

**A DECISION SUPPORTIVE METHOD FOR FREIGHT TRANSPORTATION  
MODE CHOICE****Mustafa GÜRSOY\****Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL***Geliş/Received: 16.07.2004 Kabul/Accepted: 05.05.2005****ABSTRACT**

In this study a selection method is presented that helps intercity or international freight mode choice decisions. The criterion of mode choice and their priorities are determined based on a sectoral questionnaire. The hardcore of the method can be put forward as that choosing the most weighted alternative based on the criterions considered. A mode choice problem defined from textile sector and it is solved by using recommended method.

**Keywords:** Decision support, Freight transportation, Logistics, Mode choice.

**TAŞIMA TÜRÜ SEÇİMİ İÇİN KARAR DESTEKLEYİCİ BİR YÖNTEM****ÖZET**

Bu çalışmada kentlerarası ya da uluslararası yük taşımacılığında taşıma türü seçimine yardımcı olacak bir seçim yöntemi/metodu sunulmaktadır. Önerilen yöntemde seçimin yapılmasında kullanılan dört adet ölçüt ve bunlara verilen ağırlıklar anketler yoluyla saptanmıştır. Yöntemin temel noktası, sunulan taşıma türleri yelpazesinden, eldeki ölçütler dairesinde en büyük ağırlığı veren tür konfigürasyonunun seçilmesidir. Tekstil sektörü ele alınarak bir tür seçimi problemi tanımlanmış ve önerilen yöntemle problemin çözümü yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Karar desteği, Lojistik, Tür seçimi, Yük taşımacılığı.

**1. GİRİŞ**

Ülkemizde, **taşıticılar** yüklerini taşıyacakları türü, doğal olarak, kendi kurumlarının önceliklerini (Belki de bilinmeyen bazı kişisel öncelikleri de) dikkate alarak, bir şekilde belirlemektedirler. Elbette ki bu belirleme işinde iktisadi nedenler önde gelen ağırlığa sahiptirler. Ancak, diğer ölçütlerin de varlığı inkâr edilemez ve bunların bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu çalışmada taşıticıların yüklerini taşımak için seçecekleri taşıma türünün, yine taşıticılar ve geçmişte yapılmış olan çalışmalardan elde edilmiş bilgiler ışığında belirlenen ölçütlere göre ekonomik olarak seçilmesini sağlayan bir model önerilmektedir.

Veri toplanmasında anket yöntemi kullanılmıştır. Çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren firmalarla anketler yapılmıştır. Ancak analizin yoğunlaştırılacağı sektör olarak “tekstil” sektörü seçilmiştir. Ülkemizin en büyük ihracat kalemlerinden birini bu sektörün oluşturması seçimin başlıca sebebidir. Kullanıma önerilen model, genel ifadesi  $M = a.X + b.Y + c.Z + d.K$  şeklinde

\* e-posta: gursoy@yildiz.edu.tr: Tel: (0212) 259 70 70 / 2212

olan doğrusal yapıda bir modeldir ve ana çaba katsayıların (a, b, c, d) belirlenmesine yöneliktir. Modelin çalıştırılması neticesinde ölçütlerin (Taşıma uzaklığı, süresi, güvenliği, türün erişebilirlik değeri) aldıkları çeşitli değerlere göre malın taşıtılacağı en uygun tür belirlenebilmektedir. Çalışma kapsamında yapılmış literatür araştırmasında dikkati çeken hususlar aşağıda özetlenmiştir.

