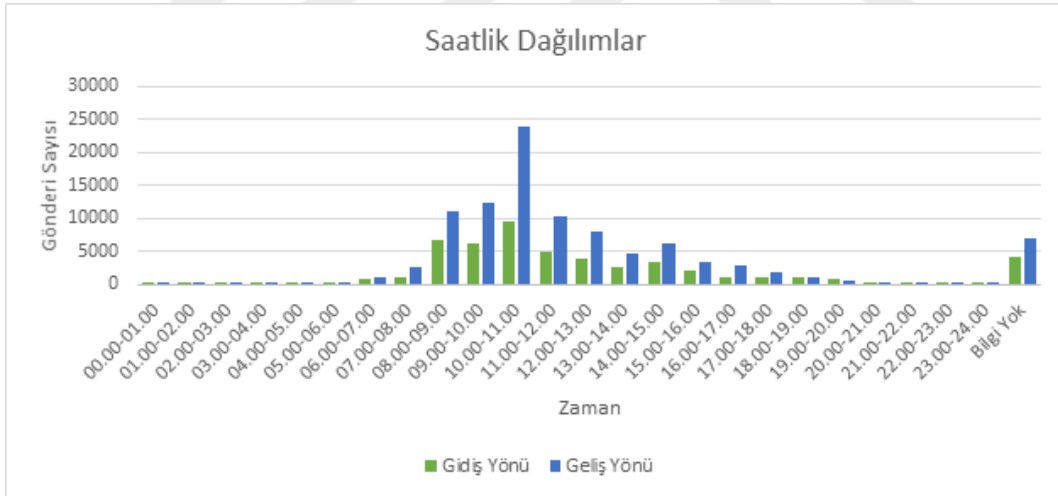
Gönderilen/gelen yüklerin birleştirilmiş 10'lu yk grubuna göre dağılımları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Gönderilen/gelen yüklerin yük gruplarına göre dağılımı

Yük Türü	Gidiş		Geliş		Toplam	
Yük Türü 1	5.143	%9,60	6.635	%6,71	11.778	%7,72
Yük Türü 2	8.719	%16,27	39.760	%40,21	48.479	%31,79
Yük Türü 3	3.878	%7,24	3.546	%3,59	7.424	%4,87
Yük Türü 4	5.591	%10,43	9.955	%10,07	15.546	%10,19
Yük Türü 5	1.884	%3,52	7.971	%8,06	9.855	%6,46
Yük Türü 6	2.785	%5,20	2.987	%3,02	5.772	%3,79
Yük Türü 7	5.204	%9,71	6.237	%6,31	11.441	%7,50
Yük Türü 8	2.510	%4,68	4.395	%4,44	6.905	%4,53
Yük Türü 9	2.092	%3,90	2.312	%2,34	4.404	%2,89
Yük Türü 10	14.770	%27,56	13.737	%13,89	28.507	%18,69
Bilgi Yok	1.020	%1,90	1.357	%1,37	2.377	%1,56
Toplam	53.596	%100,00	98.892	%100,00	152.488	%100,00

Gönderilen/gelen yüklerin günün zamanına göre dağılımları Tablo 4.11’de verilmiştir.

Bu dağılımlara göre en yüksek miktarda yük çıkışı/girişi saat 10.00-11.00 aralığında gerçekleşmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Gönderilen/gelen yüklerin günün saatlerine göre dağılım grafiği

Tablo 4.11 Gönderilen/gelen yüklerin günün zamanına göre dağılımı

Saatler	Gidiş Yönü		Geliş Yönü		Toplam	
00.00-01.00	84	%0,16	111	%0,11	195	%0,13
01.00-02.00	225	%0,42	164	%0,17	389	%0,26
02.00-03.00	279	%0,52	151	%0,15	430	%0,28
03.00-04.00	289	%0,54	170	%0,17	459	%0,30
04.00-05.00	200	%0,37	175	%0,18	375	%0,25
05.00-06.00	437	%0,82	320	%0,32	757	%0,50
06.00-07.00	782	%1,46	985	%1,00	1.767	%1,16
07.00-08.00	1.211	%2,26	2.619	%2,65	3.830	%2,51
08.00-09.00	6.698	%12,50	11.163	%11,29	17.861	%11,71
09.00-10.00	6.366	%11,88	12.294	%12,43	18.660	%12,24
10.00-11.00	9.576	%17,87	24.040	%24,31	33.616	%22,05
11.00-12.00	5.025	%9,38	10.342	%10,46	15.367	%10,08
12.00-13.00	3.967	%7,40	8.166	%8,26	12.133	%7,96
13.00-14.00	2.599	%4,85	4.669	%4,72	7.268	%4,77
14.00-15.00	3.326	%6,21	6.194	%6,26	9.520	%6,24
15.00-16.00	2.250	%4,20	3.364	%3,40	5.614	%3,68
16.00-17.00	2.216	%4,13	2.865	%2,90	5.081	%3,33
17.00-18.00	1.206	%2,25	1.924	%1,95	3.130	%2,05
18.00-19.00	1.077	%2,01	1.102	%1,11	2.179	%1,43
19.00-20.00	876	%1,63	493	%0,50	1.369	%0,90
20.00-21.00	171	%0,32	213	%0,22	384	%0,25
21.00-22.00	110	%0,21	101	%0,10	211	%0,14
22.00-23.00	168	%0,31	140	%0,14	308	%0,20
23.00-24.00	183	%0,34	123	%0,12	306	%0,20
Bilgi Yok	4.275	%7,98	7.004	%7,08	11.279	%7,40
Toplam	53.596	%100,00	98.892	%100,00	152.488	%100,00

Gönderilen/gelen yüklerin ambalaj tipine göre dağılımları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Gönderilen/gelen yüklerin ambalaj tipine göre dağılımı

Ambalaj Tipi	Gidiş Yönü		Geliş Yönü		Toplam	
Sıvı Dökme Yük	537	%1,00	488	%0,49	1.025	%0,67
Varil, Bidon	768	%1,43	928	%0,94	1.696	%1,11
Kuru Dökme Yük	3.430	%6,40	3.852	%3,90	7.282	%4,78
Paletli Yük	7.249	%13,53	6.440	%6,51	13.689	%8,98
Kolili Yük	18.653	%34,80	41.807	%42,28	60.460	%39,65
Kasalı Yük	4.047	%7,55	11.160	%11,29	15.207	%9,97
Konteyner Yüğü	447	%0,83	293	%0,30	740	%0,49
Big Bag, Çuval	2.804	%5,23	6.229	%6,30	9.033	%5,92
Balya	1.114	%2,08	788	%0,80	1.902	%1,25
Sehpa	153	%0,29	197	%0,20	350	%0,23
Sandık	309	%0,58	271	%0,27	580	%0,38
Askılı Yük	226	%0,42	669	%0,68	895	%0,59
Rulo Yük	719	%1,34	1.678	%1,70	2.397	%1,57
Karışık Yük	10.106	%18,86	17.766	%17,97	27.872	%18,28
Bilgi Yok	3.034	%5,66	6.326	%6,40	9.360	%6,14
Toplam	53.596	%100,00	98.892	%100,00	152.488	%100,00

4.6 Maliyet Fonksiyonlarının Elde Edilmesi

Maliyet fonksiyonları elde edilirken Transtool Raporundan [131] faydalanılmış ve hangi maliyetlerin kullanılacağına karar verilmiştir. Buna göre yük taşımacılığında toplam taşıma maliyeti,

Toplam taşıma maliyeti= Lastik maliyeti+ Amortisman maliyeti+ İşçilik maliyeti+ Yükleme ve boşaltma maliyetleri+ Tamir ve bakım maliyetleri+ Yakıt maliyeti

biçiminde hesaplanır.

Burada taşıma maliyeti her taşıt türüne göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Taşıma maliyetlerine ait sabit ve değişken kalemler Tablo 4.13’te görülmektedir.

Tablo 4.13 Sabit ve değişken taşıma maliyetleri

	Zamana Bağlı Maliyetler	Mesafeye Bağlı Maliyetler
Sabit Maliyetler	Amortisman	Tamir ve Bakım Maliyetleri
	Sigorta	
	Diğer	
Değişken Maliyetler	İşçilik Maliyeti	Yakıt Maliyeti

Yakıt ve lastik maliyetleri çeşitli kaynaklara [131, 134–136] ve MAN yöneticileri ile yapılan görüşmelere göre [137] hesaplanmıştır. Amortisman hesabı, ticari taşıtın

kullanım ömrünün 7 yıl olduğu kabulü ile yapılmıştır. Her taşıt grubu için bir liste fiyatı [138] kullanılmış, bu liste fiyatı üzerinden 7 yıllık hizmet süresine göre amortisman maliyeti hesaplanmıştır. Amortisman maliyeti hesaplanırken, liste fiyatı 7 yıl, 365 gün ve 24 saat çalışacak biçimde bölünerek saatlik amortisman bedeli bulunmuştur (Denklem 4.1).

$$Amortisman\ Maliyeti = \frac{Liste\ Fiyatı}{7 * 365 * 24} \quad (4.1)$$

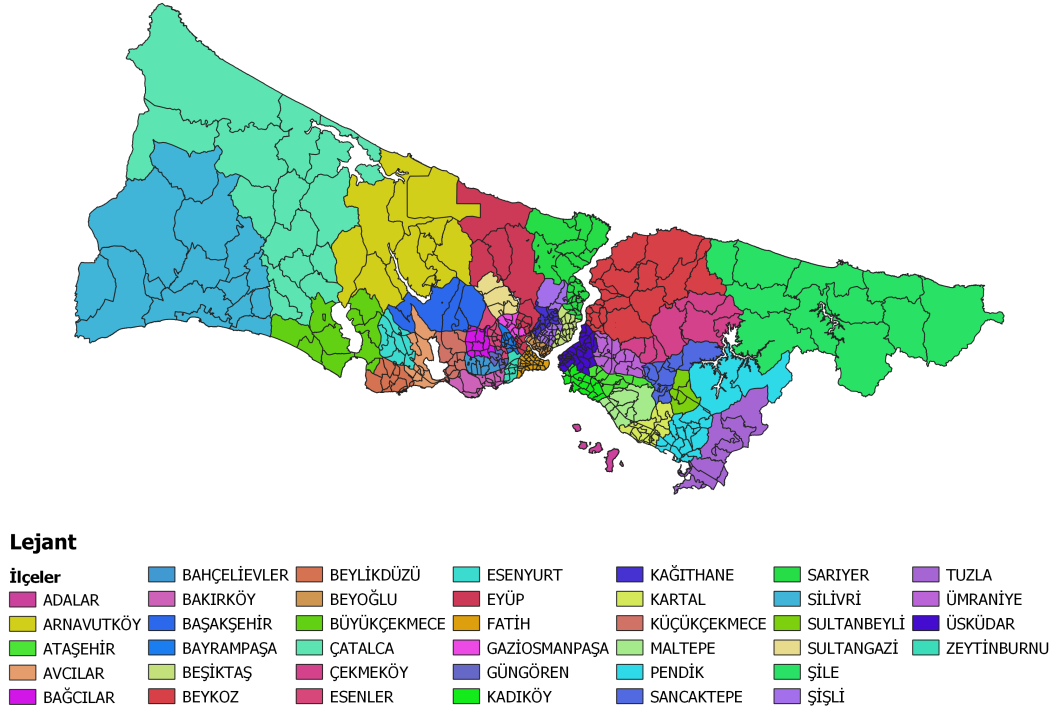
Sigorta maliyetleri değişkenliği nedeniyle hesaplamanın dışında tutulmuştur. İşçilik maliyeti kaba beden işçisi birim maaşı ile çalışma süreleri çarpılarak hesaplanmıştır (Denklem 4.2).

$$Işçilik\ Maliyeti = \frac{Asgari\ Ücret}{4 * 45} * Tasima\ Süresi \quad (4.2)$$

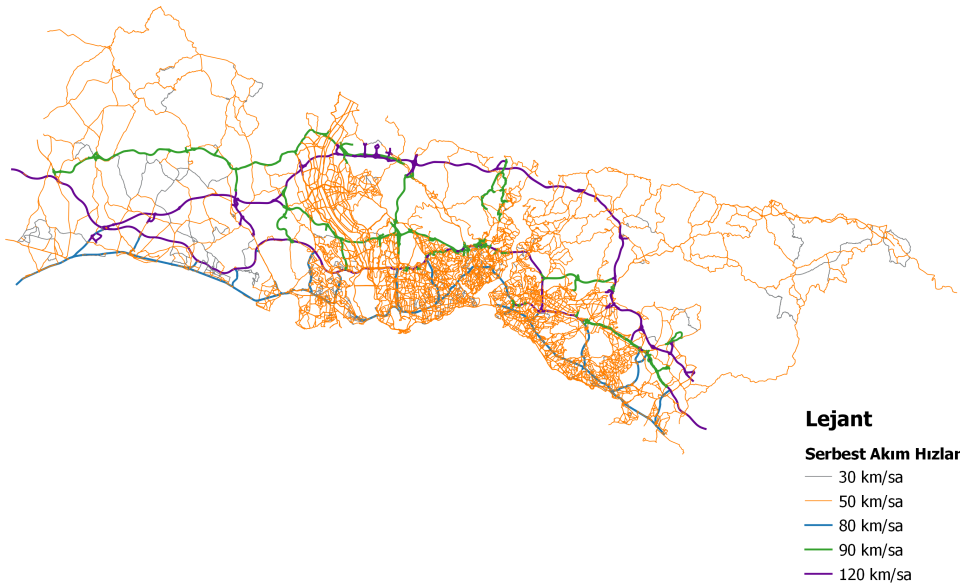
Burada, işçilik maliyeti, 2016 yılı brüt asgari ücretinin (1647 TL) haftalık çalışma saati olan 45'e (4*45) bölünmesiyle elde edilen saatlik ücretin taşıma süreleri ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır ve yükleme boşaltma maliyeti işçilik maliyetine eşit alınmıştır. Tamir ve bakım maliyetleri lastik maliyetinin iki katı alınmıştır.

4.7 Çalışma Alanının Tanıtılması ve Maliyet Verisinin Elde Edilmesi

Elde yalnızca iki tipte coğrafi veri mevcuttur. Bunlar TAB'lara ait verilerin yer aldığı zon.shp dosyası ve karayolu ağının yol özelliklerinin yer aldığı network.shp dosyasında bulunmaktadır. Taşıma maliyetlerinin en önemli kalemi olan yakıt maliyetlerinin hesaplanabilmesi için gönderim yapılan noktalar arasındaki en kısa mesafelerin ve yolculuk sürelerinin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verinin elde edilmesi amacı ile QGIS açık kaynak yazılımı kullanılmıştır. İstanbul'un 573 TAB'a ayrılmış haritası Şekil 4.6'da ve serbest akım hızlarına göre detaylandırılmış yol ağı da Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Öncelikle harita üzerindeki yol ağındaki düğüm noktalarının yani kavşakların (node) ataması yapılmış ve ardından yol ağı en yakında bir tane olacak biçimde TAB merkezlerine (centroid) bağlanmıştır.



Şekil 4.6 İstanbul'un 573 TAB'a ayrılmış haritası



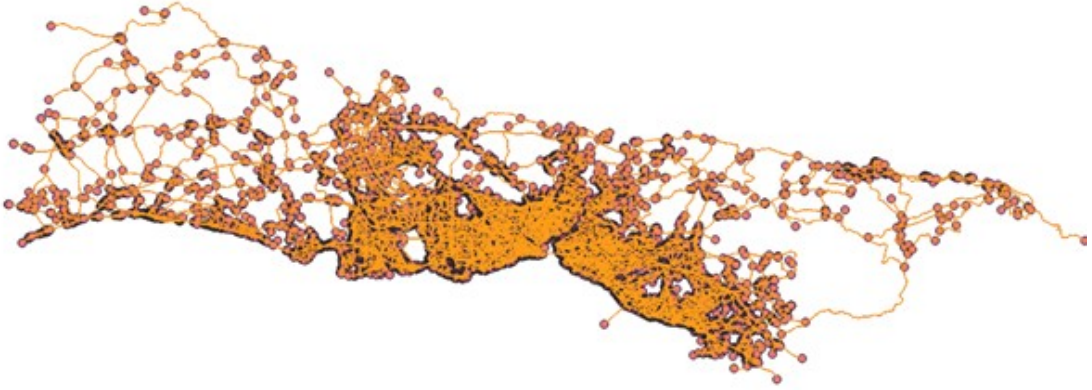
Şekil 4.7 İstanbul'un yol ağı haritası

Merkezlerin (centroidlerin) ve düğüm noktalarının yer aldığı haritalar Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

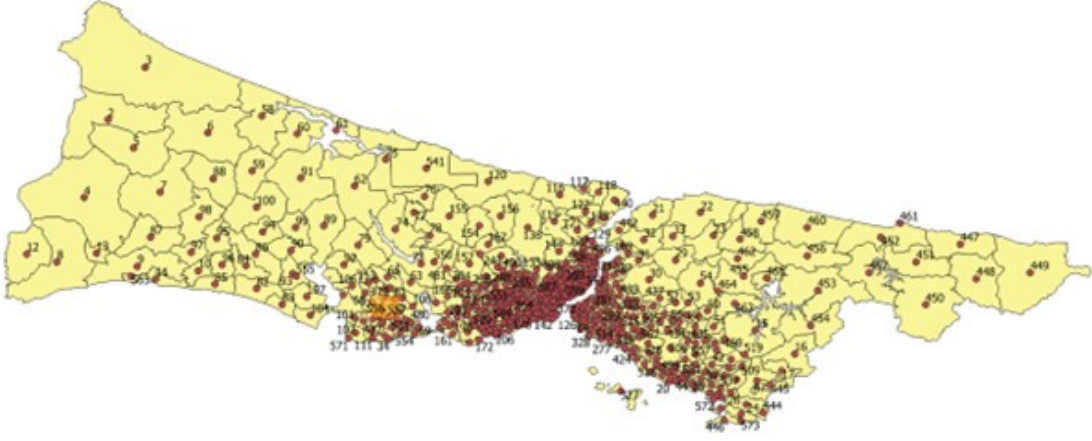
Taşıt türlerine göre çeşitli maliyet kalemleri Tablo 4.14’te verilmiştir.

Tablo 4.14 Taşıt türlerine göre sabit ve değişken taşıma maliyetleri

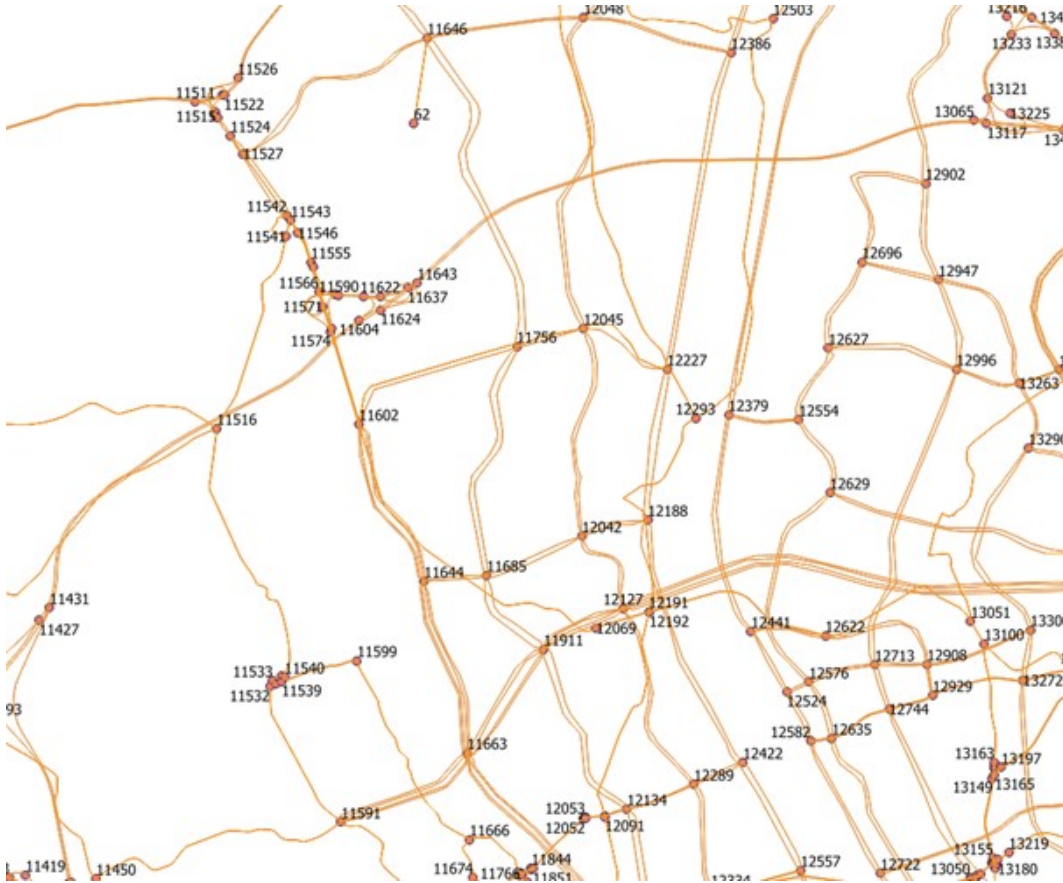
Taşıt Türü	Amortisman*	Tamir, Bakım ve Lastik Maliyeti**	Yakıt Maliyeti (litre/ 100 km)
Çekici	100000 \$	Lastik Maliyeti=20000 TL, Tamir Maliyeti ve Bakım Maliyeti	28,6
Kamyon	72000 \$	Lastik Maliyeti=18000 TL, Tamir Maliyeti ve Bakım Maliyeti	23,2
Kamyonet	25000 \$	Lastik Maliyeti=12000 TL, Tamir Maliyeti ve Bakım Maliyeti	15
Van/Panelvan	13000 \$	Lastik Maliyeti=7000 TL, Tamir Maliyeti ve Bakım Maliyeti	12,8
Motorsiklet	6000 \$	Lastik Maliyeti=2000 TL, Tamir Maliyeti ve Bakım Maliyeti	3,5
*Her taşıt türü için amortisman ömrü 7 yıl olarak hesaplanmıştır.			
** Tamir maliyeti, bakım maliyetine eşittir ve her ikisi de lastik maliyetinin 2 katına eşit alınmıştır. Lastiklerin 300.000 km’de değiştiği kabul edilmiştir.			