Barnhart ve Ratliff'in çalışmasında [1], taşıt rotalamalarının yapılması için "en kısa yol problemi (Shortest path problem)" kullanılmaktadır. Bertazzi vd.'nin yaptığı çalışmada [2], bir B (Baş) noktasından çok sayıdaki S (Son) noktasına taşımada ortaya çıkan toplam maliyetin (Envanter ve taşıma maliyeti), farklı taşıma seçeneklerine göre kıyaslanması için bir yöntemin oluşturulması amaçlanmaktadır. Blomenfeld vd.'nin [4] çalışmalarındaki amaç, B-S noktaları arasındaki ulaştırma, envanter ve üretim maliyetleri arasında varolan etkileşimlerin analiz edilerek optimal taşımacılık stratejilerinin belirlenmesidir. Burns vd. çalışmalarında [7] bir sunucudan birçok müşteriye yüklerin dağıtımındaki maliyetin minimizasyonu için analitik bir metod geliştirmişlerdir. Bu metotla ulaştırma ve envanter maliyetleri ile ilgili formülasyonlar türetilmekte ve bunlar arasındaki optimal etkileşimler (Trade-off) de belirlenmektedir. Daimler-Chrysler'in modelinde [10] taşıma masraflarının planlanmasında mesafeye olan bağımlılık dikkate alınmakta ve buna bağlı olarak da doğrusal bir taşıma ücreti modeli ortaya çıkmaktadır. Crainic ve Roy'da [8] yük taşımacılığının orta vadeli planlaması için matematiksel programlama tekniklerine dayanan bir genel modelleme ve algoritmik yapı oluşturulmuştur. Cullaine ve Toy'da [9] yük taşımacılığında rota/tür seçimlerinde etkili ölçütlerin belirlenmesine yönelik olarak, daha önceden yapılmış çalışmaların içerikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ile rota/tür seçimlerinde etkili olan ölçütlerin tespit edilmesi yoluna gidilmiştir. Srinivasan ve Thompson'da [22] taşımacılık maliyetlerinin minimizasyonu ve ortalama taşıma sürelerinin minimizasyonu gibi çatışan iki amacı dikkate alarak, taşımacılık türleri arasında seçim yapmaya yarayan bir yapı sunulmaktadır. Boardman'ın doktora tezindeki [5] bulgularına göre; "büyük boyutlu taşıyıcı firmaların devasa pazarlama avantajları, global taşıma birlikleri ve genel pazarlama ve dağıtım stratejileri, yük taşımacılığı sektörünü çok türülülük kavramına yönlendirmektedir". Hall'un makalesinde [15] incelenen problem; taşıma boyutu (Shipment size) ve taşıma türü (Mode) arasındaki ilişkiyi konu almaktadır.

Takip eden bölümlerde öncelikle ulaştırma planlaması ve karar verme sürecinden bahsedilecektir; ardından yük taşımacılığı sisteminden bahsedilerek **ÇTT (Çok türlü taşımacılık)** bileşenlerine geçilmiştir. Dördüncü bölümde önerilen model detayları ile tanıtılmış ve bir uygulama örneği de eklenmiştir. Ulaşılan bulgulara değinilen ve ileriye yönelik önerilerin verildiği sonuçlar kısmı ile çalışma tamamlanmıştır.

## 2. ULAŞTIRMA PLANLAMASI VE KARAR VERME

Ulaşım, uygarlığın en temel ihtiyaçlarından biridir ve toplumun nitelik ve nicelik bakımlarından gelişmesi ile şekillenmesi üzerindeki etkisi büyüktür. Geçmişteki ilerlemelerin ve gelecekteki gelişme imkânlarının ulaşım bu derecede bağımlı olması; ulaşım sisteminin işlevlerinin, metotları ve prensipleri ile iyice araştırılmasını, etkinliğinin olabildiğince artırılmasını ve iktisat, mühendislik, ticaret-yönetim (Business-management) ve planlama alanlarında çalışanların ilgilerinin konu üzerinde canlı tutulmasını gerekli kılar [17]. Mühendislik çalışmalarının temel hedefi, özel dalı ne olursa olsun, insanların ihtiyaçlarını yeterli güvenlik düzeyinde ve mümkün olan en küçük toplam maliyetle (Zaman, işgücü, sermaye) karşılamaktır. Konuya bu çerçeveden bakıldığında, mühendislik ile iktisat dallarının ne denli iç içe oldukları daha iyi anlaşılır. Mal naklinin mantığına ilişkin ekonomideki anlayış; "bir malın bir yerden diğer bir yere taşınması için bir mekân değişimi değerinin olması gereklidir" şeklindedir. Ancak bazı mallar, rasyonellik açısından, her yerde üretilmezler [Otomotiv sanayii, tarım ürünleri (Toprak zorunluluğu), maden cevheri ve bundan üretilen mallar, enerji gibi]. Üretim sürecinin öncesi ve sonrası vardır:

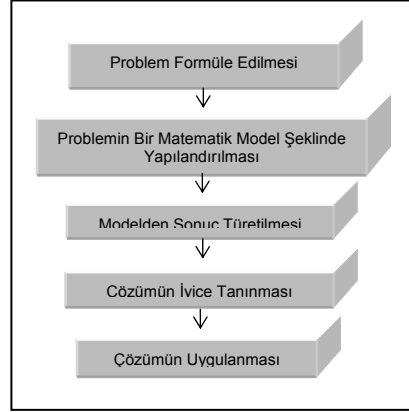
## *A Decision Supportive Method for Freight ...*

Hammaddelerin temini ve üretim sürecinin gerçekleştirileceği yere nakli ve daha sonra da mamul maddelerin pazara nakli gibi.

Ancak yük taşımacılığı alanında sadece ulaştırmayı (Taşımacılığı) ele almak çerçevenin eksik kalması anlamını taşır. Çalışılan konunun içine işletmecilik ve iş idaresinin de katılması gereklidir. Bütün bunlar göz önüne alındığında “Lojistik Süreci” ya da “Lojistik Planlama”dan söz edilebilir. Dolayısıyla çalışmaya “Lojistik” tanımı ile başlamak uygun olacaktır: “Müşterilerin gereksinimlerini karşılamak amacıyla, başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar eşyaların, hizmetlerin ve bunlara ilişkin enformasyonun etkili ve etkin bir biçimde akımının ve gerektiğinde depolanmasının planlandığı, kontrol edildiği ve gerçekleştirildiği süreç” lojistik olarak adlandırılmaktadır [6]. “Lojistik Sistemi” tasarımı ile ilgili problemler iki durumda ortaya çıkar: Yeni bir sistemin tasarlanması durumunda ve varolan bir lojistik sisteminin belli değişimlere uyarlanacak şekilde tekrar elden geçirilmesi durumunda. Sözkonusu değişiklikler; müşteri hizmetleri, talep, ürün karakteristikleri, maliyetler ve ücretlendirme politikaları olabilir [16]. Öte yandan lojistik sistemlerinin analizi dört faza ayrılabilir: Problemin tanımı, veri toplanması, problemin analizi, kullanıcı testi ve gerçek uygulama. Ek olarak; lojistik sistemlerinin analizinde ve tasarımlarında en yaygın olarak kullanılan yöntemler, simülasyon, yöneylem araştırması modelleri ve sezgisel modellerdir.

Günümüzde, artık tek bir hedefe dönük olan maksimizasyon, etkisini kaybetmektedir; çünkü verilecek kararlar çok boyutlu bir çevreyi etkilemektedir. Dolayısıyla tek bir amaca yönelik olarak geliştirilecek bir çözüm, sistemin bütününde arzu edilmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Ulaştırma sektöründe lojistik yöntemlerin kullanılması ile; maliyet ve taşıma süresinin azaltılması, zamanında teslimat, taşıma süresi değişkenliğinin azaltılması, türlerin kombinasyonu yoluyla sürekli bir taşıma hizmetinin bulunabilmesi, en az gecikme, hasar, kayıp, depolama ve teslimat gibi bileşenlerin iyileştirilmesi mümkün olabilecektir.

50’li yıllardan önce taşıma planlaması çalışmaları oldukça azdır, yapılmış olan küçük planlama çalışmaları trafik sayımları yapmak ve tahmin edilen hacimler ile var olan kapasitelerin kıyaslanması şeklinde olmuştur. Ulaştırma planlaması çalışmalarının gelişimi 50’lerde başlamıştır. Bu çalışmaların ilgilendikleri temel alanlar; maliyet, seyahat süresi ve güvenlik olmuştur. Yaklaşık olarak aynı tarihlerde, taşıma tesislerinin bir bütün (Şebeke) halinde planlanması, zaman zaman eklenecek yeni birimler şeklinde düşünülmemesi gerektiği görüşü hâkim olmaya başlamıştır. 60’ların sonlarından başlayarak ve 70’lerde ulaşımın kontrolsüz gelişimi kısıtlanmıştır. Analiz metotlarındaki iyileşme, 70’lerin ortalarından itibaren hesap makinelerinin ve hemen ardından kişisel bilgisayarların kullanıma sunulması ile başlamıştır. Çabucak sonuca ulaşılan basit yöntemlerle birlikte bilgisayar yazılımları da geliştirilmiştir. Bunlar sayesinde çok sayıda eylem seçeneği, düşük maliyetlerle kıyaslanabilmektedir. 90’larda ortaya çıkmış olan görüş; taşıma sistemi planlamasının, “çok amaçlı”, “çok aktörlü” ve “çok ölçütlü/amaçlı” karar verme süreçleri gerektirdiğidir [19]. Genel olarak karar süreci ya da çerçevesi aşağıdaki adımlardan oluşur:

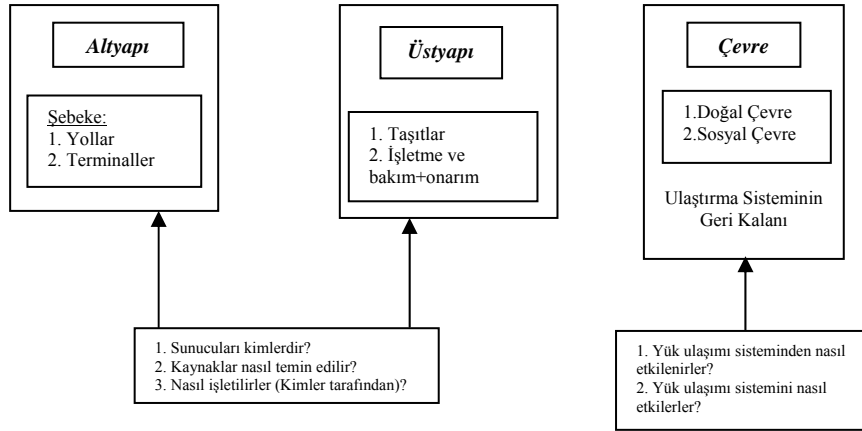


Şekil 2.1. Karar verme sürecinin genel adımları [14]

### 3. YÜK TAŞIMACILIĞI SİSTEMİ

#### 3.1. Sistem, Ulaştırma Sistemi ve Bileşenleri

Bir tanıma göre sistem; bazı mantıklı sonuçlara ulaşmak amacıyla, birlikte eylem yapan insan, makine vb. elemanların bir araya getirilmesi ile oluşan kümedir. Benzer şekilde ulaştırma sistemi; insan ve eşyaların belirli ve iyi tanımlanmış bir şekilde ulaşımı ile ilgili tüm fiziksel, sosyal, ekonomik ve kurumsal bileşenlerin bir araya getirilmesi ile oluşan bir küme, olarak tanımlanmaktadır [18]. Bu sistem; yol şebekesi, taşıt filosu, işletme, terminaller gibi alt sistemlerden oluşur. Ulaştırma sistemini içinde bulunduğu çevreden soyutlamak olanaksızdır. Bu sebeple çevre sistemin bir bileşeni olarak sunulmuştur ve esasında ulaştırma sistemini kapsar. Tesisler, ekipman, enerji, işletme şekli ve insanlar, her ulaştırma sisteminin ana bileşenleridir. Yük taşımacılığı için genel bir gösterim aşağıda şematik (şekil 3.1) olarak verilmiştir. Şekildeki altyapı, üstyapı ve çevre kavramları sistemin bileşenlerini ifade etmektedirler.

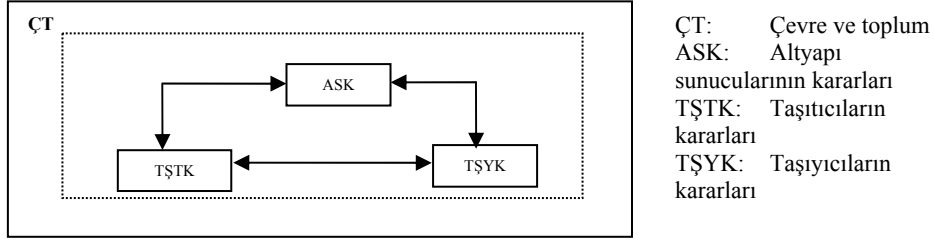


Şekil 3.1. Yük ulaştırma sistemi [14]

Tam da burada ulaştırma sisteminde etkin olan aktörlere ve bunların etkileşimlerine değinmek gerekmektedir: Ulaştırma sistemindeki aktörler olarak; altyapı sunucuları, taşıyıcılar,

### A Decision Supportive Method for Freight ...

taşıtııcılar ve çevre-toplum grupları tanımlanmaktadır. Bu dörtlü grubun etkileşimleri en özlü bir tarzda aşağıdaki şekil ile ifade edilebilir.