Şekil 4.8 Yol ağı üzerine yerleştirilen düğüm noktalarının haritası



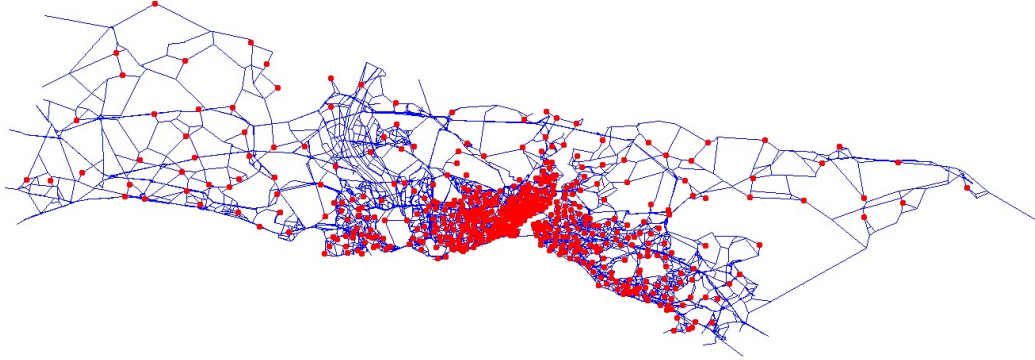
Şekil 4.9 Düğüm noktalarının birleştirildiği merkezlerin haritası



Şekil 4.10 Düğüm noktalarının ve merkezlerin yakından görünüşü

Düğüm noktalarının ve merkezlerin yakından gösterildiği bir görünüş Şekil 4.10'da yer almaktadır. Her ne kadar TAB'lar arasındaki taşıma mesafelerinin QGIS ile hesaplanması denenmişse de, QGIS'in yalnızca kuş uçuşu (planar) analizlere izin vermesi sebebiyle mevcut haritalar Bentley yazılımlarından bir program olan CUBE'a taşınmış, yol ağının koordinat düzeltmeleri tekrar yapılmış ve merkezlere ait birtakım sorunlar düzeltilmiş, neticede CUBE yazılımında 573x573

lük bir matris halinde TAB'lar arası en kısa taşıma mesafeleri elde edilebilmiştir. Yazılım bunu kavşakları ve yönleri göz önüne alarak haritaya bağlı tabanda gerçekleştirmektedir. Bu ağ, noktasal koordinatlar arasındaki uzunluklara göre oluşturulmuştur. CUBE yazılımındaki ağın görünüşü ve elde edilen mesafe matrisine ait bir parça sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de yer almaktadır.

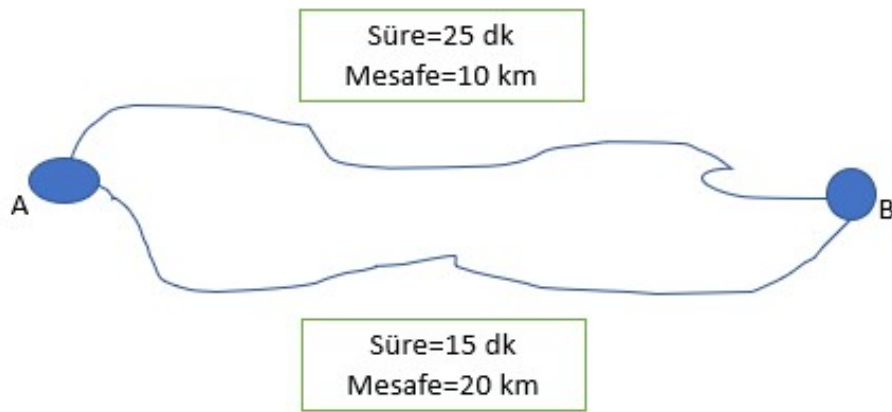


Şekil 4.11 CUBE yazılımındaki ağın görünüşü

	Sum	1	2	3	4	5	6	7
	26601236308.54	28528171.17	67342734.39	72368646.94	68884282.01	65903670.76	62888704.56	60297437.17
1	31181651.26	1572.44	83231.77	91537.54	89796.23	80869.55	74865.63	70986.23
2	68639681.86	80588.72	2613.05	20471.97	19326.62	5226.10	16152.21	32131.13
3	74503255.11	90730.42	20471.97	10235.99	39798.59	25698.07	29447.77	52603.11
4	66553594.92	77663.60	19326.62	39798.59	7050.26	14100.52	30065.06	14679.75
5	67308407.77	78226.50	5226.10	25698.07	14100.52	2613.05	15964.54	26905.04
6	64116433.27	72222.59	16152.21	29515.53	30065.06	15964.54	7921.85	30848.48
7	59035043.35	62983.85	32682.09	52118.87	30978.18	30319.87	24315.95	4236.12
8	65972686.43	77586.60	39975.09	60447.07	20854.11	34749.00	50713.53	32058.74
9	58273683.41	63614.90	33855.18	54327.15	23649.27	28629.08	41580.76	17853.77
10	52633895.48	53120.01	42953.53	63425.50	32747.62	37727.43	40582.26	21917.32
11	55374639.24	57818.01	47635.34	68107.32	37429.44	42409.25	48840.96	30176.01
12	68254983.46	81787.79	39914.36	60386.33	20587.74	34688.26	50652.80	33590.71
13	63852700.44	73838.39	31950.94	52422.91	18783.90	26724.84	42689.38	24034.59
14	27944762.04	23822.67	104188.41	113116.08	105149.40	101826.18	95822.27	92564.77
15	39720769.27	53462.80	131560.59	140258.96	134789.53	129198.37	123194.46	119707.65
16	45186747.28	63539.10	143159.75	151858.11	144865.82	140797.52	134793.61	131306.81
17	43618348.76	60576.13	140196.78	148895.14	141902.86	137834.56	131830.64	128343.84
18	40260855.37	53432.54	133798.27	142725.94	134759.26	131436.05	125432.13	122174.64
19	36497682.46	45794.84	126160.57	135088.25	127121.57	123798.35	117794.44	114536.94
20	34899031.56	42240.88	122606.61	131534.28	123567.60	120244.39	114240.47	110982.98

Şekil 4.12 CUBE yazılımında elde edilen mesafe matrisinin bir parçası (metre)

Tezin ilk aşamalarında yüklerin gönderildikleri yerlere, taşıt sahipliklerine ve taşıt türlerine göre sınıflandırılması ve bu biçimde modelleme denemelerine başlanması önerilmiş, süre ve maliyet bileşenleri henüz elde edilemediği için NLOGIT ile yapılan ilk modellemelerde Hessian matrisi hatası ve flat loglikelihood fonksiyon hatası alınmıştı. Süre ve maliyet değişkenleri de modelleme sürecine dahil edilerek bu tip hataların giderilmesi mümkün olabileceğinden (Bkz. Sayfa 61'deki 3 no'lu dipnot) yeni denemeler yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen ve ayıklanan yeni verilere göre model denemeleri yapılmaya başlanmıştır. Bunların öncesinde 2016/4-14 sayılı 14.07.2016 tarihli UKOME kararı gereğince, FSM ve Boğaziçi Köprüleri ile Avrasya Tünelinden ağır taşıt geçişi yasaklandığından, geliş ve gidiş yönleriyle birlikte toplam 6 adet yol bir kısıt kodu satırı yazılarak ağır taşıtlar için ağdan çıkarılmıştır. Bu işlem yapılırken, QGIS'te hazırlanan yeni altlıklar kullanılmıştır. Ardından süreler ve mesafeler CUBE'da yeniden hesaplanmıştır. Burada elde edilen dört matrisi Şekil 4.13 üzerinden örneklemek gerekirse;

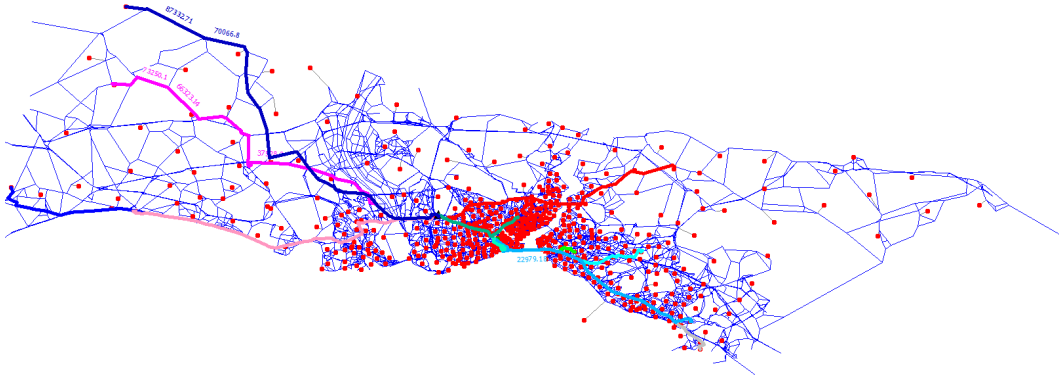


Şekil 4.13 CUBE yazılımında hesaplanan süre ve mesafeler

- 1-Mesafece en kısa yolun seçimi (10 km)
- 2-Mesafece en kısa yolun süresi (25 dk)
- 3-Sürece en kısa yolun seçimi (15 dk)
- 4-Sürece en kısa yolun mesafesi (20 km) dir.

Model denemelerinde kullanılanlar ilk iki ifadeye (mesafece en kısa yol ve mesafece en kısa yola ait süre) işaret eden matrislerdir.

Matrislerin elde edilmesinden sonra, rastgele noktalar seçilerek gözle kontroller yapılmış, Google Haritalar gibi diğer araçlar da kullanılarak süre ve mesafeler doğrulanmış ve sonuç olarak iki nokta arasındaki yol CUBE yazılımında görüntülenmiştir. Buna göre matrisin değerleri ve görseller birbiriyle tutarlıdır ve ağdaki yolların yönleri ve bağlantıları ile ilgili bir sorun bulunmamaktadır. Buna ilişkin görsel Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14 CUBE yazılımında iki nokta arasındaki mesafe kontrolleri

Bir güzergâh üzerindeki süreler elde edilirken, o güzergâha ait veri üzerinde İSTLAP projesi kapsamında halihazırda tanımlanmış olan serbest akım hızları kullanılmış, serbest akım hızının tanımlı olmadığı güzergâhlarda ise 50 km/sa hıza göre (yerleşim yeri içi yollardaki yasal hız sınırı) hesaplama yapılmıştır. TAB içi uzunluk ve süre hesapları ise o TAB'dan diğer TAB'lara gidişe ait en küçük süre ve mesafenin yarısına eşit alınmıştır.

Modelde taşıt türleri beş sınıf altında birleştirilmiştir (tır, kamyon, kamyonet, panelvan, motorsiklet). Her bir türe ilişkin özel sabitler, araç sahipliği, yük boyutu, süre, mesafe, tehlikeli kimyasal taşıma/taşımama, maliyet ve paketleme türü değişkenleri sırayla kullanılarak anlamlı değişkenlere ve yüksek ki kare değerlerine ulaşmak üzere 600'den fazla deneme yapılmıştır. Denemelere ait .txt ve .xls dosyası görüntüleri sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir.


```

NLOGIT ? Example-4
;lhs=cho,set,alt
;choices=tir,kam,net,pan,mot
;model:
U(tir)=ASCT+COSTT*COST/
U(kam)=ASCKM+COSTKM*COST/
U(net)=ASCN+COSTN*COST/
U(pan)=ASCP+COSTP*COST/
U(mot)=0$

NLOGIT ? Example-5
;lhs=cho,set,alt
;choices=tir,kam,net,pan,mot
;model:
U(tir)=ASCT/
U(kam)=ASCKM/
U(net)=ASCN+COSTN*COST/
U(pan)=ASCP+COSTP*COST/
U(mot)=0$

NLOGIT ? Example-6
;lhs=cho,set,alt
;choices=tir,kam,net,pan,mot
;model:
U(tir)=ASCT+SIZE*SIZE/
U(kam)=ASCKM+SIZE*SIZE/
U(net)=ASCN+COSTN*COST+SIZE*SIZE/
U(pan)=ASCP+COSTP*COST+SIZE*SIZE/
U(mot)=0$

NLOGIT ? Example-7
:lhs=cho.set.alt
St 41. Süt : 65.660 karakter

```

Şekil 4.15 Fayda fonksiyonlarının yazıldığı .txt dosyası görüntüsü

ID	ALT	SET	CHO	CO	SIZE	HAZ	INTRA	COST	DUR	DIS	PTA	PTB	PTC	PTD	PTE	PTF	PTG	PTH
246	1	5	0	1	1500	0	0	36,9153	1552,71	21270,57	0	0	0	1	0	0	0	0
246	2	5	0	1	1500	0	0	30,50452	1552,71	21270,57	0	0	0	1	0	0	0	0
246	3	5	1	1	1500	0	0	20,04547	1552,71	21270,57	0	0	0	1	0	0	0	0
246	4	5	0	1	1500	0	0	16,53104	1552,71	21270,57	0	0	0	1	0	0	0	0
246	5	5	0	1	1500	0	0	6,023419	1552,71	21270,57	0	0	0	1	0	0	0	0
260	1	5	0	0	50	0	0	173,218	4419,08	104673,4	0	0	0	1	0	0	0	0
260	2	5	0	0	50	0	0	142,8881	4419,08	104673,4	0	0	0	1	0	0	0	0
260	3	5	1	0	50	0	0	55,33743	3621,23	60016,18	0	0	0	1	0	0	0	0
260	4	5	0	0	50	0	0	45,54434	3621,23	60016,18	0	0	0	1	0	0	0	0
260	5	5	0	0	50	0	0	15,96827	3621,23	60016,18	0	0	0	1	0	0	0	0
261	1	5	0	0	100	0	0	173,218	4419,08	104673,4	0	0	0	0	0	0	0	0
261	2	5	0	0	100	0	0	142,8881	4419,08	104673,4	0	0	0	0	0	0	0	0
261	3	5	1	0	100	0	0	55,33743	3621,23	60016,18	0	0	0	0	0	0	0	0
261	4	5	0	0	100	0	0	45,54434	3621,23	60016,18	0	0	0	0	0	0	0	0
261	5	5	0	0	100	0	0	15,96827	3621,23	60016,18	0	0	0	0	0	0	0	0
390	1	5	0	0	1500	0	1	2,3398	97,22	1350,22	0	0	0	0	0	0	0	0
390	2	5	0	0	1500	0	1	1,933363	97,22	1350,22	0	0	0	0	0	0	0	0
390	3	5	1	0	1500	0	1	1,270292	97,22	1350,22	0	0	0	0	0	0	0	0
390	4	5	0	0	1500	0	1	1,047419	97,22	1350,22	0	0	0	0	0	0	0	0
390	5	5	0	0	1500	0	1	0,38054	97,22	1350,22	0	0	0	0	0	0	0	0
535	1	5	0	1	1500	0	0	16,58038	648,12	9637,23	0	0	0	1	0	0	0	0
535	2	5	0	1	1500	0	0	13,69673	648,12	9637,23	0	0	0	1	0	0	0	0
535	3	5	1	1	1500	0	0	8,993097	648,12	9637,23	0	0	0	1	0	0	0	0
535	4	5	0	1	1500	0	0	7,409755	648,12	9637,23	0	0	0	1	0	0	0	0
535	5	5	0	1	1500	0	0	2,654216	648,12	9637,23	0	0	0	1	0	0	0	0

Şekil 4.16 NLOGIT yazılımında kullanılan nlogitfile.xls dosyası görünüşü

5

KURULAN YÜK TAŞIMACILIĞI TERCİH MODELLERİ

Bu bölümde, öncelikle her bir yük grubu için birim dönüşümü tamamlanan (kg'ye dönüştürülebilen) gözlem sayıları listelenmiş, ardından modellerde kullanılan değişkenler açıklanmıştır. Bu değişkenlerin açıklanmasından sonra, her bir yük grubu için iki ortak yapıya dayanarak çok değişkenli lojit modeller kurulmuş ve ortak değerlendirmeler yapılmıştır. Ardından, üç farklı yük türü için, RU2 normalleştirmesine dayalı bir ortak yuvalı lojit modeli tahmin edilmiş ve değerlendirmelerde bulunulmuştur. Son olarak, çok değişkenli lojit modellerde yük boyutu ve maliyet değişkenleri için iki basit senaryo analizi irdelenmiş ve modellerin bu değişkenlerin değişimine verdiği tepkiler incelenmiştir.

5.1 Gözlem Sayıları

Modeller kapsamında ele alınabilecek gözlemlerin sayısı 46.808 satırlık veri olmuştur. Yük türü 2 ve Yük türü 10 en kalabalık iki grubunu (model kapsamına alınan verinin %46,20'sini oluşturmaktadır. Veri işlenirken modellemeye uygun olarak görünen, kilogram, ton ve metreküp birimindeki veriler seçilmiştir. Bu nedenle kullanılan veri 152.488'den 46.808' düşmüştür. Buna ilişkin dağılım Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Tüm veriye ve modelde kullanılan veriye ilişkin dağılımlar

Yük Türü	Tüm Veri Gözlem Sayısı	Tüm Veri İçindeki Dağılım (152488)	Model Gözlem Sayısı	Modelde Kullanılan Veri İçerisindeki Dağılım (46808)
Yük Türü 1	11.778	7,72%	4.443	9,49%
Yük Türü 2	48.479	31,79%	13.107	28,00%
Yük Türü 3	7.424	4,87%	3.642	7,78%
Yük Türü 4	15.546	10,19%	4.716	10,08%
Yük Türü 5	9.855	6,46%	1.941	4,15%
Yük Türü 6	5.772	3,79%	2.542	5,43%
Yük Türü 7	11.441	7,50%	4.951	10,58%
Yük Türü 8	6.905	4,53%	1.545	3,30%
Yük Türü 9	4.404	2,89%	1.404	3,00%
Yük Türü 10	28.507	18,69%	8.517	18,20%
Bilgi Yok	2.377	1,56%	—	—

Tablo 5.2, hangi yük türünün hangi sınıfa ait olduğunu ve kullanılan nihai gözlem sayılarının dağılımını göstermektedir.

Tablo 5.2 Modelde kullanılan gözlem sayıları

Yük Türü	Yük İçeriği	Seçilen Araç Tipi					Toplam Gözlem Sayısı	Tanım
		Çekici Gözlem Sayısı	Kamyon Gözlem Sayısı	Kamyonet Gözlem Sayısı	Panelvan Gözlem Sayısı	Motosiklet Gözlem Sayısı		
Yük Türü 1	Orman ve kağıt ürünleri	145	1.041	1.785	1.454	18	4.443	Orman ürünleri, kereste, ağaç ve mantar ürünleri (mobilya hariç), hasır ve örme malzemesinden ürünler
Yük Türü 2	Balık ve deniz ürünleri, gıda ürünleri, rafine tütün ürünleri	294	1.720	5.666	5.216	211	13.107	Balık ve diğer balıkçılık ürünleri, gıda ürünleri ve içecekleri, rafine tütün ve sigara ürünleri
Yük Türü 3	Metallik olmayan mineral ürünler	1.206	932	1.041	462	1	3.642	Ocak kömürü ve linyit kömürü, ham petrol ve doğal gaz, rafine edilmiş petrol ürünleri, metal cevherleri, mermer, granit, çakıl, kum, kil, kaolin, turba, tuz, koklaşabilir taş kömürü, diğer metalik olmayan mineral ürünler
Yük Türü 4	Tekstil, hazır giyim, deri ve ilgili ürünler	121	612	1.746	2.226	11	4.716	Tekstil, hazır giyim, deri ve ilgili ürünler
Yük Türü 5	Kimyasallar ve kimyasal ürünler	119	270	660	861	31	1.941	Temel eczacılık ürünleri ve müstahzarlar, kimyasallar ve kimyasal ürünler
Yük Türü 6	Kauçuk ve plastik ürünler	232	774	1.049	486	1	2.542	Kauçuk ve plastik ürünler
Yük Türü 7	Ana metaller, fabrikasyon metal ürünler	676	1.040	2.138	1.082	15	4.951	Ana metaller, fabrikasyon metal ürünler (makine ve teçhizat hariç), sınıflandırılmamış makine ve teçhizat, motorlu taşıtlar, römorklar ve yarı römorklar, diğer araçlar
Yük Türü 8	Bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler	48	106	663	712	16	1.545	Bilgisayarlar ve elektronik ve optik ürünler, elektrikli ekipman
Yük Türü 9	Mobilya	70	199	900	235	0	1.404	Mobilya
Yük Türü 10	Diğer üretilmiş ürünler	758	1.552	2.735	3.390	82	8.517	Diğerleri

5.2 Modellerde Kullanılan Değişkenler ve Yazılan Model Yapıları

Modellerde kullanılan değişkenler ve açıklamaları Tablo 5.3'te verilmiştir.

Değişkenler için hazırlanan korelasyon matrisi Tablo 5.4'te verilmiştir. Bu korelasyon matrisi, verilerin birbirleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için oluşturulmuş, aralarında %50'den daha fazla ilişki bulunan değişkenler aynı model içerisinde kullanılmamıştır.