Şekil 3.2. Ulaştırma sistemi aktörlerinin etkileşimleri [14]

Taşımacılık planlaması problemlerinde yaygın olarak kullanılan modeller; tür seçimi, taşıyıcı rotalaması, filo boyutlandırılması, taşıt çizelgelemesi ve yük toplulaştırılması modelleridir [16].

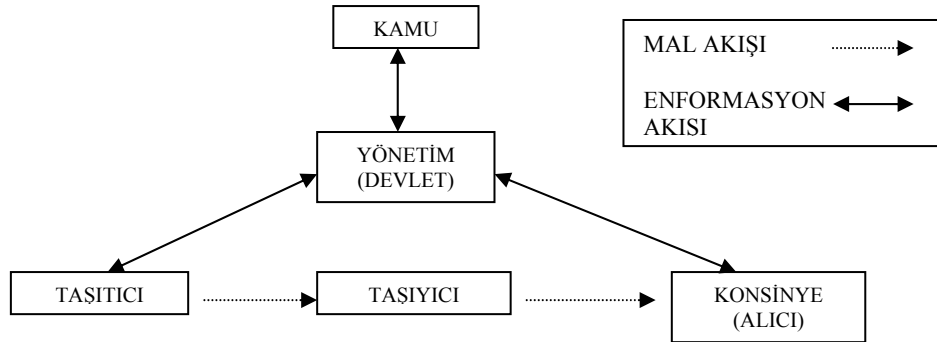
*Taşıma türü seçimi* modellerinde etkin bileşenler olarak kaynaklarda genellikle şunlar önerilmektedir: Hizmet sıklığı, hız, maliyet, güvenlik, müşteri hizmeti, taşıma süresi, bu sürenin değişkenliği, güvenilirlik, hırsızlığa karşı güvenlik, erişebilirlik.

*Rota seçimi* modelleri genellikle *en kısa yol* seçimi şeklinde olur ve bu en kısa yol, farklı türler için farklı olabilir. En kısa yol *uzaklık*, *zaman* veya *maliyet* terimleri ile ifade edilebilir.

*Filo boyutlandırılması modellerinde*, beklenen müşteri hizmet düzeylerinde, ancak düşük maliyetli olarak taşımacılık talebini karşılayacak taşıtların tipleri ve sayıları belirlenir. Filo boyutu büyüdükçe müşteri memnuniyeti artar; ancak taşıt kullanım oranları (Utilization) düşer.

*Taşıt çizelgelemesi modellerinde* ana konu zamandır. Verilecek kararlar; kaç adet taşıtın, nereden nereye, hangi günde ve hangi zamanlarda gönderilecekleri ile alakalıdır.

Bu etkileşime ilişkin ayrı bir gösterim de aşağıdaki gibi verilebilir:



Şekil 3.3. Yük taşımacılığı aktivitesinde etkili olan aktörlerin kendi aralarındaki ilişkileri [6]

*Yük toplulaştırılması (YT) modellerinin* amacı, seyahat sayılarını azaltarak işletme masraflarını minimize etmektir. YT servis düzeyinin düşmesine, envanter maliyetlerinin artmasına ve ek elleçleme maliyetlerine yolaçabilir. Ancak bu maliyetler, genelde, ekipman-eman-bakım masraflarından yapılan tasarruflarla azaltılabilir.

### 3.2. Çok Türlü Taşımacılıkta (ÇTT) Rotalama Konuları ve Modelleme Güçlükleri

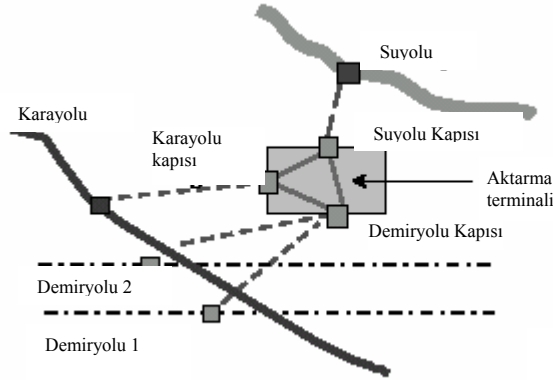
ÇTT seçeneği, değişen pazarlama ve dağıtım ihtiyaçlarına bir cevap olarak her türden kargonun taşınabilmesi amacı ile geliştirilmiştir. ÇTT'nin avantajlarından bazıları, rotalama seçeneklerinin daha fazla olması, servisin –verilen hizmetin- daha iyi olması ve büyük hacimler için daha iyi ücretlendirme ve elleçleme sağlanabilmesidir. Ayrıca konteynerlerin kullanımı, kargoların türler arasında aktarımını büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. ÇTT'de karşılaşılan güçlüklerden bazıları ise türler arası aktarmanın yapıldığı noktalarda aktarma maliyetlerinin minimizasyonu ve de bu noktalarda oluşan gecikmelerin azaltılmasıdır (Bu gecikmeler de bazı ek maliyetlere yol açarlar). Ayrıca ÇTT uygulamaları için gerekli ek ekipman maliyetlerinin minimizasyonu da apayrı bir sorun oluşturur. ÇTT'nin rotalanmasına değinirken dikkate alınması gereken birçok nokta vardır; bunlar hem taşıyıcıya hem de taşıyıcıya etkilidirler. Taşıyıcı bu etkenleri, hizmetini sunarken iyi bir kâr oranı ve yeterli bir pazar payı sağlayabilecek fiyatları belirleyebilmek için dikkate almalıdır. Diğer taraftan taşıyıcı, bu etkenlerin ortaya çıkardığı maliyetlere ve sunulan hizmet düzeyine bakarak kararını verir. Bu etkenlere ilişkin kısa bilgiler aşağıda verilmektedir.

**Taşıma Maliyeti:** En önemli etkidir, denilebilir. Diğer birçok etkene bağlı olabilir. Taşıma maliyeti; taşıyıcının yakıt maliyeti, ekipman maliyeti, işçilik maliyeti, genel giderler ve yönetim maliyeti başlıklarını kapsar. Sabit bir birim maliyet, her ağırlık birimi başına maliyet, mesafe başına maliyet, hacim birimi başına maliyet, ton-km maliyeti şeklinde ifade edilebilir.

**Aktarma Maliyeti:** Taşımacılıkta birden fazla tür kullanımı hesaba katıldığında, ek olarak aktarma maliyeti ortaya çıkar. Nakliye ve elleçleme ücretlerinin, elleçleme kısmı olarak düşünülebilir. Değişken ya da sabit yapıda olabilir. Diğer taraftan aynı yükler için farklı aktarma maliyetleri de söz konusu edilebilir. Yerel işgücü maliyetleri ya da farklı ekipman kullanımı gibi faktörler bu durumun belli başlı sebeplerindedir..

**Servis Düzeyi ve Yük Tipi:** Bunlar taşıma seçenekleri değerlendirilirken dikkate alınması gereken kısıtlar olarak ortaya çıkmaktadır. Taşınan kargo, taşıma türü ya da türler bileşimi üzerinde etkili olur (Örneğin; bozulabilir yüklerin taşındığı özel donanımlı araçlar/taşıma türleri).

ÇTT'de aktarmalara ilişkin alıntı bir şekil, konunun anlaşılmasında yararlı olacaktır (Şekil 3.4). Bu şekilde hayali olarak tüm taşıma türlerinin yakın mekânlarda entegre oldukları varsayılarak bir gösterim yapılmıştır. Aktarma işleminin büyük çoğunluğu merkezdeki terminalde gerçekleşmekte ve gelen yükler buradan kara taşıma türlerine dağıtılmakta ya da giden yükler denizyoluna aktarılmaktadır.



Şekil 3.4. ÇTT için bir aktarma örneği [21]

Öte yandan değişik faktörler, gerçeğin temsil edilmesinde eksikliklere ve modelin karmaşıklığına neden olabilir. Burada, modelin gerçekliği ve geçerliliği arttıkça çözüm zamanı ve maliyetteki artış şeklinde bir karşılıklı etkileşim vardır. Modelleme güçlüklerinden bazıları şunlardır: Tek ya da çok sayıda rota olması, doğrusal ve doğrusal olmayan maliyet durumları, yükün bölünmesi (Shipment splitting), çok amaçlılık, enformasyonun karışık ve bulanık olup, kesin olmaması.