Tablo 5.3 Değişkenler ve açıklamaları

Bağımsız Değişken Adı	Değişken Kısaltması	Açıklama
Araç Sahipliği	CO	1=Kendi Aracı Var 0=Kiralık araçla taşınıyor
Gönderi Boyutu	SIZE	Değer (kg)
Tehlikeli Madde Taşıma	HAZ	1=Var 0=Yok
TAB İçi Taşıma Durumu	INTRA	1=Var 0=Yok
Maliyet	COST	Değer (tl)
Süre	DUR	Değer(sn)
Mesafe	DIS	Değer(m)
Sıvı Dökme Yük Olma	PTA	1=Evet 0=Hayır
Varil/Bidon Olma	PTB	1=Evet 0=Hayır
Kuru Dökme Yük Olma	PTC	1=Evet 0=Hayır
Paletli Yük Olma	PTD	1=Evet 0=Hayır
Kolili Yük Olma	PTE	1=Evet 0=Hayır
Kasalı Yük Olma	PTF	1=Evet 0=Hayır
Konteynır Yüğü Olma	PTG	1=Evet 0=Hayır
Big Bag/Çuval Olma	PTH	1=Evet 0=Hayır
Balya Olma	PTI	1=Evet 0=Hayır
Sehpa Olma	PTJ	1=Evet 0=Hayır
Sandık Olma	PTK	1=Evet 0=Hayır
Askılı Yük Olma	PTL	1=Evet 0=Hayır
Rulo Yük Olma	PTM	1=Evet 0=Hayır
Karışık Yük Olma	PTN	1=Evet 0=Hayır
Yaka Değişimi	SC	1=Evet 0=Hayır
Avrupa Yakası İçi Taşıma	IES	1=Evet 0=Hayır
Mal Gönderen Zonun Alanı	SZA	Değer (metrekare)
Mal Gönderen Zonun Nüfusu	SZP	Değer (kişi)

Tablo 5.4 Değişkenler için yapılan korelasyon matrisi

	CO	SIZE	HAZ	INTRA	COST	DUR	DIST	PTA	PTB	PTC	PTD	PTE	PTF	PTG	PTH	PTI	PTJ	PTK	PTL	PTM	PTN	SC	IES	SZA	SZP
CO	1,000																								
SIZE	-0,043	1,000																							
HAZ	-0,025	-0,004	1,000																						
INTRA	0,036	-0,022	-0,019	1,000																					
COST	-0,005	0,031	0,029	-0,246	1,000																				
DUR	-0,007	0,039	0,036	-0,367	0,822	1,000																			
DIST	-0,005	0,038	0,036	-0,321	0,893	0,970	1,000																		
PTA	0,046	-0,003	0,031	-0,008	0,027	0,038	0,038	1,000																	
PTB	0,004	-0,006	0,142	-0,001	0,013	0,014	0,017	-0,011	1,000																
PTC	0,019	-0,009	-0,001	-0,023	0,060	0,091	0,082	-0,026	-0,033	1,000															
PTD	0,013	-0,015	-0,010	-0,031	0,079	0,110	0,106	-0,032	-0,040	-0,095	1,000														
PTE	-0,039	0,070	-0,003	-0,004	-0,026	-0,040	-0,038	-0,066	-0,083	-0,198	-0,240	1,000													
PTF	-0,002	-0,015	-0,026	0,063	-0,016	-0,020	-0,021	-0,024	-0,030	-0,073	-0,088	-0,183	1,000												
PTG	0,042	-0,001	0,017	0,005	0,015	0,017	0,019	-0,007	-0,009	-0,022	-0,027	-0,056	-0,021	1,000											
PTH	-0,048	-0,016	-0,005	0,001	-0,031	-0,038	-0,039	-0,027	-0,034	-0,081	-0,098	-0,203	-0,075	-0,023	1,000										
PTI	-0,042	-0,006	-0,011	-0,050	0,064	0,081	0,078	-0,015	-0,018	-0,044	-0,053	-0,110	-0,040	-0,012	-0,045	1,000									
PTJ	0,006	-0,003	-0,006	-0,012	0,002	0,002	0,002	-0,005	-0,007	-0,016	-0,019	-0,040	-0,015	-0,005	-0,016	-0,009	1,000								
PTK	0,012	-0,004	-0,007	-0,007	0,008	0,013	0,011	-0,006	-0,008	-0,019	-0,023	-0,047	-0,017	-0,005	-0,019	-0,010	-0,004	1,000							
PTL	-0,026	-0,004	-0,008	0,015	-0,012	-0,016	-0,016	-0,007	-0,009	-0,021	-0,026	-0,054	-0,020	-0,006	-0,022	-0,012	-0,004	-0,005	1,000						
PTM	-0,003	-0,007	-0,014	-0,011	-0,003	-0,002	-0,002	-0,012	-0,015	-0,036	-0,044	-0,090	-0,033	-0,010	-0,037	-0,020	-0,007	-0,009	-0,010	1,000					
PTN	0,051	-0,033	-0,008	0,026	-0,067	-0,094	-0,087	-0,057	-0,071	-0,171	-0,207	-0,429	-0,158	-0,048	-0,175	-0,095	-0,035	-0,041	-0,046	-0,078	1,000				
SC	-0,013	0,028	0,040	-0,158	0,611	0,698	0,733	0,006	0,020	0,026	0,052	-0,004	-0,008	0,015	-0,035	0,066	0,005	0,007	-0,011	-0,014	-0,049	1,000			
IES	-0,007	0,002	-0,021	0,048	-0,301	-0,327	-0,353	-0,019	-0,017	-0,110	0,009	0,013	-0,071	0,012	0,063	0,003	0,015	-0,021	-0,024	0,045	0,043	-0,559	1,000		
SZA	0,010	-0,004	0,029	-0,013	0,146	0,239	0,208	0,004	0,007	0,084	0,094	-0,055	0,005	0,004	-0,002	-0,035	0,003	0,009	-0,007	-0,005	-0,047	0,002	0,044	1,000	
SZP	-0,008	-0,041	0,009	0,093	-0,087	-0,122	-0,115	-0,006	0,034	0,002	-0,058	-0,015	0,001	-0,013	0,010	-0,031	-0,009	-0,012	0,000	-0,002	0,057	-0,064	0,038	-0,001	1,000

Modelleri bir arada değerlendirebilmek için birkaç farklı yük türünü aynı anda tek modelle açıklama gereksinimi doğmuştur. Bunun için çoklu yük grupları için ortak olarak iyi sonuçlar verecek tek bir model yazımı denenmiştir.

Bunun için iki farklı model sırasıyla Yük Türü 1-Yük Türü 2-Yük Türü 4-Yük Türü 10 ve Yük Türü 3-Yük Türü 6-Yük Türü 7 yük gruplarına uygulanmıştır. Yük Türü 8 (daha sonra yuvalı lojit modellerde ele alınacaktır), Yük Türü 5 grupları hiçbir şekilde ortak modellere dahil edilemediğinden (ortak modellerdeki değişken kombinasyonunda uygun şekilde çalışmamışlardır) ve Yük Türü 9 grubu da, verinin özelliklerinden dolayı alınan referans/temel model hatası nedeniyle sadece dört alternatifli olarak tahmin edilebildiğinden tez kapsamındaki birleştirme modellerinde yer almamıştır. Birleştirme modellerinden olan Model-1 için fayda fonksiyonları Denklem 5.1, Denklem 5.2, Denklem 5.3, Denklem 5.4 ve Denklem 5.5'te verilmiştir.

$$\begin{aligned}
 U_{(TIR)} = & \beta_{TIR} + \beta_1 \times SIZE + \beta_2 \times CO + \beta_3 \times INTRA + \\
 & \beta_4 \times PTE + \beta_5 \times PTN + \beta_6 \times PTD + \beta_7 \times PTH + \\
 & \beta_7 \times IES + \beta_8 \times SZP + \beta_9 \times PTF + \beta_{10} \times PTB + \\
 & \beta_{11} \times PTA + \beta_{12} \times PTC + \beta_{13} \times PTI + \beta_{14} \times PTM
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

$$\begin{aligned}
 U_{(KAM)} = & \beta_{KAM} + \beta_1 \times SIZE + \beta_{15} \times CO + \beta_{16} \times INTRA + \\
 & \beta_4 \times PTE + \beta_6 \times PTD + \beta_9 \times PTF + \beta_{10} \times PTB + \\
 & \beta_{11} \times PTA + \beta_{17} \times PTJ + \beta_{18} \times PTL + \beta_{19} \times SZA + \\
 & \beta_{20} \times COST
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

$$\begin{aligned}
 U_{(NET)} = & \beta_{NET} + \beta_{21} \times INTRA + \beta_{22} \times PTN + \\
 & \beta_6 \times PTD + \beta_{23} \times IES + \beta_8 \times SZP + \beta_9 \times PTF + \\
 & \beta_{11} \times PTA + \beta_{12} \times PTC + \beta_{24} \times COST
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

$$\begin{aligned}
 U_{(PAN)} = & \beta_{PAN} + \beta_{25} \times COST + \beta_{26} \times INTRA + \\
 & \beta_7 \times PTH + \beta_{27} \times IES + \beta_{12} \times PTC + \beta_{13} \times PTI \\
 & + \beta_{19} \times SZA
 \end{aligned} \tag{5.4}$$

$$U_{(MOT)} = 0 \quad (5.5)$$

Model-2 için fayda fonksiyonları Denklem 5.6, Denklem 5.7, Denklem 5.8, Denklem 5.9 ve Denklem 5.10'da verilmiştir.

$$U_{TIR} = \beta_{TIR} + \beta_1 \times SIZE + \beta_2 \times INTRA + \beta_3 \times PTA + \beta_4 \times PTD + \beta_5 \times PTC + \beta_6 \times PTN + \beta_7 \times CO + \beta_8 \times PTG + \beta_9 \times PTE + \beta_{10} \times COST \quad (5.6)$$

$$U_{KAM} = \beta_{KAM} + \beta_{11} \times SIZE \quad (5.7)$$

$$U_{NET} = \beta_{NET} + \beta_{12} \times INTRA + \beta_{13} \times PTA + \beta_{14} \times PTD + \beta_{15} \times PTC + \beta_{16} \times PTN + \beta_{17} \times CO + \beta_{18} \times IES + \beta_{19} \times PTE + \beta_{20} \times COST \quad (5.8)$$

$$U_{PAN} = \beta_{PAN} + \beta_{21} \times COST + \beta_{22} \times INTRA + \beta_{23} \times PTA + \beta_{24} \times PTD + \beta_{25} \times PTC + \beta_{26} \times PTN + \beta_{27} \times CO + \beta_{18} \times IES \quad (5.9)$$

$$U_{(MOT)} = 0 \quad (5.10)$$

Model-1 ve Model-2 yapılarında kullanılan değişkenler ve özellikleri Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5 Model-1 ve Model-2’de kullanılan değişkenler ve özellikleri

Model Adı	Yük Türü	Kullanılan Değişkenler	
		Genel	Türe Özgü
Model-1	Yük Türü 1	SIZE, PTE, PTD, PTH,	Sabitler, CO, INTRA, PTN, IES, COST
	Yük Türü 2	SZP, PTF, PTB, PTA,	
	Yük Türü 4	PTC, PTI, PTM, PTJ,	
	Yük Türü 10	PTL, SZA	
Model-2	Yük Türü 3	PTG, IES	Sabitler, SIZE, INTRA, PTA,PTD, PTC, PTN, CO, PTE, COST
	Yük Türü 6		
	Yük Türü 7		

5.3 Çok Değişkenli Lojit Model Sonuçları

5.3.1 Yük Türü-1 Model Sonuçları

Yük Türü 1 için Model-1 kullanılmıştır ve Yük Türü 1 için bulunan sonuçlar Tablo 5.6’da verilmiştir.

Yük Türü 1 için yükün boyutu arttıkça, tır ve kamyon türünün seçilme olasılığı motorsiklete, kamyonete ve panelvana göre artmıştır. Buradan yük boyutu arttıkça tır ve kamyon türüne bir yönelim olduğu söylenebilir ve yük boyutu değişkeni her iki tür için de istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşımanın TAB içerisinde yapıyor olması tüm türler için motorsiklete göre seçilme olasılığını azaltmaktadır. TAB içi taşımalar genellikle daha yakın mesafelere ve mümkün olan en küçük boyuttaki taşıtın seçimine işaret etmektedir. TAB içi taşıma değişkeni tüm türler için istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Taşıt sahipliği tır türü için motorsiklete, panelvana ve kamyonete göre taşınma olasılığını azaltmış ancak kamyon için artırmıştır. Ancak yalnızca kamyon türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlı olmaktadır.

Maliyetin artması, beklendiği gibi kamyon, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklete ve tıra göre seçim olasılığını azaltmıştır ve her üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde görüleceği söylenebilmektedir.

Paketleme türünün sıvı dökme yük olması panelvana ve motorsiklete göre seçilme olasılıklarını artırmış olsa da tır, kamyon ve kamyonet türlerinin hiçbirisi için istatistik olarak anlamlı değildir. İstatistik olarak anlamlı olmayan değişkenler ki-kare değerini yükselttikleri için modelde tutulmuşlardır. t istatistiği sıfır olduğu için katsayılar her ne kadar büyük olsa da, bu değişken Yük Türü 1 modeli için

Tablo 5.6 Yük Türü 1 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0005	19,482*
INTRA	-1,6256	-2,986*
CO	-0,1270	-0,648
PTE	-1,3699	-12,033*
PTN	-0,8807	-3,034*
PTD	0,3857	3,940*
PTH	1,2233	5,989*
PTA	29,2714	0
PTC	0,4536	2,794*
IES	1,7650	7,233*
PTI	2,7575	15,175*
SZP (10 ⁻⁶)	-3,3137	-3,757*
PTB	-0,3181	-0,704
PTF	0,9074	2,873*
PTM	0,3516	0,720
SABİT	0,8531	2,056*
KAMYON		
SIZE	0,0005	19,482*
INTRA	-2,9849	-5,905*
CO	0,4103	4,644*
PTE	-1,3699	-12,033*
PTD	0,3857	3,940*
PTB	-0,3181	-0,704
PTF	0,9074	2,873*
PTA	29,2714	0
PTJ	-29,1140	0
PTL	-2,5724	-2,987*
SZA (10 ⁻⁸)	-1,4903	-5,512*
COST	-0,0127	-6,837*
SABİT	4,6086	12,152*
KAMYONET		
INTRA	-2,6205	-5,300*
PTN	0,0472	0,583
PTD	0,3857	3,940*
IES	1,1404	11,293*
SZP (10 ⁻⁶)	-3,3137	-3,757*
PTB	-0,3181	-0,704
PTF	0,9074	2,873*
PTA	29,2714	0
PTC	0,4536	2,794*
COST	-0,0119	-2,605*
SABİT	4,9480	13,075*
PANELVAN		
COST	-0,0222	-3,742*
INTRA	-2,4847	-5,001*
PTH	1,2233	5,989*
IES	1,4233	13,201*
PTC	0,4536	2,794*
PTI	2,7575	15,175*
SZA (10 ⁻⁸)	-1,4903	-5,512*
SABİT	4,4597	11,818*
Gözlem Sayısı	4443	
LL (β)	-4309,984	
LL (M)	-5357,939	
-2LL	2095,911	
ρ ²	0,196	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

etkisizdir. (İlgili değişken modelden çıkarılıp kontrol denemeleri yapıldığında diğer değişkenleri ve t istatistiklerini neredeyse hiç etkilmediği gözlenmiştir.)

Paketleme türünün kolili yük olması kamyon ve tır türü için motorsiklete, kamyonete ve panelvana göre seçilme olasılıklarını azaltmaktadır ve bu durum orman ürünleri grubundaki kitap, mukavva gibi yüklerin daha küçük taşıtlarla taşınma eğilimini de doğrular niteliktedir. Kolili yük olma değişkeni her iki tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Paletli yük olma değişkeni; tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılığını artırmıştır ve istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. Bu kesinlikle umulan bir durumdur çünkü orman ürünlerinin paletli taşıma için çok uygun oldukları bilinmektedir.

Çuval olma değişkeni tır ve panelvan türleri için motorsiklete, kamyon ve kamyonete göre; kasalı yük olma değişkeni ise tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklete ve panelvana göre taşınma olasılıklarını artırmıştır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma değişkeni tır, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve kamyon ve kamyonete göre; balya olma değişkeni ise tır ve panelvan türleri için motorsiklete, kamyon ve kamyonete göre seçim olasılıklarını artırmıştır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Askılı yük olma değişkeni kamyon türü için diğer tüm türlere göre istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlı olup, sehpa olma, varil olma ve rulo yük olma değişkenleri kullanıldıkları türler için istatistik olarak anlamlı değildir. Askılı yük olma kamyon türünde diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmaktadır.

Karışık yük olma durumu tır için seçim olasılığını motorsiklet, kamyon ve panelvana göre azaltmış, kamyonet için ise seçim olasılığını artırmıştır. Ancak yalnızca tır türü için %95 güven aralığında istatistik olarak anlamlıdır. Bu durum, karışık paketlenmiş yüklerin tırla taşınmaya eğilimli olmadığına işaret etmektedir.

Yükün Avrupa yakası içerisinde taşınması kamyonet, tır ve panelvan türlerinin motorsiklete ve kamyon ve kamyonete göre seçim olasılığını artırmaktadır ve her üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun alanı arttıkça kamyon ve panelvan türünün diğer türlere göre seçim olasılığı azalmaktadır ve bu değişken istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun nüfusu arttıkça tır ve kamyonet türünün diğer türlere göre seçim olasılıkları azalmıştır ve istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerlerine rağmen Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri 1'den uzakta (0.196) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.45 mertebelerine karşılık gelmektedir. Literatürde [23, 29] 0.2-0.4 arasındaki pseudo R^2 değerinin tatminkar bulunduğu göz önüne alındığında, çok iyi bir uyum göstermese de temsil kabiliyeti olan bir model olmuştur.

5.3.2 Yük Türü-2 Model Sonuçları

Yük Türü 2 için Model-1 kullanılmıştır ve Yük Türü 2 için bulunan sonuçlar Tablo 5.7'de verilmiştir.

Yük Türü 2 için yükün boyutu arttıkça, tır ve kamyon türünün seçilme olasılığı diğer türlere göre artmıştır. Buradan yük boyutu arttıkça tır ve kamyon türüne bir yönelim olduğu söylenebilir ve her iki tür için de istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşımanın TAB içerisinde yapıyor olması tüm türler için motorsiklete göre seçilme olasılığını azaltmaktadır. TAB içi taşımalar genellikle daha yakın mesafelere ve mümkün olan en küçük boyuttaki taşıtın seçimine işaret eder. TAB içi taşıma değişkeni tüm türler için istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Taşıt sahipliği hem tır hem de kamyon türü için diğer türlere göre seçilme olasılığını artırmıştır. Ancak her iki tür için de istatistik olarak anlamlı değildir.

Maliyetin artması, beklendiği gibi kamyon, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklete ve tıra göre seçim olasılığını azaltmıştır ve her üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde görüleceği söylenebilmektedir.

Paketleme türünün sıvı dökme yük olması motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılıklarını artırmış olup; tır, kamyon ve kamyonet türlerinin her biri için istatistik olarak %90 güven aralığında anlamlıdır.

Paketleme türünün kolili yük olması kamyon ve tır türü için diğer türlere göre seçilme olasılıklarını artırmaktadır ancak söz konusu değişken istatistik olarak anlamlı değildir.

Tablo 5.7 Yük Türü 2 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0007	28,766*
INTRA	-1,8040	-8,171*
CO	0,1383	1,091
PTE	0,0820	1,333
PTN	-0,2367	-1,463
PTD	0,5995	4,992*
PTH	0,3358	5,053*
PTA	0,5088	1,733**
PTC	-0,3073	-1,628
IES	-0,1173	-0,865
PTI	-1,1125	-1,764**
SZP (10 ⁻⁶)	-1,1767	-2,997*
PTB	-0,2379	-1,202
PTF	0,1428	2,805*
PTM	-28,4355	0
SABİT	0,2956	1,784**
KAMYON		
SIZE	0,0007	28,766*
INTRA	-2,6444	-15,033*
CO	0,0283	0,438
PTE	0,0820	1,333
PTD	0,5995	4,992*
PTB	-0,2379	-1,202
PTF	0,1428	2,805*
PTA	0,5088	1,733**
PTJ	-29,1200	0
PTL	1,5987	8,336*
SZA(10 ⁻⁸)	-0,3294	-2,605*
COST	-0,0040	-3,580*
SABİT	2,2588	18,029*
KAMYONET		
INTRA	-2,3645	-15,483*
PTN	-0,3117	-7,018*
PTD	0,5995	4,992*
IES	0,0751	1,161
SZP (10 ⁻⁶)	-1,1767	-2,997*
PTB	-0,2379	-1,202
PTF	0,1428	2,805*
PTA	0,5088	1,733**
PTC	-0,3073	-1,628
COST	-0,0181	-7,083*
SABİT	4,3597	34,735*
PANELVAN		
COST	-0,0265	-8,169*
INTRA	-1,8117	-11,955*
PTH	0,3358	5,053*
IES	-0,0833	-1,281
PTC	-0,3073	-1,628
PTI	-1,1125	-1,764**
SZA(10 ⁻⁸)	-0,3294	-2,605*
SABİT	4,2229	34,019*
Gözlem Sayısı	13107	
LL (β)	-13453,17	
LL (M)	-15038,62	
-2LL	3170,909	
ρ ²	0,105	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

Karışık yük olma durumu tır ve kamyonet türleri için diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmıştır ancak yalnızca kamyonet türü için %95 güven aralığında istatistik olarak anlamlıdır.

Paletli yük olma değişkeni; tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılığını artırmıştır ve istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Çuval olma değişkeni tır ve panelvan türleri için, kasalı yük olma değişkeni ise tır, kamyon ve kamyonet türleri için diğer türlere göre taşınma olasılıklarını artırmıştır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma değişkeni tır, kamyonet ve panelvan türleri için; balya olma değişkeni ise tır ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını azaltmıştır ancak sadece balya olma değişkeni %90 güven aralığında anlamlıdır.

Askılı yük olma değişkeni kamyon türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlı olup, sehpa olma, varil olma ve rulo yük olma değişkenleri kullanıldıkları türler için istatistik olarak anlamlı değildir. Askılı yük olma kamyon türünde diğer türlere göre seçim olasılığını artırmaktadır.

Yükün Avrupa yakası içerisinde taşınması kamyonet türünün motorsiklet ve kamyonla göre seçim olasılığını artırırken panelvan ve tır türleri için azaltmaktadır. Bununla birlikte söz konusu değişken hiçbir tür için istatistik olarak anlamlı değildir.

Mal gönderen zonun alanı arttıkça kamyon ve panelvan türünün diğer türlere göre seçim olasılığı azalmaktadır ve bu değişken istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun nüfusu arttıkça tır ve kamyonet türünün diğer türlere göre seçim olasılıkları azalmıştır ve istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerlerine rağmen Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri 1'den uzakta (0.105) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.30 mertebelerine karşılık gelmektedir. Buna göre söz konusu model, çok iyi uyum gösteren bir model olmamıştır.