#### **4. TAŞIMA TÜRÜ SEÇİMİ İÇİN BİR YÖNTEM (METOD-MODEL)**

Çalışmanın bu bölümünde, sunulacak olan yöntemin çıkış noktaları tanıtılacak, yükün taşınacağı türün belirlenmesine yönelik olarak da tasarlanan model bir sayısal uygulama ile açıklanacaktır. İşletmelerde karar verici konumda bulunanların kararlarını mantıklı/akılcı (Rasyonel) temellere dayanarak vermelerini sağlamaya yönelik olarak geliştirilmiş çeşitli “Karar Destek Sistemleri (KDS)” vardır. Bunlar incelenen olaylara göre sonsuz çeşitlilik göstermekle birlikte, temel olarak belirli çözüm algoritmaları/yöntemleri içerirler. Örnek olarak; analitik hiyerarşi süreçleri (AHP), bulanık mantık, genetik algoritmalar verilebilir. Adı verilen bu ana formatlara uygun, arzu edilen amaçlara yönelik sonsuz KDS’ler geliştirilmiştir. Sunulmakta olan Taşıma Türü Seçimi Modeli’nde (TTSM) kullanılan “ölçütleri puanlandırma” ve bu puanlardan bir model üretme fikri AHP yönteminden esinlenilerek geliştirilmiştir.

##### **4.1. Problemin Tanımlanması ve Model Haline Getirilmesi**

Burada yük taşımacılığında tür seçimine yönelik bir karar destekleyici yöntem sunulacaktır. Önceki kısımlarda bahsedilenlerin ışığında varılan nokta; zor talep tahmin yöntemleri ve ekonomik analizleri kullanmak yerine, aşağıda önerilen, taşıyıcı tercihlerinden ve gerçek finansman, tarife, hizmet düzeyi verilerinden (Hız, erişebilirlik) hareket ederek, uygun taşımacılık türünü belirleyen bir modelin oluşturulmasıdır. Gerçekçi bir model oluşturma çabasındaki önemli bir aşama, modelde kullanılacak parametreler için geçerli ve güvenilir sayısal değerlerin elde edilmesidir. Bazı durumlarda katsayılar için yalnızca tahminler ya da ortalama değerler bulunabilir [13].

Burada sunulan planlama süreci, deskriptif (açıklayıcı) yaklaşıma bir örnek oluşturacak niteliktedir. Beuthe vd.’nin çalışmalarında [3] vurgulandığı üzere, AB ülkelerinde olduğu gibi yük taşımacılığı konusunda ülkemizde de piyasa verilerini hazır olarak elde etmek hemen hemen imkânsızdır. Gerekli veriler araştırma sırasında toplanmıştır. Gerekli verileri toplamının bilinen yollarından biri, ilgili kesimlerle anket yapmaktır. Öte yandan, anket yapılması fikrinin çıkışı aşağıda sunulan sebeplere de dayanmaktadır:

Öncelikle ülkemizde yeterli ve standardize edilmiş bir ulaştırma verisi depolama alışkanlığı bulunmamaktadır [11, 12]. Ülkemizde genelde, veriler bir şekilde kaydedilmekte, ancak bu verilerden çeşitli etkenler nedeniyle istenildiği zaman yeterince yararlanılamamaktadır (Özel sektörden işe yarar veri temin etmek güç olmakta, kamu sektöründen veri almakta da birçok bürokratik zorlukla karşılaşılmaktadır). Ayrıca verilerin değerlendirilmesi sırasında yapılan hatalar ya da veri toplayıcıların yeterli duyarlılık göstermemeleri, toplanan verilerin değişik amaçlar için kullanımını güçleştirmektedir. Sözü edilen nedenlerden ötürü bu çalışmada hedefe dönük veriler toplayabilmek için en geçerli yolun, özenle hazırlanmış anketlerin uygulanması olduğu kanısına varılmıştır. Anketler yoluyla yapılan çalışmalara örnek olarak Regan ve Golob’un [20] makalesi verilebilir. Burada parçalarından biri denizyolu olan ÇTT operasyonlarında yer almakta olan karayolu (Kamyon) taşımacılığının incelenmesine yönelik bir anket uygulaması gerçekleştirilmiştir.