5.3.3 Yük Türü-4 Model Sonuçları

Yük Türü 4 için Model-1 kullanılmıştır ve Yük Türü 4 için bulunan sonuçlar Tablo 5.8’de verilmiştir.

Yük Türü 4 için yükün boyutu arttıa, tır ve kamyon türünün seçilme olasılığı diğer türlere göre artmıştır. Buradan yk boyutu arttıa tır ve kamyon türüne bir yönelim olduğu söylenebilir ve her iki tür için de istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşımanın TAB içerisinde yapıyor olması tüm türler için motorsiklete göre seçilme olasılığını azaltmaktadır. TAB içi taşımalar genellikle daha yakın mesafelere ve mümkün olan en küçük boyuttaki taşıtın seçimine işaret eder. TAB içi taşıma değişkeni kamyon için istatistiki olarak %95 güven aralığında kamyonet içinse %90 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Taşıt sahipliği hem tır hem de kamyon türü için diğer türlere göre seçilme olasılığını azaltmıştır. Ancak her iki tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Maliyetin artması, beklendiği gibi kamyon, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklete ve tıra göre seçim olasılığını azaltmıştır ancak yalnızca panelvan türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde görüleceği söylenebilmektedir.

Paketleme türünün sıvı dökme yük olması motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılıklarını artırmış olup; tır, kamyon ve kamyonet türlerinin hiçbiri için istatistik olarak anlamlı değildir.

Paketleme türünün kolili yk olması kamyon ve tır türü için diğer türlere göre seçilme olasılıklarını artırmaktadır ve söz konusu değişken %90 güven aralığında anlamlıdır.

Karışık yk olma değişkeni tır için seçim olasılığını kamyon, panelvan ve motorsiklete göre artırmış, kamyonet için ise azaltmış olup yalnızca tır türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Paletli yk olma değişkeni; tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılığını artırmıştır ancak istatistik olarak anlamlı değildir.

uval olma değişkeni tır ve panelvan türleri için diğer türlere göre taşınma olasılığını artırmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. Kasalı yk olma değişkeni ise tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklete ve

Tablo 5.8 Yük Türü 4 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0009	23,132*
INTRA	-0,7914	-1,074
CO	-0,8614	-3,997*
PTE	0,2224	1,854**
PTN	0,6323	2,915*
PTD	0,1179	0,599
PTH	0,4267	5,964*
PTA	1,4956	1,331
PTC	2,0668	2,958*
IES	0,0908	0,257
PTI	-1,6185	-7,227*
SZP (10 ⁻⁶)	2,0289	3,116*
PTB	-0,0563	-0,127
PTF	-0,4726	-1,159
PTM	-1,4727	-2,027*
SABİT	0,9191	1,869**
KAMYON		
SIZE	0,0009	23,132*
INTRA	-1,7561	-2,430*
CO	-0,3759	-3,028*
PTE	0,2224	1,854**
PTD	0,1179	0,599
PTB	-0,0563	-0,127
PTF	-0,4726	-1,159
PTA	1,4956	1,331
PTJ	2,5072	1,391
PTL	-0,1026	-0,229
SZA (10 ⁻⁸)	0,7057	2,124*
COST	-0,0008	-0,241
SABİT	2,7268	7,118*
KAMYONET		
INTRA	-1,2641	-1,827**
PTN	-0,1140	-1,313
PTD	0,1179	0,599
IES	-0,0722	-0,299
SZP (10 ⁻⁶)	2,0289	3,116*
PTB	-0,0563	-0,127
PTF	-0,4726	-1,159
PTA	1,4956	1,331
PTC	2,0668	2,958*
COST	-0,0016	-0,229
SABİT	5,3009	12,509*
PANELVAN		
COST	-0,0273	-3,234*
INTRA	-1,0287	-1,491
PTH	0,4267	5,964*
IES	-0,5651	-2,383*
PTC	2,0668	2,958*
PTI	-1,6185	-7,227*
SZA (10 ⁻⁸)	0,7057	2,124*
SABİT	6,1611	14,665*
Gözlem Sayısı	4716	
LL (β)	-4200,652	
LL (M)	-5165,641	
-2LL	1929,979	
ρ ²	0,187	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

panelvana göre taşınma olasılıklarını azaltmaktadır ancak istatistik olarak anlamlı değildir.

Kuru dökme yük olma değişkeni tır, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve kamyonu göre seçilme olasılıklarını artırmıştır; balya olma değişkeni ise tır ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını azaltmıştır ve her iki değişken de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Askılı yük olma, sehpa olma, varil olma değişkenleri kullanıldıkları türler için istatistik olarak anlamlı değildir. Rulo yük olma kamyon türünde diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Yükün Avrupa yakası içerisinde taşınması tır türünün motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılığını artırırken panelvan ve kamyonet türleri için azaltmaktadır. Bununla birlikte söz konusu değişken yalnızca panelvan türü için istatistik olarak anlamlıdır.

Mal gönderen zonun alanı arttıkça kamyon ve panelvan türünün diğer türlere göre seçim olasılığı azalmaktadır ve bu değişken istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun nüfusu arttıkça tır ve kamyonet türünün diğer türlere göre seçim olasılıkları artmıştır ve istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerlerine rağmen Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri 1'den uzakta (0.187) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.45 mertebelerine karşılık gelmektedir. Buna göre bu model, çok iyi uyum gösteren bir model olmamıştır.

5.3.4 Yük Türü-10 Model Sonuçları

Yük Türü 10 için Model-1 kullanılmıştır ve Yük Türü 10 için bulunan sonuçlar Tablo 5.9'da verilmiştir.

Yük Türü 10 için yükün boyutu arttıkça, tır ve kamyon türünün seçilme olasılığı diğer türlere göre artmıştır. Buradan yük boyutu arttıkça tır ve kamyon türüne bir yönelim olduğu söylenebilir ve her iki tür için de istatistiki olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşımanın TAB içerisinde yapılıyor olması tüm türler için motorsiklete göre seçilme olasılığını azaltmaktadır. TAB içi taşıma değişkeni panelvan için istatistiki

Tablo 5.9 Yük Türü 10 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0008	32,022*
INTRA	-0,7123	-2,173*
CO	-0,8286	-7,992*
PTE	-0,9145	-10,293*
PTN	-0,5950	-6,077*
PTD	1,4448	9,820*
PTH	-0,5217	-4,146*
PTA	4,1538	4,114*
PTC	0,9411	5,718*
IES	0,1399	1,273
PTI	-1,1680	-3,025*
SZP (10 ⁻⁶)	1,4221	2,488*
PTB	1,1432	4,761*
PTF	0,7726	3,514*
PTM	0,5249	1,379
SABİT	0,9710	5,835*
KAMYON		
SIZE	0,0008	32,022*
INTRA	-0,6267	-2,036*
CO	-1,0243	-12,042*
PTE	-0,9145	-10,293*
PTD	1,4448	9,820*
PTB	1,1432	4,761*
PTF	0,7726	3,514*
PTA	4,1538	4,114*
PTJ	1,3702	1,878**
PTL	-28,0112	0
SZA (10 ⁻⁸)	-1,7855	-8,850*
COST	-0,0002	-0,150
SABİT	1,9868	13,073*
KAMYONET		
INTRA	-0,5605	-1,975*
PTN	-0,1469	-2,766*
PTD	1,4448	9,82*
IES	0,5410	5,724*
SZP (10 ⁻⁶)	1,4221	2,488*
PTB	1,1432	4,761*
PTF	0,7726	3,514*
PTA	4,1538	4,114*
PTC	0,9411	5,718*
COST	-0,0092	-3,076*
SABİT	3,2968	21,507*
PANELVAN		
COST	-0,0157	-4,272*
INTRA	-0,5451	-1,931**
PTH	-0,5217	-4,146*
IES	0,5425	5,805*
PTC	0,9411	5,718*
PTI	-1,1680	-3,025*
SZA (10 ⁻⁸)	-1,7855	-8,850*
SABİT	3,7933	25,232*
Gözlem Sayısı	8517	
LL (β)	-8164,283	
LL (M)	-11086,510	
-2LL	5844,455	
ρ ²	0,264	
%95 güven aralığında anlamlı		
%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

olarak %90 güven aralığında, diğer türler içinse %95 güven aralığında anlamlı bulunmuştur.

Taşıt sahipliği hem tır hem de kamyon türü için diğer türlere göre seçilme olasılığını azaltmıştır. Her iki tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Maliyetin artması, beklendiği gibi kamyon, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve tıra göre seçim olasılığını azaltmıştır ancak yalnızca panelvan ve kamyonet türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde görüleceği söylenebilmektedir.

Paketleme türünün sıvı dökme yük olması panelvan ve motorsiklete göre seçilme olasılıklarını artırmış olup; tır, kamyon ve kamyonet türlerinin hepsi için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Paketleme türünün kolili yük olması kamyon ve tır türü için diğer türlere göre seçilme olasılıklarını azaltmaktadır ve söz konusu değişken %95 güven aralığında anlamlıdır.

Karışık yük olma değişkeni hem tır hem de kamyonet türleri için diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmış olup her iki tür için de %95 güven aralığında anlamlıdır.

Paletli yük olma değişkeni; tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklet ve panelvana göre seçilme olasılığını artırmıştır ve bu türler için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Çuval olma değişkeni tır ve panelvan türleri için diğer türlere göre taşınma olasılığını azaltmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. Kasalı yük olma değişkeni ise tır, kamyon ve kamyonet türleri için motorsiklet ve panelvana göre taşınma olasılıklarını artırmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma değişkeni tır, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve kamyonu göre seçilme olasılıklarını artırmıştır; balya olma değişkeni ise tır ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını azaltmıştır ve her iki değişken de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Rulo yük olma değişkeni, tır için diğer türlere göre seçim olasılığını artırmıştır. Askılı yük olma değişkeni, kamyon için diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmıştır. Ancak askılı yük olma ve rulo yük olma değişkenleri istatistik olarak anlamlı değildir. Sehpa olma ve varil olma değişkenleri kullanıldıkları türler için seçim olasılıklarını artırmış olup sırasıyla istatistik olarak %90 ve %95 güven

aralığında anlamlıdır.

Yükün Avrupa yakası içerisinde taşınması tır, panelvan ve kamyonet türlerinin motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılığını artırırken söz konusu değişken yalnızca kamyonet ve panelvan türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun alanı arttıkça kamyon ve panelvan türünün diğer türlere göre seçim olasılığı azalmaktadır ve bu değişken istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Mal gönderen zonun nüfusu arttıkça tır ve kamyonet türünün diğer türlere göre seçim olasılıkları artmıştır ve istatistiksel olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerlerine rağmen Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri 1'den uzakta (0.264) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.6 mertebelerine karşılık gelmektedir. Buna göre bu model, iyi uyum gösteren bir model olmuştur [23, 29].

5.3.5 Yük Türü-3 Model Sonuçları

Yük Türü 3 için Model-2 kullanılmıştır ve Yük Türü 3 için bulunan sonuçlar Tablo 5.10'da verilmiştir.

Yük boyutu değişkeni hem tır hem de kamyon türleri için seçim olasılıklarını diğer türlere göre artırmıştır ve istatistik olarak her iki tür için de %95 güven aralığında anlamlıdır. Tır türü için boyutun artmasının seçim olasılığını kamyonu göre daha fazla artırdığı söylenebilir ve bu da mineral yüklerden oluşan Yük Türü 3 için beklenen bir durumdur, çünkü bu özel yük tipinde çok büyük hacimlerin taşınması da söz konusudur.

Taşımanın TAB içinde yapılması, tır, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılığını azaltmaktadır ve bu tip bir yük grubu için bu beklenen bir durumdur. Yalnızca tır ve panelvan türleri için istatistik olarak sırasıyla %90 ve %95 anlamlı olan bu değişken, panelvanın seçilme olasılığını daha çok azaltmıştır.

Sıvı dökme yük olma tır, kamyonet ve panelvan türleri için seçim olasılıklarını kamyon ve motorsiklete göre azaltmıştır ve söz konusu türler için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Tablo 5.10 Yük Türü 3 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0008	23,066*
INTRA	-0,4405	-1,809**
PTA	-1,6490	-5,044*
PTD	-0,2312	-0,715
PTC	0,7276	2,799*
PTN	0,0454	0,161
CO	-0,5542	-3,432*
PTG	5,2293	6,299*
PTE	0,1501	0,367
COST	-0,0040	-2,869*
SABİT	2,7217	2,624*
KAMYON		
SIZE	0,0006	17,695*
SABİT	5,3447	5,328*
KAMYONET		
INTRA	-0,0430	-0,232
PTA	-1,9453	-3,702*
PTD	-0,9794	-4,798*
PTC	-2,1438	-12,054*
PTN	-0,9990	-5,399*
CO	0,9413	7,731*
IES	0,1681	1,442
PTE	-0,9819	-5,829*
COST	-0,0124	-3,230*
SABİT	7,9768	7,837*
PANELVAN		
COST	-0,0282	-4,654*
INTRA	-0,6311	-2,770*
PTA	-1,3402	-2,268*
PTD	-1,3294	-5,703*
PTC	-2,8066	-12,541*
PTN	-0,6811	-3,703*
CO	1,1262	7,728*
IES	0,1681	1,442
SABİT	7,1433	7,013*
Gözlem Sayısı	3642	
LL (β)	-2655,472	
LL (M)	-4868,975	
-2LL	4427,005	
ρ^2	0,455	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

Paletli yük olma değişkeni, tır kamyonet ve panelvan türleri için seçim olasılığını kamyon ve motorsiklete göre azaltmakla birlikte yalnızca kamyonet ve panelvan türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma, kamyonet ve panelvan türlerinde motorsiklet ve kamyonu göre taşınma olasılıklarını azaltmış, tır türünde ise artırmıştır ve her üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Karışık yük olma durumu; kamyonet ve panelvan türlerinde motorsiklet ve kamyonu göre taşınma olasılıklarını azaltmış, tır türünde ise artırmıştır ve yalnızca kamyonet ile panelvan türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşıt sahipliği arttıkça, kamyonet ve panelvan türlerinin motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılıkları artmış, tır seçilme olasılığı ise azalmıştır. Taşıt sahipliği söz konusu üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Konteyner yükü olma tır türü için diğer türlere göre seçim olasılığını artırmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kolili yük olma, tır türünde motorsiklet, kamyon ve panelvana göre seçim olasılığını artırmakta kamyonet türünde ise azaltmaktadır. Bu değişken yalnızca kamyonet türü için %95 güven aralığında anlamlıdır.

Maliyet değişkeni; tır, kamyonet ve panelvan türlerinde motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılıklarını azaltmaktadır ve söz konusu üç tür için de istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde olduğu görülmektedir.

Taşımanın Avrupa yakası içinde yapılması, kamyonet ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını artırmış olsa da istatistik olarak anlamlı değildir.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerleri ile birlikte Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri 1'e oldukça yakın (0.455) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.85 mertebelerine karşılık gelmektedir. Buna göre bu model, çok iyi uyum gösteren bir model olmuştur.

5.3.6 Yük Türü-6 Model Sonuçları

Yük Türü 6 için Model-2 kullanılmıştır ve Yük Türü 6 için bulunan sonuçlar Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.11 Yük Türü 6 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0008	20,669*
INTRA	0,8625	2,909*
PTA	-28,7267	0
PTD	1,1578	4,569*
PTC	0,7412	1,451
PTN	-0,1810	-0,562
CO	-1,7782	-7,455*
PTG	0,4108	0,529
PTE	0,9847	3,034*
COST	-0,0033	-1,795**
SABİT	2,6514	2,543*
KAMYON		
SIZE	0,0006	17,682*
SABİT	5,2838	5,268*
KAMYONET		
INTRA	-0,0455	-0,228
PTA	-25,4561	0
PTD	-0,3671	-2,294*
PTC	0,6859	2,297*
PTN	-0,6753	-4,187*
CO	0,0401	0,345
IES	0,0635	0,463
PTE	-0,3043	-2,353*
COST	-0,0089	-2,38*
SABİT	7,3713	7,237*
PANELVAN		
COST	-0,0273	-4,576*
INTRA	-0,1245	-0,531
PTA	-24,3331	0
PTD	-2,1382	-7,33*
PTC	0,8536	2,656*
PTN	-0,1585	-0,997
CO	0,5277	3,832*
IES	0,0635	0,463
SABİT	6,5134	6,388*
Gözlem Sayısı	2542	
LL (β)	-2363,089	
LL (M)	-3216,202	
-2LL	1706,227	
ρ^2	0,266	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

Yük boyutu değişkeni hem tır hem de kamyon türleri için seçim olasılıklarını diğer türlere göre artırmıştır ve istatistik olarak her iki tür için de %95 güven aralığında anlamlıdır. Tır türü için boyutun artmasının seçim olasılığını kamyonu göre daha fazla artırdığı söylenebilir ve bu da kauçuk ve plastik yüklerden oluşan Yük Türü 6 için beklenen bir durumdur, çünkü bu özel yük tipinde çok büyük hacimlerin taşınması da söz konusudur.

Taşımanın TAB içinde yapılması, kamyonet ve panelvan türleri için motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılığını azaltmakta ancak tır türü için artırmaktadır. Bununla birlikte yalnızca tır türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Sıvı dökme yük olma tır, kamyonet ve panelvan türleri için seçim olasılıklarını motorsiklet ve kamyonu göre azaltmıştır ve söz konusu türler için istatistik olarak anlamlı değildir.

Paletli yük olma değişkeni, motorsiklet ve kamyonu göre tır türü için seçim olasılığını artırmış, kamyonet ve panelvan türleri içinse seçim olasılığını azaltmıştır ve üç tür için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma; tır, kamyonet ve panelvan türlerinde motorsiklet ve kamyonu göre taşıma olasılıklarını artırmış, olup yalnızca kamyonet ve panelvan türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Karışık yük olma durumu; tır, kamyonet ve panelvan türlerinde motorsiklet ve kamyonu göre taşıma olasılıklarını azaltmıştır ve yalnızca kamyonet türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşıt sahipliği arttıkça, kamyonet ve panelvan türlerinin kamyon ve motorsiklete göre seçim olasılıkları artmış, tırın seçilme olasılığı ise azalmıştır. Taşıt sahipliği tır ve panelvan türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Konteyner yükü olma tır türü için diğer türlere göre seçim olasılığını artırmaktadır ancak istatistik olarak anlamlı değildir.

Kolili yük olma, tır türünde motorsiklet, panelvan ve kamyonu göre seçim olasılığını artırmakta, kamyonet türünde ise azaltmaktadır. Bu değişken her iki tür için %95 güven aralığında anlamlıdır.

Maliyet değişkeni; tır, kamyonet ve panelvan türlerinde diğer türlere göre seçim olasılıklarını azaltmaktadır ve kamyonet ve panelvan için %95, tır içinse %90 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde olduğu görülmektedir.

Taşımanın Avrupa yakası içinde yapılması, kamyonet ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını artırmış olsa da istatistik olarak anlamlı değildir.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerleri ile birlikte Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri istenen aralığa yakın (0.266) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.60 mertebelerine karşılık gelmektedir. Bu sonuç göz önüne alındığında, söz konusu model iyi uyum gösteren bir model olmuştur.

5.3.7 Yük Türü-7 Model Sonuçları

Yük Türü 7 için Model-2 kullanılmıştır ve Yük Türü 7 için bulunan sonuçlar Tablo 5.12'de verilmiştir.

Yük boyutu değişkeni hem tır hem de kamyon türleri için seçim olasılıklarını diğer türlere göre artırmıştır ve istatistik olarak her iki tür için de %95 güven aralığında anlamlıdır. Tır türü için boyutun artmasının seçim olasılığını kamyonla göre daha fazla artırdığı söylenebilir ve bu da metal yüklerden oluşan Yük Türü 7 için beklenen bir durumdur, çünkü bu özel yük tipinde çok büyük hacimlerin taşınması da söz konusudur.

Taşımanın TAB içinde yapılması; kamyonet, panelvan ve tır türleri için diğer türlere göre seçim olasılığını artırmaktadır. Bununla birlikte yalnızca panelvan ve tır türü için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Sıvı dökme yük olma, kamyon ve motorsiklete göre, kamyonet ve panelvan türleri için seçim olasılıklarını artırmış ve tır türü için azaltmış olsa da söz konusu türler için istatistik olarak anlamlı değildir.

Paletli yük olma değişkeni; tır, kamyonet ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmıştır ve üç tür için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kuru dökme yük olma; tır, kamyonet ve panelvan türlerinin motorsiklet ve kamyon türüne göre seçim olasılıklarını azaltmış olup her üç tür için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Karışık yük olma durumu; tır, kamyonet ve panelvan türlerinin motorsiklet ve kamyonla göre seçim olasılıklarını azaltmıştır ve her üç tür için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Taşıt sahipliği arttıkça, kamyon ve motorsiklete göre kamyonet ve panelvan

Tablo 5.12 Yük Türü 7 model sonuçları

Değişken	Katsayı	t-İstatistiği
TİR (Çekici)		
SIZE	0,0007	30,019*
INTRA	0,5036	2,036*
PTA	-0,7495	-0,457
PTD	-1,2408	-6,301*
PTC	-1,5654	-6,929*
PTN	-2,0898	-8,893*
CO	-0,1351	-0,87
PTG	1,9510	3,722*
PTE	-1,2792	-4,803*
COST	-0,0020	-1,710**
SABİT	1,5764	4,715*
KAMYON		
SIZE	0,0005	24,271*
SABİT	2,9856	11,270*
KAMYONET		
INTRA	0,1350	0,874
PTA	0,2813	0,173
PTD	-0,5864	-3,956*
PTC	-0,6117	-3,862*
PTN	-0,4731	-3,331*
CO	0,3676	3,728*
IES	-0,3030	-2,792*
PTE	-0,5380	-4,689*
COST	-0,0110	-3,687*
SABİT	5,7382	18,737*
PANELVAN		
COST	-0,0276	-6,207*
INTRA	0,4227	2,500*
PTA	0,2385	0,132
PTD	-1,8648	-10,523*
PTC	-1,3732	-8,280*
PTN	-0,6373	-4,911*
CO	1,1326	10,245*
IES	-0,3030	-2,792*
SABİT	4,9932	16,604*
Gözlem Sayısı	4951	
LL (β)	-4330,581	
LL (M)	-6496,593	
-2LL	4332,022	
ρ^2	0,333	
*%95 güven aralığında anlamlı		
**%90 güven aralığında anlamlı		
İstatistik olarak %90 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.		

türlerinin seçim olasılıkları artmış, tır seçilme olasılığı ise azalmıştır. Taşıt sahipliği kamyonet ve panelvan türleri için istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Konteyner yükü olma tır türü için diğer türlere göre seçim olasılığını artırmaktadır ve istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Kolili yük olma, tır ve kamyonet türünde diğer türlere göre seçim olasılığını azaltmaktadır. Bu değişken her iki tür için %95 güven aralığında anlamlıdır.

Maliyet değişkeni; tır, kamyonet ve panelvan türlerinde diğer iki türe göre seçim olasılıklarını azaltmaktadır ve kamyonet ve panelvan için %95, tır içinse %90 güven aralığında anlamlıdır. En çok azalmanın panelvan türünde olduğu görülmektedir.

Taşımanın Avrupa yakası içinde yapılması, kamyonet ve panelvan türleri için diğer türlere göre seçim olasılıklarını azaltmış olup istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

Katsayılar için yapılan bu değerlendirmeden sonra modelin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen yüksek ki-kare değerleri ile birlikte Mc-Fadden'in önerdiği Sanal R^2 değeri istenen aralığa yakın (0.333) bulunmuştur ve bu değer R^2 değeri olarak 0.70 mertebelerine karşılık gelmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, söz konusu model iyi uyum gösteren bir model olmuştur.

İncelenen yedi yük grubu için kurulan iki ayrı modelde bulunan fayda fonksiyonları kullanılarak olasılık hesapları yapılmış ve özetlenerek Tablo 5.13'te listelenmiştir. Olasılık hesapları yapılırken her bir taşıt türü için Denklem 5.11' de verilen bağıntı kullanılmış, her bir ayrık veri için yapılan hesaplamaların ardından, ayrık verilerin olasılık değerleri toplanıp veri sayısına bölünerek bütünleştirilmiş olasılık değerleri bulunmuştur.

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{e^{V_i} + \dots + e^{V_j}} \quad (5.11)$$

Sırasıyla denenmiş ve farklı yük türleri için yazılmış yedi model biri üçlü diğeri de dördü olmak üzere iki grup halinde sınıflandırılmıştır. Yük Türü 1-Yük Türü 2-Yük Türü 4-Yük Türü 10 yük grupları için Model-1, Yük Türü 3-Yük Türü 6-Yük Türü 7 yük grupları için Model-2 kullanılmıştır.

Model-1 yapısının kullanıldığı yük tipleri için genel bir değerlendirme yapıldığında (Yük Türü 1-Yük Türü 2-Yük Türü 4-Yük Türü 10);

-Yük boyutu değişkeninin her dört yük grubu için de istatistik olarak %95 güven

Tablo 5.13 Yedi yük grubu için olasılık hesapları ve gerçek değerler

YÜK TÜRÜ			Sonuç	TÜR SEÇİMİ				
				Çekici	Kamyon	Kamyonet	Panelvan	Motorsiklet
Yük Türü 1	Ki-Kare	2095,911	GERÇEK	%3,26	%23,43	%40,18	%32,73	%0,41
	Sanal- R2	0,196	MODEL-1	%3,54	%26,91	%39,13	%29,98	%0,45
Yük Türü 2	Ki-Kare	3170,909	GERÇEK	%2,24	%13,12	%43,23	%39,80	%1,61
	Sanal- R2	0,105	MODEL-1	%2,50	%14,96	%43,30	%37,45	%1,79
Yük Türü 3	Ki-Kare	4427,005	GERÇEK	%33,11	%25,59	%28,58	%12,69	%0,03
	Sanal- R2	0,455	MODEL-2	%33,73	%25,95	%28,56	%11,74	%0,03
Yük Türü 4	Ki-Kare	1929,979	GERÇEK	%2,57	%12,98	%37,02	%47,20	%0,23
	Sanal- R2	0,187	MODEL-1	%2,64	%13,50	%39,25	%44,35	%0,25
Yük Türü 6	Ki-Kare	1706,227	GERÇEK	%9,13	%30,45	%41,27	%19,12	%0,04
	Sanal- R2	0,266	MODEL-2	%9,62	%31,39	%41,35	%17,60	%0,04
Yük Türü 7	Ki-Kare	4332,022	GERÇEK	%13,65	%21,01	%43,18	%21,85	%0,30
	Sanal- R2	0,333	MODEL-2	%14,04	%22,18	%43,29	%20,15	%0,34
Yük Türü 10	Ki-Kare	5844,455	GERÇEK	%8,90	%18,22	%32,11	%39,80	%0,96
	Sanal- R2	0,264	MODEL-1	%9,16	%18,99	%32,54	%38,23	%1,08

aralığında anlamlı olduğu ve tır ile taşınma olasılığının kamyonla göre daha fazla arttığı görülmüştür. Bütün değerlendirmeler her değişkene göre farklılık gösteren referans türler esas alınarak yapılmıştır.

-Taşımanın TAB içinde olması, her dört yük grubunda tüm türler için motorsiklete göre taşınma olasılıklarını azaltmıştır ve çoğunlukla da istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır. TAB içi taşımalarda daha çok küçük araçların kullanıldığı dikkate alındığında dört model de bu değişken için doğru tepki vermiştir.

-Maliyet değişkeni, beklediği gibi dört farklı yük tipi için de motorsiklete ve tıra göre seçim olasılıklarını azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bu durum beklenen bir durumdur ve modeller bu değişken için doğru tepki vermiştir. Bir diğer dikkate değer husus, Yük Türü 4 için kamyon ve kamyonet türü seçiminde ve Yük Türü 10 için kamyon türü seçiminde maliyet değişkeninin istatistik olarak anlamlı olmamasıdır. Bu iki yük türü için belirleyici türün panelvan olduğu rahatlıkla söylenebilir.

-Taşıt sahipliği, Yük Türü 2 için anlamlı bir değişken olmamıştır. Ancak diğer üç yük türü için %95 güven aralığında anlamlı olmuştur. Yük Türü 1 için, taşıt sahipliği arttıkça kamyon ile taşıma oranının arttığı görülmektedir. Bu durum orman ürünleri yük grubunda kamyon ile taşıt sahiplerinin yaptığı taşımaların yaygın olduğunu gösterebilir. Diğer türlerde ise taşıt sahipliği arttıkça tır ve kamyon türleri için seçim olasılıkları azalmıştır. Buradan firmaların Yük Türü 4 ve Yük Türü 10 gruplarında büyük yükleri kiralık bir taşıtla taşımaya eğilimli oldukları sonucuna varılabilir.

-Paletli yük olma tüm yük tipleri için türlerin motorsiklete ve panelvana göre seçilme olasılıklarını artırmıştır. Buna göre dört yük tipinde de paletli taşımanın

yaygın olduğu söylenebilir.

-Kuru dökme yük olma, istatistik olarak anlamlı olduğu üç grup için de seçim olasılıklarını artırmıştır. Buna göre Yük Türü 2 hariç diğ er üç yük tipinde kuru dökme tipinde paketleme biçimi yaygındır.

-Mal gönderen zonun alanının artması yalnızca Yük Türü 4 için seçim olasılıklarını artırmış, diğ er tüm yük türleri için azaltmıştır ve her durumda istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

-Balya olma dört yük tipi için de anlamlı olmakla birlikte yalnızca orman ürünleri (Yük Türü 1) için seçim olasılıklarını artırıcı yönde etki yapmıştır. Buradan bu yüklerin sıklıkla balya biçiminde taşındığı söylenebilir.

-Varil olma değişkeni yalnızca Yük Türü 10 için anlamlı olmaktadır ve karışık yük tipi için bu beklenen bir durumdur. Diğ er üç yük tipi için sıvı formunda taşınan yüklerin daha az belirleyici olduğu söylenebilir.

-Kasalı yük olma değişkeni anlamlı olduğu Yük Türü 1, Yük Türü 2 ve Yük Türü 10 için seçim olasılıklarını artırıcı yönde etki göstermiştir ve bu da beklenen bir durumdur, kasalı taşımanın bu üç yük tipi için uygun olduğ una işaret eder.

-Sehpa olma yalnızca Yük Türü 10 için anlamlı olup diğ er üç yük türü için belirleyici değildir.

-Kolili yük olma, çuval olma ve karışık yük olma, mal gönderen zonun nüfusu farklı yük türleri için farklı sonuçlar vermiştir (seçim olasılığını artıran/azaltan) ve üzerine düşünülmesi gereken bir durumdur.

-Taşımanın Avrupa yakası içerisinde olması, yük türü 2 için anlamlı değildir. Yük Türü 1 için tır, kamyonet ve panelvan için diğ er türlere göre seçim olasılıklarını artırmış, Yük Türü 4 ve Yük Türü 10 içinse karma bir durum göstermiştir (seçim olasılığını artıran/azaltan).

Model-2 yapısının kullanıldığı yük türleri için genel bir değerlendirme yapıldığında (Yük Türü 3-Yük Türü 6-Yük Türü 7);

-Yük boyutu üç yük türü için de seçim olasılıklarını artırıcı yönde etki göstermiştir ve hepsinde istatistik olarak %95 güven aralığında anlamlıdır.

-Sıvı dökme yük olma yalnızca Yük Türü 3 için %95 güven aralığında anlamlı sonuçlar vermiştir ve tır, kamyonet ve panelvan türleri için referans tür olan motorsiklet ve kamyonu göre seçim olasılığını azaltıcı yönde etki yapmıştır.

-Maliyet değişkeni, tüm yük türleri için fayda fonksiyonu içinde yer aldığı tüm türler için seçim olasılığını azaltıcı yönde etki yapmıştır ve bu kesinlikle umulan bir durumdur. Dikkat çeken bir nokta tüm yük türleri için maliyetin en büyük azaltıcı etkisinin panelvan türünde olmasıdır. Maliyet arttıkça panelvanın seçim olasılığı diğer türlere göre daha fazla azalmaktadır. Burada firmaların doğrudan daha büyük taşıt tiplerine yöneldiği çıkarımı yapılabilir. Çünkü her üç yük türü de çok büyük boyutlarda taşıma yapmanın mümkün olabileceği tiptedir (Mineral ürün, çakıl, taş kimyasal, ham metal).

-Taşıt sahipliği her üç yük türü için de seçim olasılıklarını kamyon ve motorsiklete göre, panelvan ve kamyonet türünde artırmış, tır türünde ise azaltmıştır. Buradan firma sahiplerinin, tırla gönderdikleri yükleri genellikle taşıyıcı firmalarla gönderdiği sonucuna varılabilir ki tek başına taşıma maliyetleri ve güvenlik sorunları düşünüldüğünde bile bu durum akla yatkın bir durum olmaktadır.

-Konteyner yükü olma Yük Türü 3 ve Yük Türü 7 için tırın seçim olasılığını diğer türlere göre artırıcı yönde etki yapmıştır ve yüklerin tipi göz önüne alındığında (mineral, taş, çakıl, ham metal vb.) bu umulan bir sonuç olmaktadır.

-Taşımanın Avrupa yakası içinde olması yalnızca Yük Türü 7 için istatistik olarak anlamlı olup, kamyonet ve panelvan tipinde seçim olasılıklarını diğer türlere göre azaltmıştır. Buradan Yük Türü 7 için Avrupa yakası içi taşımaların kamyonet ve panelvan türü ile yaygın olarak yapılmadığı sonucuna varılabilir.

-Taşımanın zon içinde yapılması anlamlı olduğu durumlarda yalnızca yük türü 3 için seçim olasılıklarını azaltmış, diğer iki yük türü içinse seçim olasılıklarını artırmıştır.

-Karışık yük olma, anlamlı olduğu tüm durumlarda tüm yük ve taşıt türleri için seçim olasılıklarını azaltıcı yönde etki yapmıştır. Buradan özelen bu yük tiplerinin 'karışık yük' biçiminde taşınmaya uygun olmadığı sonucuna varılabilir.

-Kolili yük olma, paletli yük olma, kuru dökme yük olma değişkenleri farklı tiplerde farklı tepkiler vermiş olup bu durum tartışmaya açık bir durumdur.

5.4 Kurulan Yuvalı Lojit Model

Öncelikle önceki bölümlerde hesaplamalarından bahsedilen RU1 ve RU2 ayrımının bütün hesaplama detaylarının öğrenilmesine çalışılmış ve model denemeleri yapılmıştır. Hiyerarşik yapı için denenen tekli modeller tez kapsamına alınmamış ve doğrudan ortak bir model arayışına gidilmiştir. Öncelikle RU1 ve RU2 ayrımı detaylı şekilde öğrenilmiş ve uygun ağaç arama yoluna gidilmiştir.

Bu aşamada, çok değişkenli lojit model yerine gerçekten yuvalı lojit modelin gerekip gerekmediğini belirlemek için Hausmann testi uygulanmaya çalışılmıştır. Hausmann testi, 1984 yılında Hausmann ve McFadden tarafından IIA varsayımını test etmek için ortaya konmuştur. Basitçe açıklanacak olursa, analiz eden önce tüm seçenekleri içeren kısıtlanmamış bir model tahmin eder. Ardından kısıtlı sayıda seçeneği kullanarak aynı sosyodemografik (ya da yük modelinde firmaya ilişkin özellikler) karakteristikleri kullandığı bir model tahmin eder. Burada yalnızca genel katsayı içeren seçenek kaldırılabilir, sabit terimi olmayan seçenek kaldırılamaz [114]. Örneğin aşağıdaki ifadelerde yalnızca C seçeneği modelden çıkarılabilir.

$$U(a)=\text{constant}+\text{costa}*\text{cost}+\text{timea}*\text{time}+\text{incomea}*\text{income}$$

$$U(b)=\text{constant}+\text{cost}*\text{cost}+\text{timeb}*\text{time}$$

$$U(c)=\text{constant}+\text{cost}*\text{cost}+\text{time}*\text{time}$$

$$U(d)=\text{cost}*\text{cost}+\text{time}*\text{time}$$

Test sonucunda bir p değeri elde edilir ve bunu 0,05'e eşit α ile karşılaştırdığımızda model için IIA varsayımı reddedilir ve böylece analiz eden kişinin devam edebilmesi için daha az kısıtlayıcı bir model olan yuvalı lojit yapısını dikkate alması gerekir [114].

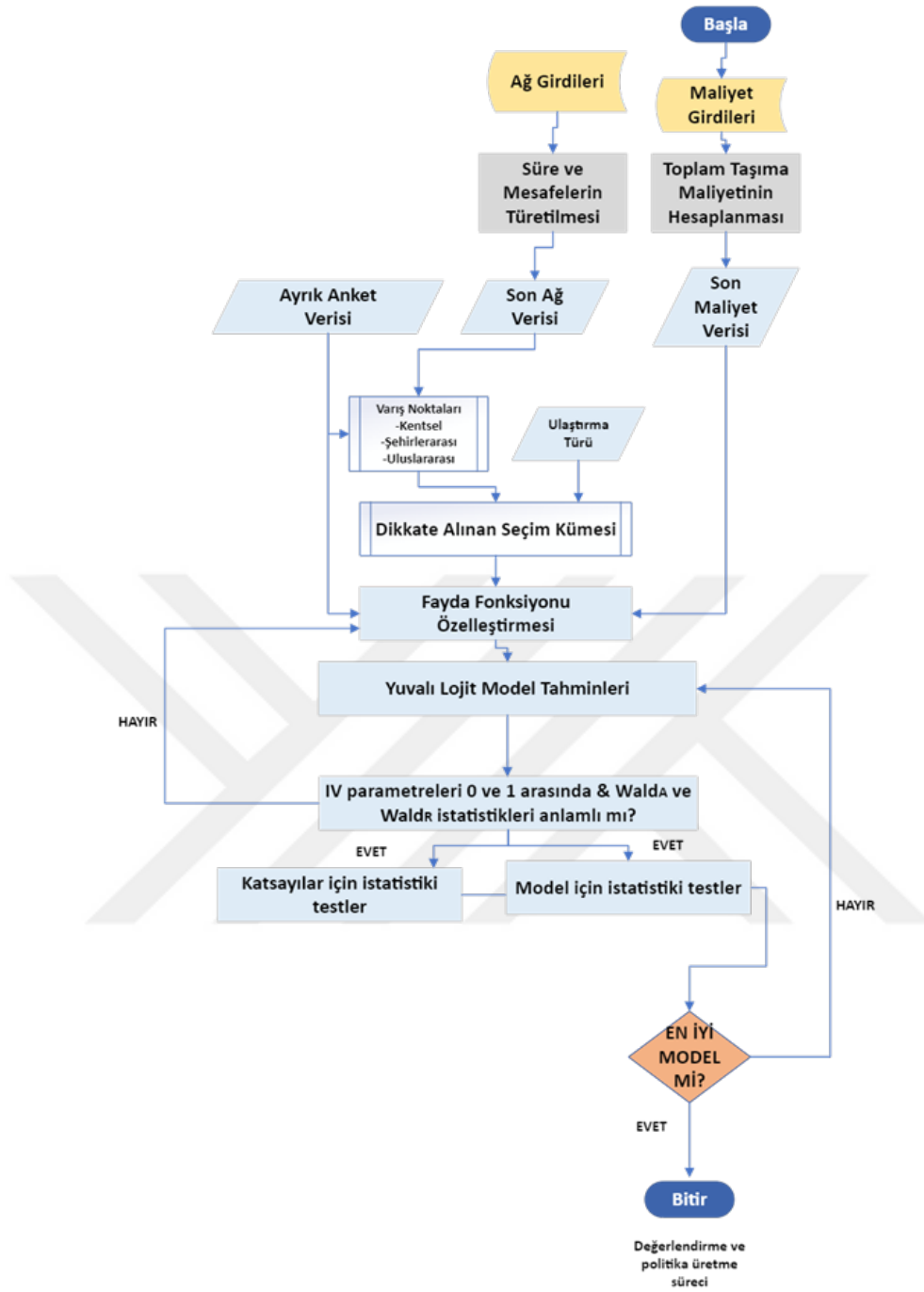
Çalışma kapsamında yazılımdan alınan hatalar nedeniyle Hausmann testi başarılı şekilde tamamlanamamıştır. Ancak ortaya konan yuvalı lojit modellerde IV parametresi için gereken aralıkların sağlanmış olması bu sorunu ortadan kaldırmaktadır.

Çalışmada ele alınan üç modelin verilerine ait tanımlayıcı bilgiler Tablo 5.14'te verilmiştir.

Tablo 5.14 Üç yuvalı lojit model için kullanılan yük türleri

Yük Türü	Yük İçeriği	Seçilen Taşıt Türü					Toplam	Tanım
		Çekici	Kamyon	Kamyonet	Panelvan	Motorsiklet		
		Gözlem Sayısı	Gözlem Sayısı	Gözlem Sayısı	Gözlem Sayısı	Gözlem Sayısı	Gözlem Sayısı	
Yük Türü 8	Bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler	48	106	663	712	16	1.545	Bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler, elektrikli ekipman
Yük Türü 4	Tekstil, hazır giyim, deri ve ilgili ürünler	121	612	1.746	2.226	11	4.716	Tekstil, hazır giyim, deri ve ilgili ürünler
Yük Türü 10	Diğer üretilmiş ürünler	758	1.552	2.735	3.390	82	8.517	Gıda, mineral ürünler, kauçuk, kimyasallar, kağıt ürünleri, ana metaller ve mobilya haricindeki ürünler

Yuvalı lojit modeller kurulurken izlenen yol için bir akış şeması hazırlanmış ve Şekil 5.1'de verilmiştir.

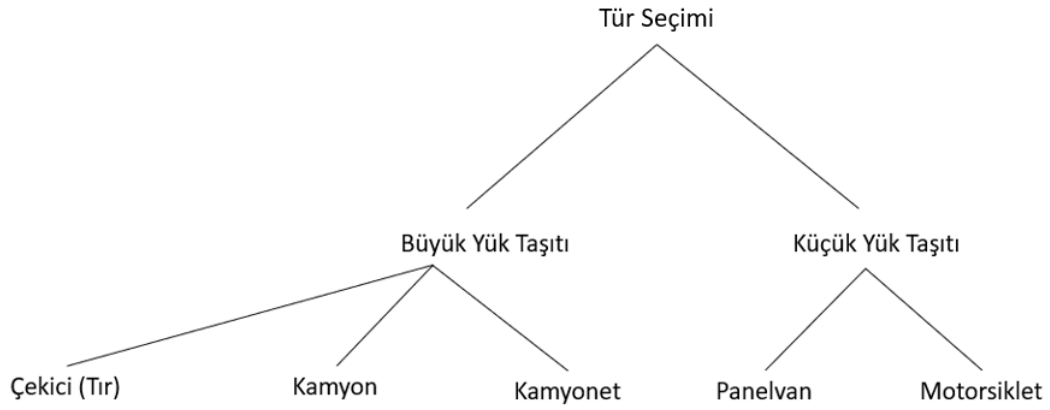


Şekil 5.1 Yuvalı lojit modeller için akış şeması

Çalışmada hata almaksızın elde edilebilen ağaç yapısı Şekil 5.2’de verilmiştir. Buna göre, kullanılan beş seçenek büyük ve küçük taşıtlar olarak sınıflandırılmış iki dala ayrılmaktadır.

Modelde kullanılan parametreler, açıklamaları ve türü Tablo 5.15’te verilmiştir.

Modele ait fayda fonksiyonları Denklem 5.12, Denklem 5.13, Denklem 5.14, Denklem 5.15 ve Denklem 5.16’da verilmiştir. Model tahmini sonucunda elde



Şekil 5.2 Modelde kullanılan ağaç yapısı

Tablo 5.15 Yuvalı lojit modellerde kullanılan değişkenler ve açıklamaları

Model			
Bağımsız Değişken İsmi	Değişken Kısaltması	Açıklaması	Değişken Tipi
Taşıt Sahipliği	CO	1= Kendi aracı var 0=Kiralık araçla taşıyor	Türe özgü
Gönderi Boyutu	SIZE	Ağırlık (kg)	Genel
TAB İçi Taşıma Durumu	INTRA	1=Evet 0=Hayır	Genel
Maliyet	COST	Değer/Türk Lirası (?)	Türe özgü
Kuru Dökme Yük Olma	PTC	1=Evet 0=Hayır	Genel
Kolili Yük Olma	PTE	1=Evet 0=Hayır	Genel

edilenler Tablo 5.16’da verilmiştir. Model için ‘büyük yük taşıtı’ isimli dal 1,0’e sabitlenmiş, maksimum 100 iterasyona izin verilerek RU2 normalizasyonuna göre modeller tahmin edilmiştir.

$$U_{(TIR)} = \beta_{TIR} + \beta_1 \times CO + \beta_2 \times SIZE + \beta_3 \times PTC + \beta_4 \times PTE + \beta_5 \times INTRA \quad (5.12)$$

$$U_{(KAM)} = \beta_{KAM} + \beta_6 \times CO + \beta_2 \times SIZE + \beta_3 \times PTC + \beta_4 \times PTE + \beta_5 \times INTRA \quad (5.13)$$

$$U_{(NET)} = \beta_{NET} + \beta_7 \times CO + \beta_3 \times PTC + \beta_4 \times PTE + \beta_5 \times INTRA \quad (5.14)$$

$$U_{(PAN)} = \beta_{PAN} + \beta_8 \times COST + \beta_9 \times CO + \beta_4 \times PTE \quad (5.15)$$

$$U_{(MOT)} = \beta_{10} \times COST \quad (5.16)$$

Tablo 5.16 Yuvalı lojit model katsayı tahminleri ve t-test istatistikleri

	Yük Türü 4		Yük Türü 8		Yük Türü 10	
Değişken	Katsayı	t-İstatistiği	Katsayı	t-İstatistiği	Katsayı	t-İstatistiği
TIR (ÇEKİCİ)						
SIZE	0,0009	18,137*	0,0004	8,856*	0,0008	31,960*
INTRA	-0,2847	-2,751*	0,5228	3,137*	-0,0143	-0,198
CO	-1,0386	-3,300*	-2,2059	-3,748*	-0,9957	-8,312*
PTE	0,0036	0,120	-0,2297	-2,441*	0,1363	2,932*
PTC	-0,3707	-0,701	1,2508	3,454*	0,1851	1,229
SABİT	-4,0874	-26,174*	-2,8632	-12,984*	-2,5338	-24,698*
KAMYON						
SIZE	0,0009	18,137*	0,0004	8,856*	0,0008	31,960*
INTRA	-0,2847	-2,751*	0,5228	3,137*	-0,0143	-0,198
CO	-0,4985	-2,784*	-0,0354	-0,141	-1,2336	-11,538*
PTE	0,0036	0,120	-0,2297	-2,441*	0,1363	2,932*
PTC	-0,3707	-0,701	1,2508	3,454*	0,1851	1,229
SABİT	-2,6975	-22,293*	-2,5698	-12,414*	-1,6975	-17,969*
KAMYONET						
INTRA	-0,2847	-2,751*	0,5228	3,137*	-0,0143	-0,198
PTE	0,0036	0,120	-0,2297	-2,441*	0,1363	2,932*
PTC	-0,3707	-0,701	1,2508	3,454*	0,1851	1,229
CO	-0,359	-4,253*	-0,2123	-1,539	-0,0696	-0,912
SABİT	-0,1127	-1,743	0,0798	0,576	0,2368	3,094*
PANELVAN						
COST	-0,0224	-5,817*	-0,0249	-5,741*	-0,0154	-6,958*
CO	0,0257	0,801	0,1227	1,514	-0,1876	-3,395*
PTE	0,0036	0,120	-0,2297	-2,441*	0,1363	2,932*
SABİT	0,206	9,407*	0,5097	5,540*	0,7246	12,873*
MOTORSİKLET						
COST	-0,0681	-5,297*	-0,1159	-5,437*	-0,0721	-6,245*
Gözlem Sayısı	4716		1545		8517	
LL (β) tahmin modeli	-4283,215		-1480,557		-8476,092	
LL (β^*) referans model	-7542,912		-2473,09		-13852,64	
ρ^2	0,432		0,401		0,388	
IV Parametresi	0,044		0,143		0,197	
Standard Hata	0,0065		0,0127		0,00765	
Wald A	-147,08		-67,48		-104,967	
Wald R	6,73		11,245		25,802	
Ki-Kare (-2LL)	6519,395		1985,066		10753,100	
Kritik Ki-Kare	24,996		24,996		24,996	
Serbestlik Derecesi	15		15		15	
*%95 güven aralığında anlamlı						
İstatistik olarak %95 ve üzerinde güven aralığında anlamlı olan değişkenler koyu renkle yazılmıştır.						

Yapılan modelleme çalışması sonucunda Denklem 3.15'e göre elde edilen olasılık değerleri Tablo 5.17'de verilmiştir.

Üç farklı yük grubu için ortak bir model yapısı RU2 yaklaşımına göre UMNL tahmini yapabilen NLOGIT4 yazılımı ile tahmin edilmiş ve böylece model içerisinde kullanılan genel katsayılar rağmen, modelin fayda teorisiyle tutarsız olabilme olasılığı ortadan kaldırılmıştır. Tahmin edilen üç modelin de IV parametresi kabul edilebilir sınır olan 0-1 aralığında kalmıştır ve 1'den anlamlı biçimde küçüktür (Bkz. Tablo 5.16 Wald A ve Wald R istatistikleri). Bu nedenle

Tablo 5.17 Modeller sonucunda yapılan olasılık hesapları

YÜK TÜRÜ	SONUÇ	TÜR SEÇİMİ				
		Çekici	Kamyon	Kamyonet	Panelvan	Motorsiklet
Yük Türü 4	MODEL	%2,64	%13,33	%39,03	%44,97	%0,04
	GERÇEK	%2,57	%12,98	%37,02	%47,20	%0,23
Yük Türü 8	MODEL	%3,26	%7,23	%46,10	%43,06	%0,36
	GERÇEK	%3,11	%6,86	%42,91	%46,08	%1,04
Yük Türü 10	MODEL	%9,05	%18,53	%33,58	%38,45	%0,40
	GERÇEK	%8,90	%18,22	%32,11	%39,80	%0,96

çok değişkenli lojit model reddedilir ve yuvalı lojit model geçerli olur.

Farklı IV parametrelerinden dolayı üç modelin değişken katsayılarını oransal olarak ortak bir biçimde değerlendirmek çok doğru olmasa da, modelde tercih edilen tüm değişkenlerin istatistik olarak büyük oranda %95 ve daha üzerindeki oranlarda anlamlı olduğu söylenebilir.

Tekil bir değerlendirme yapıldığında her üç modelde de yük boyutu arttıkça daha büyük taşıtların seçilme olasılığı artmıştır ve bu beklenen bir durumdur. Genel bir katsayı olan taşımanın TAB içinde olması durumu yalnızca Yük Türü 10 modeli için anlamsız olmuştur.

Taşıt sahipliği her üç model için karma durumlar vermiş, her üç modelde anlamlı olduğu kamyon ve tır türleri için firmalar yükü kendi araçları ile değil, kiralık bir taşıtla taşıma eğiliminde olmuşlardır.

Kuru dökme yük olma durumu yalnızca elektronik teçhizat grubu için (Yük Türü 8) anlamlı olmuş olup, tüm modeller içinde maliyet değişkeni negatif sonuç vermiştir ve literatürde kabul edilen neticeler ile birebir örtüşmektedir [23, 29].

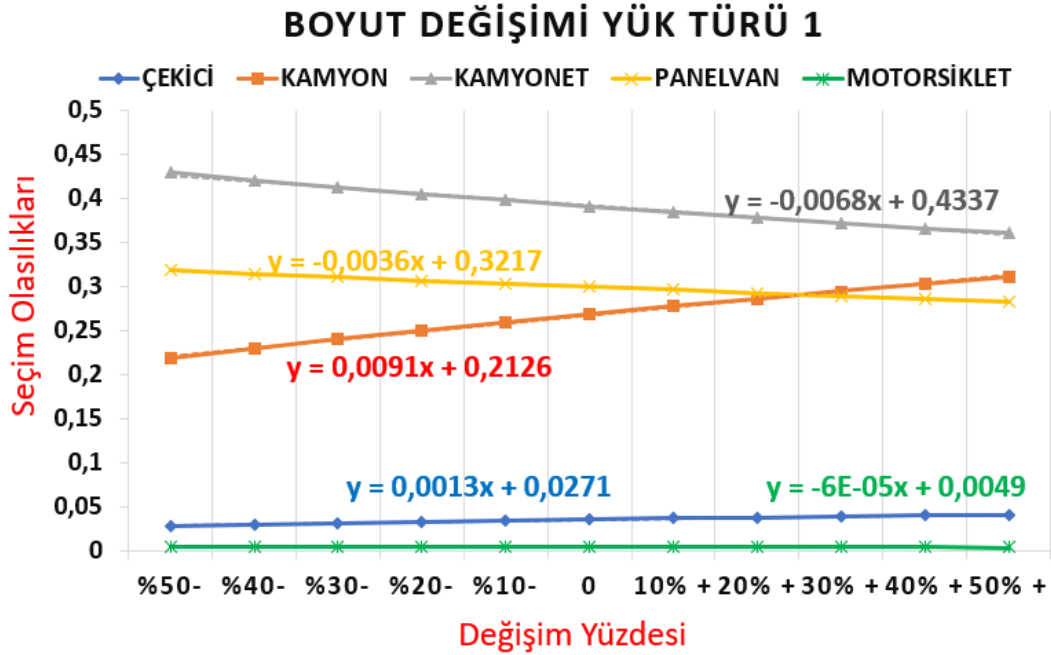
Yuvalı lojit modeller için Mac Fadden Sanal R^2 (ρ^2) değerleri çok değişkenli lojit modellerindeki kadar büyük anlam ifade etmese de, elde edilen modeller referans/temel (base) modele (yalnızca sabitleri içeren model) göre değerlendirildiğinde oldukça yüksek tahmin değerleri verdiği görülmüştür. Serbestlik derecelerine göre yapılan kritik ki-kare değerlendirmelerinde modellerin ki-kare değerleri kritik değerlerden yüksek olduğu için modeller gelişkin modellerdir denilebilir. Modellerde yer alan değişkenlerin, modeldeki davranışını daha kolay gözlemleyebilmek için detaylı tablolar Ek A'da verilmiştir (Tablo A.1, Tablo A.2, Tablo A.3). Tüm modeller için oluşturulan model-gerçek değer farkları Tablo 5.18'de verilmiştir. Buna göre tahmin değerleri ile gerçek durum arasındaki farklar oldukça küçük olmaktadır.

Tablo 5.18 Tüm modeller için oluşturulan model-gerçek değer farkları

		Yük Türü	Tır	Kamyon	Kamyonet	Panelvan	Motorsiklet
Model-Gerçek Değer Farkı	Yuvalı lojit modeller	Yük Türü 4	%0,07	%0,35	%2,01	-%2,23	-%0,19
		Yük Türü 8	%0,15	%0,37	%3,19	-%3,02	-%0,68
		Yük Türü 10	%0,15	%0,31	%1,47	-%1,35	-%0,56
	Çok değişkenli lojit modeller	Yük Türü 1	%0,27	%3,48	-%1,05	-%2,74	%0,04
		Yük Türü 2	%0,26	%1,83	%0,08	-%2,35	%0,18
		Yük Türü 3	%0,61	%0,36	-%0,03	-%0,95	%0,00
		Yük Türü 4	%0,08	%0,53	%2,23	-%2,85	%0,01
		Yük Türü 6	%0,49	%0,94	%0,08	-%1,52	%0,00
		Yük Türü 7	%0,38	%1,17	%0,11	-%1,70	%0,04
		Yük Türü 10	%0,26	%0,77	%0,42	-%1,57	%0,12

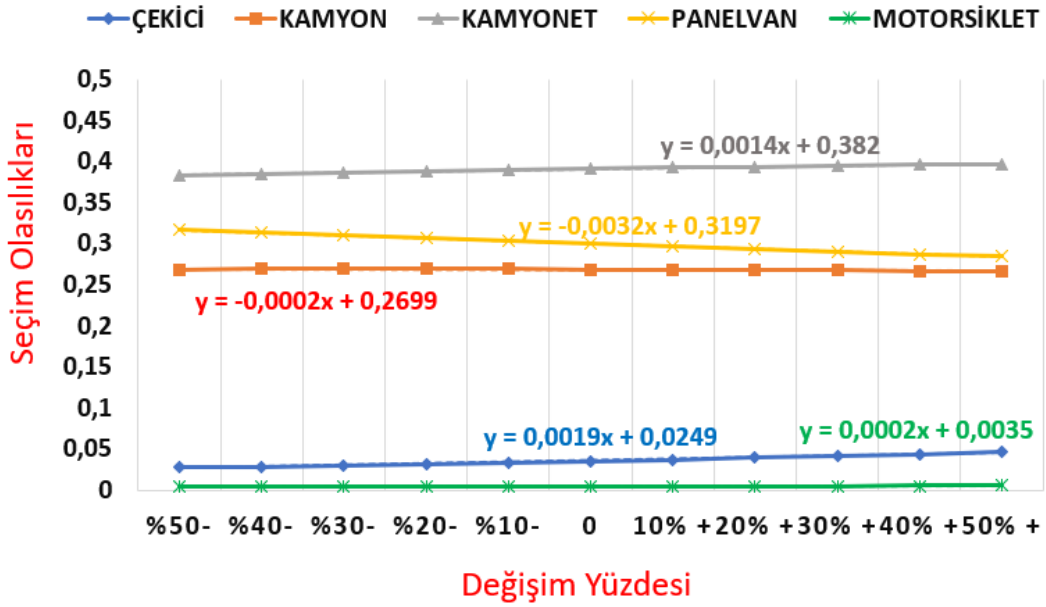
5.5 Senaryo Analizi

Tez kapsamında yapılan çalışmalara bir senaryo analizi eklenmiş olup bu senaryo analizlerine ait grafikler Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6 Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da verilmiştir. Esasında türlerde tekil olarak meydana gelen boyut ya da fiyat değişimlerine göre bir senaryo analizi değil, tüm taşımalarda meydana gelen fiyat ve boyut değişimlerine göre bir analiz yapılmıştır; yani hangi yükün boyut ya da fiyat artışına nasıl tepki verdiği anlaşılmaya çalışılmıştır, bu bakımdan kısmen bir duyarlılık analizi olarak değerlendirilebilir.

**Şekil 5.3** Yük Türü 1 için boyut değişimi

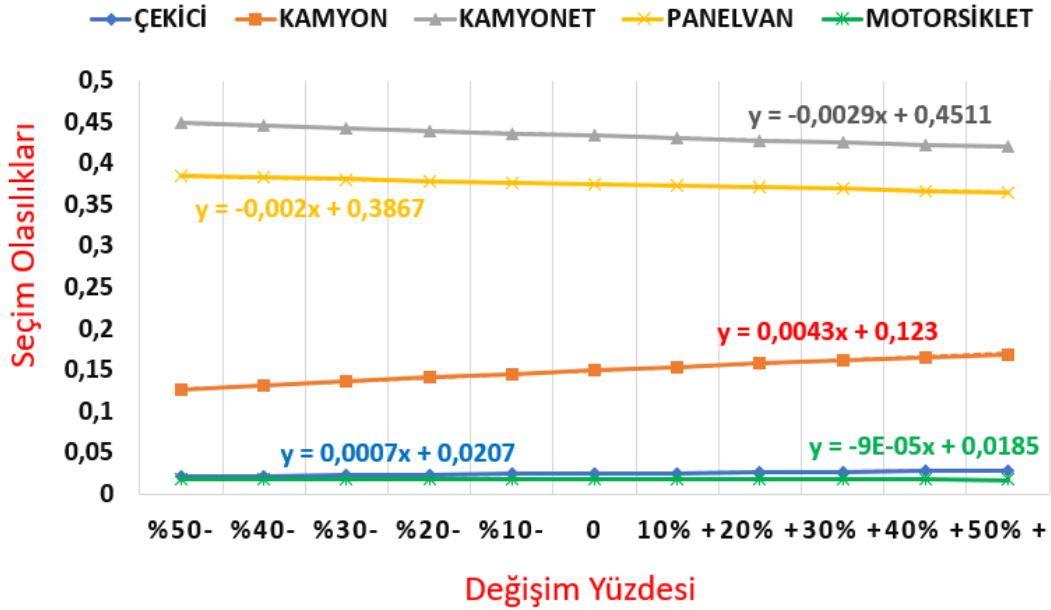
Yük Türü 1 için boyutta %25’lik bir artış, kamyon ve panelvan seçenekleri arasında bir değişime işaret etmektedir. Yük boyutunun %25 veya daha fazla artmasıyla kamyonla taşınma olasılığı panelvanla taşınma olasılığını aşmaktadır. Bu durum, orman ürünleri yük türünün boyut artışına duyarlı bir yük olduğunu göstermektedir. Yük boyutundaki artış, panelvanın seçim olasılıklarına kıyasla kamyonet seçim olasılıklarının daha büyük bir eğimle azalmasına yol açmıştır. Orman ürünleri türü,

MALİYET DEĞİŞİMİ YÜK TÜRÜ 1



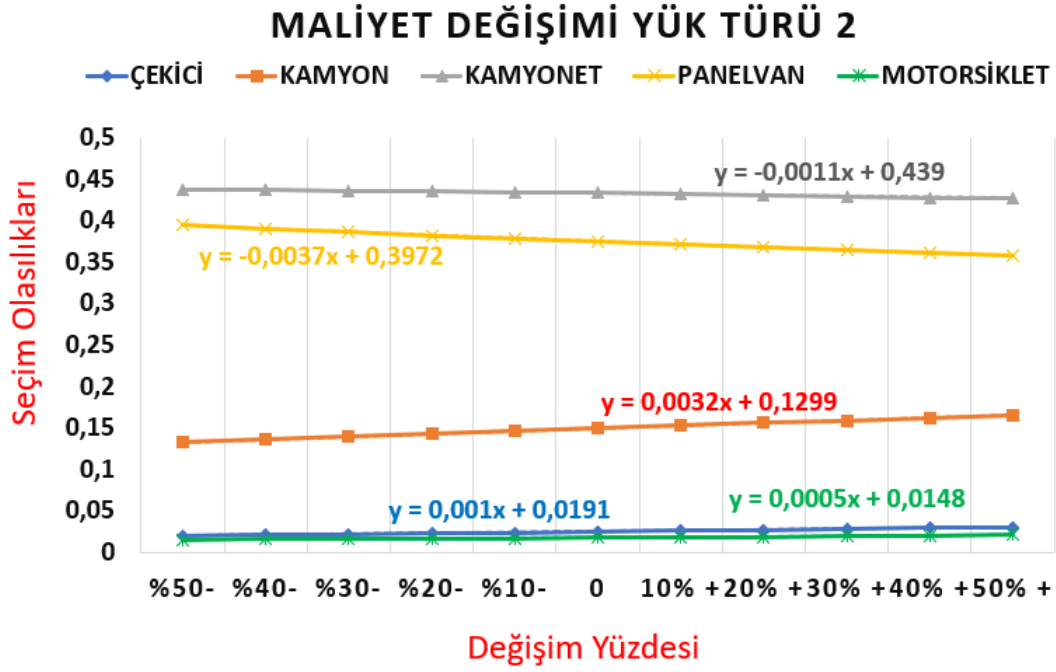
Şekil 5.4 Yük Türü 1 için maliyet değişimi

BOYUT DEĞİŞİMİ YÜK TÜRÜ 2

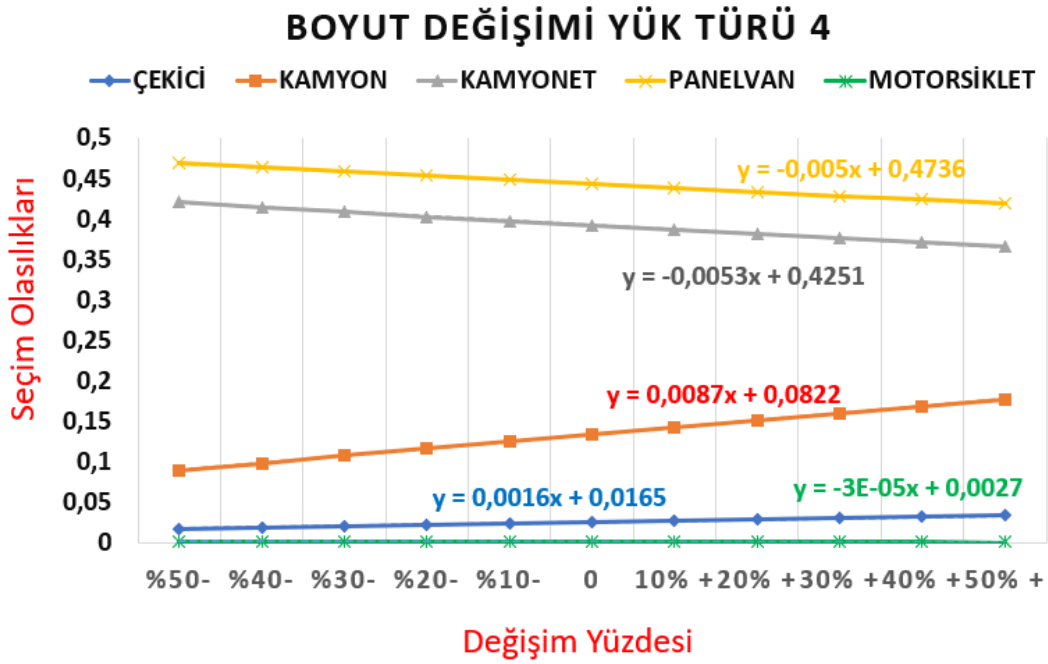


Şekil 5.5 Yük Türü 2 için boyut değişimi

çekici ve kamyonet için maliyet artışlarına artan oranda tepki verirken, kamyon ve panelvan tercihi azalma eğiliminde olmuştur. Panelvanın tercih edilme olasılığının daha büyük bir eğimle azalma gösterdiği söylenebilir.



Şekil 5.6 Yük Türü 2 için maliyet değişimi

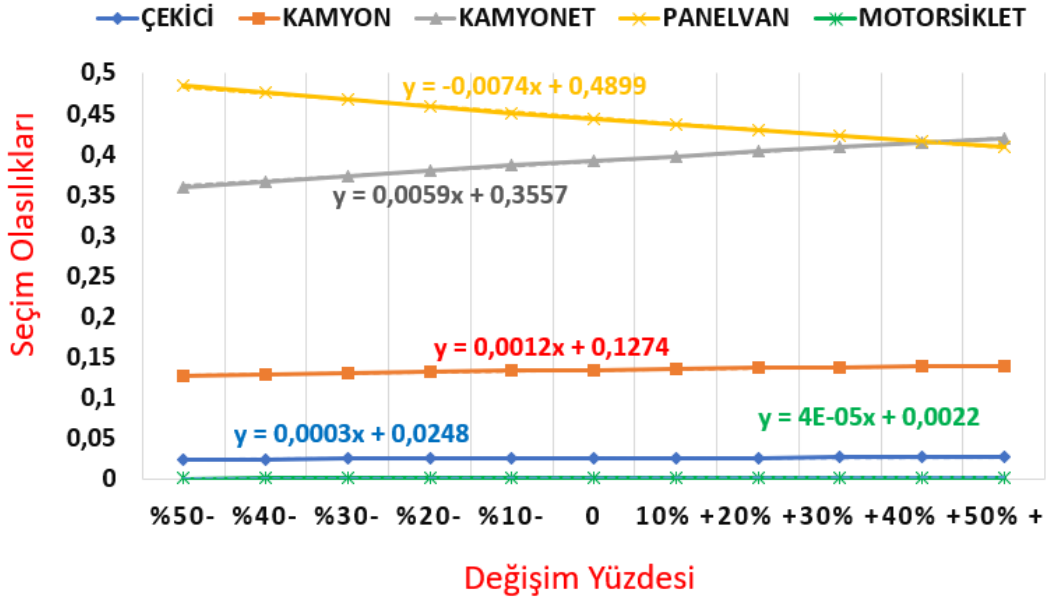


Şekil 5.7 Yük Türü 4 için boyut değişimi

Yük Türü 2, boyut ve toplam maliyetteki artışlara benzer tepkiler vermiştir. Maliyet ve boyuttaki artış kamyon ve çekicinin seçim olasılıklarını artırmış, panelvan ve kamyonet seçim olasılıklarını ise azaltmıştır.

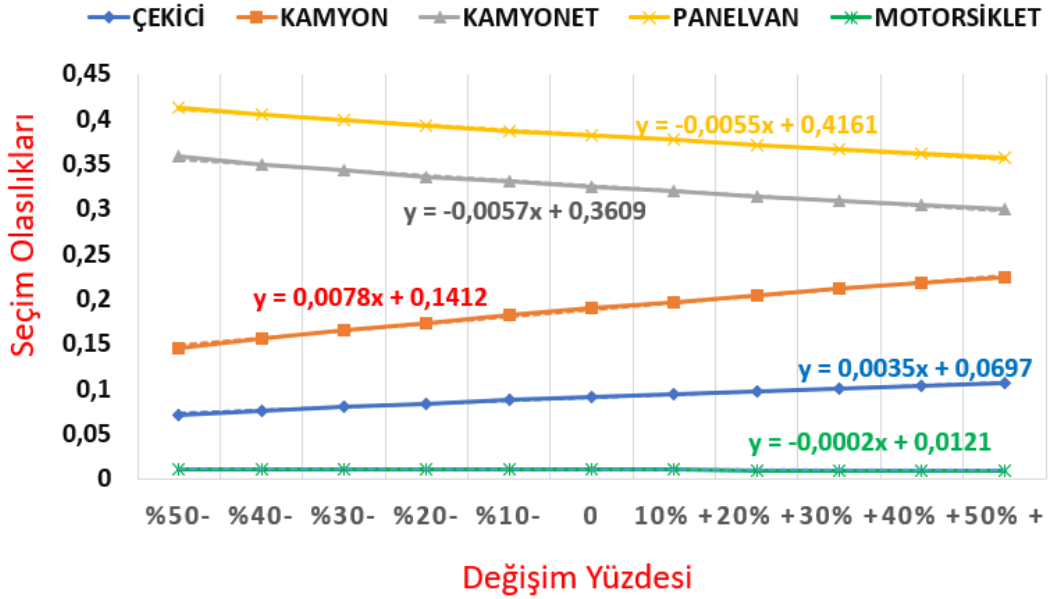
Yük Türü 4 tekstil ürünleri türünde yapılacak boyut ve toplam maliyet artışı panelvan, kamyon ve çekici için benzer tepkiler vermiştir. Ancak kamyonet

MALİYET DEĞİŞİMİ YÜK TÜRÜ 4



Şekil 5.8 Yük Türü 4 için maliyet değişimi

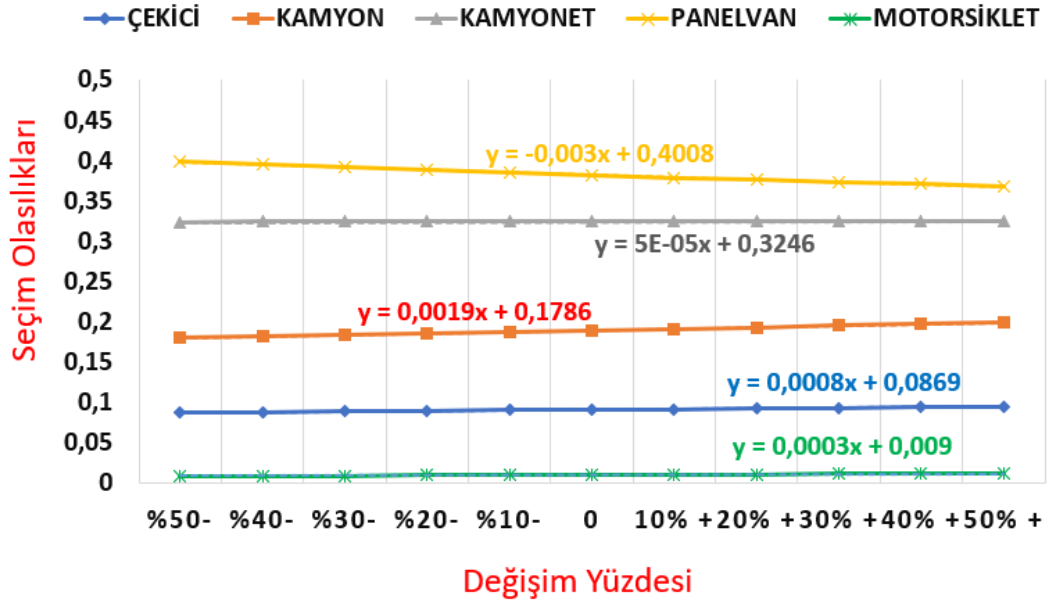
BOYUT DEĞİŞİMİ YÜK TÜRÜ 10



Şekil 5.9 Yük Türü 10 için boyut değişimi

İçin boyut artışı seçim olasılığını azaltıcı etki yaparken, toplam maliyet artışı kamyonetin seçim olasılığını artırıcı etki yapmıştır. Yük Türü 4 için %30'un üzerinde bir maliyet artışı durumunda, kamyonet ve panelvan iki ikame/rakip taşıt haline gelmektedir. Bu durum, tekstil ürünleri yük tipinin maliyet artışına karşı hassas bir yük olduğunu ortaya koymaktadır.

MALİYET DEĞİŞİMİ YÜK TÜRÜ 10



Şekil 5.10 Yük Türü 10 için maliyet değişimi

Yük Türü 10 için panelvan, kamyon ve çekici boyut ve toplam maliyet artışına benzer tepkiler gösterirken, kamyonet için karışık bir durum ortaya çıkmıştır. Grafik eğimlerine göre Yük Türü 10 grubunun boyut artışına daha duyarlı olduğu söylenebilir.

Enerji fiyatlarının her geçen gün arttığı bir ekonomide, bu model nakliye sektörü karar vericilerinin filo büyüklüklerine karar verirken doğru araç seçimlerini yapmalarına yardımcı olabilir. Örneğin, kamyonet ile panelvan arasındaki ikame, yerel yöneticiler için şehir içindeki araç kompozisyonunu yönlendirmek açısından önemli olabilir. Belirli bir ürün türünün üretim noktalarındaki trafik sıkışıklığını kontrol etmek amacıyla, taşıt kompozisyonlarını değiştirmek için çeşitli fiyat politikaları uygulanabilir. Toplam maliyetin artışında (yakıt tüketiminde) önemli bir parametre olan mesafe bileşeni, gelecek çalışmalarda farklı türdeki maliyet fonksiyonlarında kullanılarak daha gelişmiş modeller ortaya konulabilecektir (Tez çalışmasında bu doğrusal bir fonksiyondur).

6 SONUÇ

Yük taşımacılığı getirdiği negatif dışsallıklar nedeniyle kent planlanması bağlamında önemli bir bileşendir. Bundan dolayı yük hareketlerinin doğasının ve göndericilerin davranışlarının anlaşılması da sürdürülebilirlik noktasında hayati önemi haiz bir durumdur. Bütünleşik modellere kıyasla daha detaylı incelemeler yapma fırsatı veren ayrık seçim modelleri 2000’li yılların başından itibaren tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Maliyet, süre, taşıt sahipliği, gönderi boyutu, ambalaj tipi gibi değişkenler yük taşımacılığında tercihleri etkileyen en önemli faktörlerdir. Ancak yük taşımacılığı modelleri bütün genelgeçer değerlendirmelerin dışında inceledikleri alana özgü kentsel, bölgesel ya da ulusal pek çok önemli detayı da barındırır. Dolayısıyla bu noktada İstanbul’a özgü bir ayrık seçim modelinin kurulması ve doğru bir biçimde analiz edilmesi, İstanbul için daha önce bu tip bir model kurulmamış olduğundan vaka analizi bağlamında son derece önemli olmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul için farklı yük tiplerini kapsayacak biçimde ortak modeller kurulmuş ve İstanbul’da yük gönderme davranışının karakteristiklerini etkileyen unsurlar ortaya konulmuştur. Paketleme tipleri ilk defa bu kadar detaylı olarak ele alınmış, modeli tabakalı hale getirmek için değil doğrudan kukla değişkenler olarak modele dahil edilmişlerdir. Taşıt sahipliği değişkeni de yaygın olmayan bir biçimde bir yük modelinde kukla değişken olarak kullanılmıştır.

Verinin yeniliği de göz önüne alındığında bu çalışma İstanbul için yapılan ilk ayrık yük modellemesi çalışması olmuştur. Çalışmanın son kısmında, pek çok çalışmada hangi koşullar altında çalıştırıldığı belirtilmeyen ve bu nedenle karşılaştırma güçlüklerinin sıkça yaşandığı yuvalı lojit model yapısı RU2 tahmin metoduna göre kullanılmış ve açık teorik yapısı ile daha sonraki modelleme çalışmaları ile karşılaştırma yapabilme imkanı gözetilmiştir.

Hausman testinin uygulanamamasına rağmen modelin verdiği kısıtlanmış sonuçlar

neticesinde çok değişkenli lojit modellerinin temsil gücünün yeterince iyi olduğu ve yuvalı lojit modellerin kurulmasına ihtiyaç olmadığı ortaya çıkmış olsa da, sonuç olarak çok değişkenli lojit model ve yuvalı lojit model yapılarının her ikisi de oldukça tutarlı sonuçlar vermiş ve seçim olasılıklarını gerçekteki duruma göre oldukça güçlü bir biçimde tahmin edebilmişlerdir.

Esas olarak yuvalı lojit modellerin değerleri ortaya koydukları detaylardan ve çok değişkenli lojit modelinin kısıtlamalarını hafifletmelerinden ileri gelmektedir. Bu nedenle, üç farklı yük türü için ortaya konmuş olan ortak yuvalı lojit model yapısının kentsel alanlarda yük taşımacılığında tür tercihlerini etkileyen faktörlerin detaylandırılması ve anlaşılması bakımından değerli olduğuna inanılmaktadır.

Tablo 5.17’de (Bkz. Sayfa 110) yer alan gerçek durum ve model tahmin olasılık değerlerine bakıldığında, ortak bir model yapısı kullanarak geçerli olabilmiş üç yuvalı lojit modelin olasılık değerlerini oldukça yakın olarak tahmin edebildiği görülmüştür. Bütün bunlar; paketleme tiplerinin, taşıt sahipliğinin, TAB içi taşıma durumlarının, yük boyutlarının ve toplam maliyetlerin yük taşıtı tür tercihinde etkili bir faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Kullanılan tahmin usulünün açıkça ortaya konmuş olması, ileride yapılacak çalışmalar ile karşılaştırmalar yapılabilmesi imkanını sunmaktadır. Ayrıca kullanılan sayısal değişkenlerin (kuklalar hariç) olası değişimlerinde (örneğin boyutların artması ya da taşıma maliyetlerinde meydana gelen değişimlerde) çeşitli senaryo analizleri de mümkün olabilecektir. Özellikle İstanbul gibi büyük bir metropolde yerel yönetimler için büyük sorun olan trafik tıkanıklığı probleminin hafifletilmesinde, çeşitli fiyat politikası uygulamalarında taşıt türlerinin nasıl ikame edilebileceği ve trafikteki taşıt kompozisyonunun nasıl değişeceği de ortaya konulabilecektir.

Çalışmanın kapsam bakımından bazı eksiklikleri de bulunmaktadır. Tez kapsamında kurulan modeller, yalnızca türler arasında değerlendirme yapabilen modellerdir ve TAB’lar arası taşıma durumları için bir çalışma içermemektedirler. Örneğin, İstanbul’un hangi mahalleleri arasında en fazla yük talebi olduğunu bu model ile belirlemek mümkün değildir. Oysa kaba bir dört aşamalı model bile bu bilgileri elde edebilmektedir.

Bu noktada tez kapsamındaki modellerde mekansal ayağın aslında eksik olduğu ortaya çıkmaktadır. Çünkü, örneğin fiyatlandırma konusunda yardımcı bilgi sağlayabilecek olan bu modeller, İstanbul geneli için değerlendirmeleri yansıtsa da ölçek bakımından pratik kullanım olanağı az olan modellerdir. Aslında ideal olan, ilçeler arasındaki yük B-S matrislerinden faydalananarak, tez kapsamında kurulmuş

olan modellerle ilçeler arasındaki yük yolculuklarını tahmin etmektir. Böylece, İstanbul'a özel çıkarımlar yapmak mümkün olur ve modelin pratik olarak nasıl kullanılabileceği ortaya konmuş olur ki bu da kendi başına çok kapsamlı bir çalışma olmaktadır. Böyle bir çalışma ile, tür seçimi sonucunda her yük grubu ve her taşıt türü için ilçeler arası yük hareketlerini ortaya koymak ve bunun sonucunda darboğazların ya da lojistik odakların belirlenmesi mümkün olabilir. Kentiçinde yasak bölgelere karar verilmesinde ya da örneğin bir türe uygulanan fiyatlandırma politikasının neticesinde gerçekleşen türel kaymaların belirlenmesinde böyle bir model oldukça etkili olabilir ve bu gelecekteki çalışmaların konusudur.

Bir diğer zayıf nokta kullanılan maliyet verilerinin dinamik değil, statik veriler olması ve güncellenmelerinin kolay olmamasıdır. Ayrıca bu tip modellerde, elde edilen her ardışık modelin birbirine göre gelişkinliği test edilmekte olup, modellerin ρ^2 değerleri verilerin gruplandırma biçiminden ve değişkenlerin kombinasyonundan çok etkilenmektedir, yani daha iyi bir modelin kurulma olasılığı her zaman için bulunmaktadır.

Dört aşamalı modelin yalnızca tür seçimi aşamasına odaklanan bu dar kapsamlı çalışmanın, tekil olarak teorisindeki açıklık ve içerdiği büyük anket verileri nedeniyle değerli olduğuna inanılmaktadır. Bu karar destek amaçlı model çalışmasının gelecekte yapılacak yerel bazlı yük taşımacılığı modellemesi çalışmalarında ulaşım plancılarına yük taşıtı kompozisyonlarının anlaşılabilmesi ve değiştirilebilmesi için teorik bir altlık olarak ışık tutması umulmaktadır.

- [1] N. Anand, R. van Duin, H. Quak, L. Tavasszy, “Relevance of City Logistics Modelling Efforts: A Review,” *Transport Reviews*, vol. 35, no. 6, pp. 701–719, Nov. 2015. doi: 10.1080/01441647.2015.105. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/taf/transr/v35y2015i6p701-719.html>.
- [2] U. Works, “Freight transportation national policy and strategies can help improve freight,” 2008.
- [3] “Transportation vision for 2030 ensuring personal freedom and economic vitality for a nation on the move,” U.S.Department of Transportation Research and Innovative Technology Administration, Tech. Rep., January 2008.
- [4] J. Y. Chow, C. H. Yang, A. C. Regan, “State-of-the art of freight forecast modeling: Lessons learned and the road ahead,” *Transportation*, vol. 37, pp. 1011–1030, 2010.
- [5] L. Dablanc, “Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41, no. 3, pp. 280–285, Mar. 2007. [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/eee/transa/v41y2007i3p280-285.html>.
- [6] O. IEA, “Tracking clean energy progress 2023,” IEA Paris, France, 2023.
- [7] M. Moultak, N. Lutsey, D. Hall, “Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles,” *Transición a vehículos de carga pesados de cero emisiones [Título traducido]* *The International Council on Clean Transportation*, (September), vol. 53, 2017.
- [8] P. Jaramillo *et al.*, “Transport (chapter 10),” 2022.
- [9] V. Aryanpur, F. Rogan, “Decarbonising road freight transport: The role of zero-emission trucks and intangible costs,” *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, p. 2113, 2024.
- [10] M. Nourinejad, A. Wenneman, K. N. Habib, M. J. Roorda, “Truck parking in urban areas: Application of choice modelling within traffic microsimulation,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 64, pp. 54–64, 2014.
- [11] G. d. C. Girón-Valderrama, J. L. Machado-León, A. Goodchild, “Commercial vehicle parking in downtown seattle: Insights on the battle for the curb,” *Transportation Research Record*, vol. 2673, no. 10, pp. 770–780, 2019.

- [12] E. Commission, "White paper roadmap to a single european transport area – towards a competitive and resource efficient transport system," European Commission, COM(2011), 144 Final, Brussels, Tech. Rep., 2011.
- [13] HEATCO, "Heatco: Developing harmonised european approaches for transport costing and project assessment," COWI A/S, Denmark, Tech. Rep., 2004. [Online]. Available: https://trimis.ec.europa.eu/system/files/project/documents/20130122_113558_74349_hd1final.pdf.
- [14] G. De Jong, I. Vierth, L. Tavasszy, M. Ben-Akiva, "Recent developments in national and international freight transport models within europe," *Transportation*, vol. 40, pp. 347–371, 2013.
- [15] L. Tavasszy, "Freight modelling and policy analysis in the netherlands," 2011.
- [16] M. Wigan, F. Southworth, "What's wrong with freight models?" *PROCEEDINGS OF ETC 2005, STRASBOURG, FRANCE 18-20 SEPTEMBER 2005-TRANSPORT POLICY AND OPERATIONS-FREIGHT AND LOGISTICS-FREIGHT MODELLING II*, 2005.
- [17] BİMTAŞ, "İstanbul Lojistik Ana Planı," İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, Tech. Rep., 2018.
- [18] F. Combes, "Empirical evaluation of economic order quantity model for choice of shipment size in freight transport," *Transportation Research Record*, vol. 2269, no. 1, pp. 92–98, 2012.
- [19] I. Y. Davydenko, L. A. Tavasszy, "Estimation of warehouse throughput in freight transport demand model for the netherlands," *Transportation research record*, vol. 2379, no. 1, pp. 9–17, 2013.
- [20] V. Cantillo, M. Jaller, J. Holguín-Veras, "The colombian strategic freight transport model based on product analysis," *Promet-Traffic&Transportation*, vol. 26, no. 6, pp. 487–496, 2014.
- [21] M. Zhang, M. Janic, L. Tavasszy, "A freight transport optimization model for integrated network, service, and policy design," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 77, pp. 61–76, 2015.
- [22] M. Zhang, A. Pel, "Synchromodal hinterland freight transport: Model study for the port of rotterdam," *Journal of Transport Geography*, vol. 52, pp. 1–10, 2016.
- [23] S. Grebe, G. de Jong, M. de Bok, P. van Houwe, D. Borremans, "The strategic flemish freight model at the intersection of policy issues and the available data," in *European Transport Conference*, 2016.
- [24] R. B. Ellison, S. Greaves, D. A. Hensher, "Dynamic responses of freight operators to government policies: A latent curve modelling approach," 2017.
- [25] A. Alho, B. Bhavathrathan, M. Stinson, R. Gopalakrishnan, D.-T. Le, M. Ben-Akiva, "A multi-scale agent-based modelling framework for urban freight distribution," *Transportation Research Procedia*, vol. 27, pp. 188–196, 2017.

- [26] M. de Bok *et al.*, “A multimodal transport chain choice model for container transport,” *Transportation Research Procedia*, vol. 31, pp. 99–107, 2018.
- [27] K. Mommens, N. Brusselaers, T. Van Lier, C. Macharis, “A dynamic approach to measure the impact of freight transport on air quality in cities,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 240, p. 118 192, 2019.
- [28] A. Konstantinus, M. Zuidgeest, S. Hess, G. de Jong, “Assessing inter-urban freight mode choice preference for short-sea shipping in the southern african development community region,” *Journal of Transport Geography*, vol. 88, p. 102 816, 2020.
- [29] S. Thoen, L. Tavasszy, M. de Bok, G. Correia, R. van Duin, “Descriptive modeling of freight tour formation: A shipment-based approach,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 140, p. 101 989, 2020.
- [30] N. Anand, R. van Duin, L. Tavasszy, “Carbon credits and urban freight consolidation: An experiment using agent based simulation,” *Research in Transportation Economics*, vol. 85, p. 100 797, 2021.
- [31] M. De Bok, L. Tavasszy, S. Thoen, “Application of an empirical multi-agent model for urban goods transport to analyze impacts of zero emission zones in the netherlands,” *Transport Policy*, vol. 124, pp. 119–127, 2022.
- [32] R. Elbert, J. Rentschler, “Freight on urban public transportation: A systematic literature review,” *Research in Transportation Business & Management*, vol. 45, p. 100 679, 2022.
- [33] A. Lagorio, G. Zenezini, G. Mangano, R. Pinto, “A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management,” *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 25, no. 7, pp. 1043–1066, 2022.
- [34] P. Dolati Neghabadi, K. Evrard Samuel, M.-L. Espinouse, “Systematic literature review on city logistics: Overview, classification and analysis,” *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 3, pp. 865–887, 2019.
- [35] M. Abate, I. Vierth, R. Karlsson, G. de Jong, J. Baak, “A disaggregate stochastic freight transport model for sweden,” *Transportation*, vol. 46, pp. 671–696, 2019.
- [36] A. F. Jensen *et al.*, “A disaggregate freight transport chain choice model for europe,” *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 121, pp. 43–62, 2019.
- [37] S. Reiche, *A disaggregate freight transport model for Germany*. Springer, 2018.
- [38] R. M. Pendyala, V. N. Shankar, R. G. McCullough, “Freight travel demand modeling: Synthesis of approaches and development of a framework,” *Transportation research record*, vol. 1725, no. 1, pp. 9–16, 2000.
- [39] G. Giuliano, *Synthesis of freight research in urban transportation planning*. Transportation Research Board, 2013, vol. 23.

- [40] E. Marcucci, V. Gatta, M. Le Pira, *Handbook on city logistics and urban freight*. Edward Elgar Publishing, 2023.
- [41] “American Transportation Research Institute.” (2023), [Online]. Available: <https://truckingresearch.org/2023/02/top-100-truck-bottlenecks-2023/>.
- [42] “Karayolu trafik kaza istatistikleri 2023, <https://data.tuik.gov.tr/bulten/index?p=karayolu-trafik-kaza-istatistikleri-2023-53479>,” erişim:27.06.2024.
- [43] “Çevresel göstergeler, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/>,” erişim:27.06.2024.
- [44] B. T. Bayliss, S. L. Edwards, *et al.*, “Industrial demand for transport,” (*No Title*), 1970.
- [45] B. T. Bayliss, “The measurement of supply and demand in freight transport,” 1988.
- [46] G. D’Este, “Urban freight movement modeling,” in *Handbook of Transport Modelling: 2nd Edition*, Emerald Group Publishing Limited, 2007, pp. 633–647.
- [47] *Truck Movements in America: Shipments from, to, within, and through states [with data tables]*, English, BTS/97-TS/1, May 1997. [Online]. Available: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/4378>.
- [48] J. de Dios Ortúzar, L. G. Willumsen, *Modelling transport*. John wiley & sons, 2011.
- [49] D. F. Beagan, M. J. Fischer, A. K. Kuppam, C. Systematics, *et al.*, “Quick response freight manual ii,” United States. Department of Transportation. Federal Highway Administration . . . , Tech. Rep., 2007.
- [50] J. Rich, “Transport Models—from Theory to Practise,” *Department of Transport, Technical University of Denmark: Lyngby, Denmark*, 2015.
- [51] G. De Jong, H. Gunn, W. Walker, “National and international freight transport models: An overview and ideas for future development,” *Transport Reviews*, vol. 24, no. 1, pp. 103–124, 2004.
- [52] G. De Jong, A. Burgess, L. Tavasszy, R. Versteegh, M. de Bok, N. Schmorak, “Distribution and modal split models for freight transport in the netherlands,” in *Proceedings of the 2011 European Transport Conference, Association for European Transport. On the generalized cost-demand elasticity of intermodal container transport*, 2011.
- [53] B. Wesseling, M. de Bok, J. Spruijt, O. Usman, T. van Bree, “Energy transition scenarios in the strategic freight model basgoed,” in *European Transport Conference*, 2020.
- [54] E. Szimba *et al.*, “High-tool—a strategic assessment tool for evaluating eu transport policies,” *Journal of Shipping and Trade*, vol. 3, pp. 1–30, 2018.
- [55] G. de Jong, R. Tanner, J. Rich, M. Thorhauge, O. A. Nielsen, J. Bates, “Modelling production-consumption flows of goods in europe: The trade model within transtools3,” *Journal of Shipping and Trade*, vol. 2, pp. 1–23, 2017.

- [56] Description of the TRUST Model, <https://www.trt.it/wp/wp-content/uploads//2016/09/TRUST-model-detailed-description-1.pdf>, access 23.01.2024.
- [57] K. Noekel, I. Williams, D. Fiorello, “Long-distance, multimodal freight in a continental transportation model,” *Transportation Research Record*, vol. 2672, no. 44, pp. 103–113, 2018.
- [58] A. Martino *et al.*, “Trimode: Integrated transport model for europe,” *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria*, 2018.
- [59] G. de Jong, M. de Bok, S. Thoen, “Seven fat years or seven lean years for freight transport modelling? developments since 2013,” *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, vol. 55, no. 2, pp. 124–140, 2021.
- [60] R. A. Halim, “Strategic modeling of global container transport networks,” Ph.D. dissertation, Delft University of Technology Delft, Netherlands, 2017.
- [61] A. Konstantinus, “Opportunities for short-sea shipping in the southern african development community (sadc) region: Evidence based on discrete choice modelling,” 2019.
- [62] A. Samimi, A. Mohammadian, K. Kawamura, “A behavioral freight movement microsimulation model: Method and data,” *Transportation Letters*, vol. 2, no. 1, pp. 53–62, 2010.
- [63] J. Holguin-Veras *et al.*, *Impacts of policy-induced freight modal shifts, nchrp/ncfrp*, 2019.
- [64] J. Wildey, “User’s guide and model documentation: Agent-based supply chain modeling tool,” 2015.
- [65] H. O. Tezcan, “Discrete choice modelling in transport lecture notes,” 2019.
- [66] G. De Jong *et al.*, “Analysis of route and mode transport choice in eastern south asia following integration agreements,” *Connecting to Thrive*, p. 49, 2021.
- [67] A. Burgess, “The european transport model directory (mdir): Description of modal split modeling in european transport models on the basis of mdir,” 2001.
- [68] S. Ay, A. Erel, “Yük taşımacılığının planlanması,” *İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi*, 2002.
- [69] S. Köfteci, “Bir kara ulaştırma koridorunda yük taşımacılığı tür seçiminin lojistik maliyete göre modellenmesi,” *Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2008.
- [70] S. Köfteci, H. Gerçek, “Yük taşımacılığında taşıma türü seçimi için lojistik maliyetlere dayalı ikili lojit model,” *Teknik Dergi*, vol. 21, no. 103, pp. 5087–5112, 2010.
- [71] G. S. Çekerol, “Lojistik açıdan intermodal yük taşımacılığı ve Türkiye hızlı tüketim ürünleri dağıtımı için bir uygulama,” *Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya*, 2007.

- [72] Y. Vitoşoğlu, “Türkiye’de demiryolu ağırlıklı kombine yük taşımacılığı olanaklarının araştırılması,” *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2011.
- [73] L. Ünal, “Modeling of freight transportation on Turkish highways,” *Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 2009.
- [74] M. N. Elgün, “Uluslararası taşıma ve ticarete lojistik köylerin sağladığı rekabet avantajları: Bir model önerisi,” *Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon*, 2011.
- [75] M. Gürsoy, “Ülkemiz yük ulaşımında çokturlü taşımacılığın sınırlarının ve/veya boyutlarının belirlenmesine yönelik bir karar destekleyici model,” *Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2003.
- [76] Ş. İmre, “Toplu taşımada konfor ölçümü: İstanbul için bir uygulama,” *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2015.
- [77] Ö. Özdemir, “Denizyolu yük taşımacılığında maliyetler ve bir uygulama,” *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*, 2009.
- [78] S. Kiremitçi, “Denizyolu yük taşımacılığında rotalama ve çizelgeleme,” *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*, 2011.
- [79] M. Özen, “Estimation of road freight transportation emissions in Turkey,” *Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 2013.
- [80] H. R. Cezayirlioğlu, “Development of a cluster framework for tire industry with its application to a local region by pursuing supply chain and freight village approaches,” *Doktora Tezi, Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2015.
- [81] G. Günay, “Freight trip generation in urban areas,” *Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2015.
- [82] M. Avcı, “A decision support system for global supply chain risk management by considering premium freights,” *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir*, 2016.
- [83] F. Dişkaya, “Yeşil lojistik yönetiminde ulusal karayolu yük taşımacılığı araç rotalama optimizasyonu,” *Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*, 2018.
- [84] Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, “1983-1993 Ulaştırma Ana Planı,” *DPT*, 1982.
- [85] İstanbul Teknik Üniversitesi- Ulaştırma Bakanlığı, *Ulaştırma Ana Planı Stratejisi*, 2005.
- [86] “Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğü Kocaeli Lojistik Etüdü ve Stratejik Planlama Çalışması Sonuç Raporu,” Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Tech. Rep., 2012.

- [87] BİMTAŞ, “Türkiye lojistik master planı danışmanlık hizmeti nihai rapor,” Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü, Tech. Rep., 2018.
- [88] L. Tavasszy, G. De Jong, *Modelling freight transport*. Elsevier, 2013.
- [89] F. S. Koppelman, C. Bhat, “A self-instructing course in mode choice modeling: Multinomial and nested logit models,” 2006.
- [90] J. Holguín-Veras, N. Xu, G. De Jong, H. Maurer, “An experimental economics investigation of shipper-carrier interactions in the choice of mode and shipment size in freight transport,” *Networks and spatial economics*, vol. 11, pp. 509–532, 2011.
- [91] G. Albayrak, “Geleneksel iktisattan davranışsal iktisada tüketici karar ve tercihleri,” *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, no. 48, pp. 159–170, 2022.
- [92] D. McFadden, “Economic Choices,” *American Economic Review*, vol. 91, no. 3, pp. 351–378, 2001.
- [93] F. W. Taussig, *Principles of Economics*. Cosimo, Inc., 2013, vol. 2.
- [94] J. Bentham *et al.*, “An introduction to the principles of morals and legislation,” *History of Economic Thought Books*, 1781.
- [95] M. K. Aydın, K. Aydınlar, “Emek-Değer Teorisinden Fayda-değer Teorisine,” *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, no. 1, pp. 1–12, 2011.
- [96] C. F. Manski, “The structure of random utility models,” *Theory and decision*, vol. 8, no. 3, p. 229, 1977.
- [97] R. D. Luce, P. Suppes, *Preference, utility, and subjective probability*. Wiley, 1965.
- [98] H. O. Tezcan, K. S. Öğüt, B. Çidimal, “A multinomial logit car use model for a megacity of the developing world: Istanbul,” *Transportation Planning and Technology*, vol. 34, no. 8, pp. 759–776, 2011.
- [99] M. E. Ben-Akiva, S. R. Lerman, *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. MIT press, 1985, vol. 9.
- [100] C. F. Manski, “The analysis if qualitative choice,” Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1973.
- [101] E. Demirer, “Akademisyenlerin yolculuk tercihlerinin incelenmesi: İTÜ örneği,” *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2019.
- [102] L. L. Thurstone, “Psychophysical analysis,” *The American journal of psychology*, vol. 38, no. 3, pp. 368–389, 1927.
- [103] R. D. Luce, *Individual choice behavior: A theoretical analysis*. Courier Corporation, 2005.
- [104] H. Timmermans, “Spatial choice models,” in *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, N. J. Smelser, P. B. Baltes, Eds., Oxford: Pergamon, 2001, pp. 14 768–14 771, isbn: 978-0-08-043076-8. doi: <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02520-1>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080430767025201>.

- [105] A. Tversky, "Elimination by aspects: A theory of choice.," *Psychological review*, vol. 79, no. 4, p. 281, 1972.
- [106] J. Marschak, "Binary choice constraints on random utility indicators," 1959.
- [107] G. Becker, M. DeGroot, "Stochastic models of choice behavior (1963)," in *Economic Information, Decision, and Prediction: Selected Essays: Volume I Part I Economics of Decision*, Springer, 1974, pp. 254–279.
- [108] G. M. Becker, M. H. DeGroot, J. Marschak, "Stochastic models of choice behavior," *Behavioral science*, vol. 8, no. 1, pp. 41–55, 1963.
- [109] T. Domencich, D. McFadden, *Urban Travel Demand & A Behavioral Analysis*, North & Holland, 1975.
- [110] J. S. Cramer, *Logit models from economics and other fields*. Cambridge University Press, 2003.
- [111] F. Akdeniz, *Olasılık ve istatistik*. Akademisyen Kitabevi, 2022.
- [112] C. R. Bhat, "Flexible model structures for discrete choice analysis. in: Handbook of transport modelling," 2000.
- [113] K. E. Train, *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press, 2009.
- [114] D. A. Hensher, J. M. Rose, W. H. Greene, *Applied choice analysis: a primer*. Cambridge university press, 2005.
- [115] K. K. Sümer, "White' in heteroskedisite tutarlı kovaryans matrisi tahmini yoluyla heteroskedasite altında model tahmini," *Istanbul University Econometrics and Statistics e-Journal*, no. 4, pp. 17–24, 2006.
- [116] J. H. McCulloch, "Miscellanea on heteros* edasticity," *Econometrica (pre-1986)*, vol. 53, no. 2, p. 483, 1985.
- [117] J. J. Louviere, D. A. Hensher, J. D. Swait, *Stated choice methods: analysis and applications*. Cambridge university press, 2000.
- [118] M. E. Ben-Akiva, "Structure of passenger travel demand models.," Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 1973.
- [119] S. Zachary, A. Daly, "Improved multiple choice models," *Report*, pp. 335–357, 1978.
- [120] H. C. Williams, "On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit," *Environment and planning A*, vol. 9, no. 3, pp. 285–344, 1977.
- [121] M. Ben-Akiva, S. R. Lerman, "Disaggregate travel and mobility-choice models and measures of accessibility," in *Behavioural travel modelling*, Routledge, 1979, new version 2021, pp. 654–679.
- [122] D. McFadden, "Modelling the choice of residential location," 1977.
- [123] D. A. Hensher, W. H. Greene, "Specification and estimation of the nested logit model: Alternative normalisations," *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 36, no. 1, pp. 1–17, 2002.
- [124] W. H. Greene, "Nlogit," *Student Reference Guide.*, zuletzt geprüft am, vol. 11, p. 2014, 2012.

- [125] N. Silberhorn, Y. Boztuğ, L. Hildebrandt, “Estimation with the nested logit model: Specifications and software particularities,” *Or Spectrum*, vol. 30, no. 4, pp. 635–653, 2008.
- [126] F. S. Koppelman, C.-H. Wen, “Alternative nested logit models: Structure, properties and estimation,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 32, no. 5, pp. 289–298, 1998.
- [127] İBB, “İBB Ulaşım Planlama Müdürlüğü, İstlap lojistik hizmet alan birimler soru kagıdı,” 2015.
- [128] “U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, Commodity Flow Survey,” U. S. Census Bureau, 2017.
- [129] H. Petterson, “Commodity flow surveys for Sweden, Swedish commodity flow survey (cfs 2016) methods and general results.”
- [130] J. Gill, G. King, “What to do when your hessian is not invertible: Alternatives to model respecification in nonlinear estimation,” *Sociological methods & research*, vol. 33, no. 1, pp. 54–87, 2004.
- [131] de Jong G. et al., “Final report on the freight and logistics model, transtool project tt3,” Department of Management Engineering, Bygningstorvet 116 Vest, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark, Tech. Rep., 2016.
- [132] F. Jiang, P. Johnson, C. Calzada, “Freight demand characteristics and mode choice: An analysis of the results of modeling with disaggregate revealed preference data,” 1999.
- [133] T. L. Saaty, “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process,” *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 1, pp. 9–26, 1990.
- [134] “Tourism and transport, <https://www.abs.gov.au/statistics/industry/tourism-and-transport/survey-motor-vehicle-use-australia/latest-release-fuel-consumption>: Erişim 24.01.2024.”
- [135] “MAN KATALOG, <https://www.man.eu/tr/tr/ana-sayfa.html>, erişim: 20.04.2022.”
- [136] “Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayollarında Ağır Taşıt Trafiğinin ve Yük Taşımacılığının Özellikleri ve Eğilimleri 2010-2011-2012-2013-2014 Yılı Etüt Sonuçlar,” KGM, Tech. Rep., 2016.
- [137] “Kişisel Görüşme, Bülent Bezal, MAN, 20.04.2022.”
- [138] “Sıfır araç alım sitesi, <https://www.sifiraracal.com>, Erişim: 20.04.2022.”
- [139] M. Yücel, “Eskişehir’de zorunlu olmayan yolculuklar için yolculuğa başlangıç saatinin çok terimli lojit model ile analizi,” *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2022.

A

KATSAYILARIN MODELLERDEKİ DAVRANIŞINA İLİŞKİN ÖZET TABLOLAR

-: Değişkenin katsayısının %90 (ya da %95) güven aralığının dışında olmasından dolayı istatistik olarak anlamlı olmadığı duruma işaret eder.

↑: Değişkenin modele olan katkısının artış yönünde (pozitif) olduğu duruma işaret eder.

↓: Değişkenin modele olan katkısının azalma yönünde (negatif) olduğu duruma işaret eder [139].

Tablo A.1 Yuvalı lojit modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özeti

		Yük Türü 4	Yük Türü 8	Yük Türü 10
	Değişken	Katsayı Etkisi		
TIR (ÇEKİCİ)	SIZE	↑	↑	↑
	INTRA	↓	↑	-
	CO	↓	↓	↓
	PTE	-	↓	↑
	PTC	-	↑	-
	SABİT	↓	↓	↓
KAMYON	SIZE	↑	↑	↑
	INTRA	↓	↑	-
	CO	↓	-	↓
	PTE	-	↓	↑
	PTC	-	↑	-
	SABİT	↓	↓	↓
KAMYONET	INTRA	↓	↑	-
	PTE	-	↓	↑
	PTC	-	↑	-
	CO	↓	-	-
	SABİT	-	-	↑
PANELVAN	COST	↓	↓	↓
	CO	-	-	↓
	PTE	-	↓	↑
	SABİT	↑	↑	↑
MOTORSİKLET	COST	↓	↓	↓

Tablo A.2 Çok değişkenli lojit (Model-1) modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özetı

		Yük Türü 1	Yük Türü 2	Yük Türü 4	Yük Türü 10
TIR(ÇEKİCİ)	Değişken	Katsayı Etkisi			
	SIZE	↑	↑	↑	↑
	INTRA	↓	↓	-	↓
	CO	-	-	↓	↓
	PTE	↓	-	↑	↓
	PTN	↓	-	↑	↓
	PTD	↑	↑	-	↑
	PTH	↑	↑	↑	↓
	PTA	-	↑	↑	↑
	PTC	↑	-	↑	↑
	IES	↑	-	-	-
	PTI	↑	↓	↓	↓
	SZP (10-6)	↓	↓	↑	↑
	PTB	-	-	-	↑
	PTF	↑	↑	-	↑
	PTM	-	-	↓	-
	CONSTANT	↑	↑	↑	↑
KAMYON	SIZE	↑	↑	↑	↑
	INTRA	↓	↓	↓	↓
	CO	↑	-	↓	↓
	PTE	↓	-	↑	↓
	PTD	↑	↑	-	↑
	PTB	-	-	-	↑
	PTF	↑	↑	-	↑
	PTA	-	↑	-	↑
	PTJ	-	-	-	↑
	PTL	↓	↑	-	-
	SZA (10-8)	↓	↓	↑	↓
	COST	↓	↓	-	-
	CONSTANT	↑	↑	↑	↑
KAMYONET	INTRA	↓	↓	↓	↓
	PTN	-	↓	-	↓
	PTD	↑	↑	-	↑
	IES	↑	-	-	↑
	SZP (10-6)	↓	↓	↑	↑
	PTB	-	-	-	↑
	PTF	↑	↑	-	↑
	PTA	-	↑	-	↑
	PTC	↑	-	↑	↑
	COST	↓	↓	-	↓
	CONSTANT	↑	↑	↑	↑
PANELVAN	COST	↓	↓	↓	↓
	INTRA	↓	↓	-	↓
	PTH	↑	↑	↑	↓
	IES	↑	-	↓	↑
	PTC	↑	-	↑	↑
	PTI	↑	↓	↓	↓
	SZA (10-8)	↓	↓	↑	↓
	CONSTANT	↑	↑	↑	↑

Tablo A.3 Çok değişkenli lojit (Model-2) modellerin katsayılarının modeldeki davranışlarının özetı

		Yük Türü 3	Yük Türü 6	Yük Türü 7
	Değişken	Katsayı Etkisi		
TIR (Çekici)	SIZE	↑	↑	↑
	INTRA	↓	↑	↑
	PTA	↓	-	-
	PTD	-	↑	↓
	PTC	↑	-	↓
	PTN	-	-	↓
	CO	↓	↓	-
	PTG	↑	-	↑
	PTE	-	↑	↓
	COST	↓	↓	↓
	SABİT	↑	↑	↑
KAMYON	SIZE	↑	↑	↑
	SABİT	↑	↑	↑
KAMYONET	INTRA	-	-	-
	PTA	↓	-	-
	PTD	↓	↓	↓
	PTC	↓	↑	↓
	PTN	↓	↓	↓
	CO	↑	-	↑
	IES	-	-	↓
	PTE	↓	↓	↓
	COST	↓	↓	↓
	SABİT	↑	↑	↑
PANELVAN	COST	↓	↓	↓
	INTRA	↓	-	↑
	PTA	↓	-	-
	PTD	↓	↓	↓
	PTC	↓	↑	↓
	PTN	↓	-	↓
	CO	↑	↑	↑
	IES	-	-	↓
	SABİT	↑	↑	↑

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Makale

1. Aksoy, B., Gursoy, M. (2023). A Different Nested Logit Model Structure Consistent with Random Utility Theory for Various Freight Types – A Case Study for Istanbul. *Promet - Traffic and Transportation*, 35(6), 917–931. <https://doi.org/10.7307/ptt.v35i6.353>

Konferans Bildirisi

1. Aksoy B., Gürsoy M. Different Modeling Approaches and Policy Making in Urban Freight Transport Planning: A New Descriptor, 18. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Ankara, Türkiye, 16 - 17 Aralık 2023, ss. 39-46