#### 4.2. Tür Seçimi Ölçütlerinin Tespiti

Sunulan çalışmada yük taşıtanların taşıma türü seçimlerinde etkili olduğu varsayılan dört adet ölçüt, hem Cullinane'in çalışmasına [9], hem de 2001 yılı içerisinde taşıtıcılar kümesi üzerinde tarafımızdan gerçekleştirilmiş bir anket çalışmasına dayanılarak belirlenmiştir. Bu anketle kısaca taşıtıcıların tür seçiminde önem verdikleri bileşenler, taşıttıkları mal türleri, ortalama taşıma uzaklıkları gibi bilgiler derlenmeye çalışılmıştır (detaylar için bkz. [14])Seçilen ölçütler aşağıda verilmiştir:

1. Taşıma maliyeti/ücret tarifeleri/fiyatlar,
2. Taşıma hızı (Süresi),
3. Taşıma güvenliği,
4. Taşıma türünün erişebilirliği.

Cullinane'nin çalışmasında[9] ve tarafımızdan gerçekleştirilen anket çalışmasında daha fazla ölçütün, (Örneğin; taşıma süresi güvenilirliği, sıklık, kayıp ve hasar, yük izlenebilirliği, yük özellikleri gibi niteliklerin), "yük taşıma türü" seçiminde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak çalışmanın kısıtları nedeniyle yukarıda seçilen ölçütlerin dışındakiler bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuşlardır. Bunların dışında S. Strasser'in doktora tezinde [23] kullanmış olduğu demiryolu performansı modeli de (Bu model sonucunda taşıtıcıların türel seçimlerinin ortaya çıktığı varsayılmaktadır) tür seçimi ölçütlerinin belirlenmesinde etkili olmuştur.

#### 4.3. Kullanılan Yöntemin Getirdiği Yenilikler

Literatür araştırması esnasında önerilen benzeri bir model ile karşılaşılmamıştır. Sunulmakta olan yöntemin en avantajlı yanı kullanımının kolay olmasıdır. Hâlihazır kapsamıyla bu yöntem yük taşımacılığı planlamasına, yeni bir bakış açısı getirmektedir. Şöyle ki; sıklıkla tekrarlandığı gibi veri bulunmasının çok güç olduğu ülkemizde, çalışmalarda kullanılacak verilerin ilgili sektör çalışanlarının ve bu sektörlerde uzman olan (Örneğin akademisyenler) kişilerin tecrübelerinden yararlanarak, anket uygulama yöntemi ile belirlenmesine çalışılmıştır. Ek olarak, sözü edilen anket uygulamasının sonuçlarının bir amaç fonksiyonu dâhilinde, toplam faydayı maksimum kılacak şekilde bir araya getirilmesi sağlanmıştır. Yine basit toplamlar yolu ile ilgili ölçütlerin toplam içindeki ağırlığı tespit edilmiştir.

#### 4.4. Modelin Girdileri ve Çıktıları

Sunulmakta olan modelin girdileri şunlardır:

1. Taşıma türü maliyetleri,
2. Taşıma türü erişebilirlik değerleri,
3. Taşıma türü güvenlik değerleri,
4. Taşıma türü hız değerleri,
5. Tür seçim ölçütleri anketlerine verilen cevaplardan oluşan "ölçüt ağırlıkları matrisi"

Modelin çıktısı da tür seçim ağırlıklarının değerleri olarak verilmektedir. Tür seçim ağırlığı kavramı; hangi türün yüzde kaç ihtimalle seçileceğini gösterir. Bir KDS olarak tasarlanan modeldeki amaç, taşıma türü seçenekleri ile karşı karşıya bulunan karar vericilerin, daha önceki kişilerin/kurumların tercihlerinden haberdar edilmesi ve onların bu durumda nasıl karar verdiklerini bilmesidir. Buradan hareketle sistem bütünü içerisinde kalınarak ve daha önceki uygulamaların yaklaşık optimal olduğu kabulü ile karar vericilerin önü açılmaya çalışılmaktadır. Öte yandan modelin çıktıları arasında, taşıma uzaklığına bağlı olarak, taşıma türünün kaza riski değerinin, uzaklığa göre maliyetin (Dolayısı ile taşıma ücretinin) değişimleri de belirlenebilmektedir.



#### 4.5. Model ve Amaç Fonksiyonu

$$Z = \max_j \left[ \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_{ji} \right] \quad , j = A, B, C \text{ için ve } (i = 1, \dots, 4) \quad (4.1)$$

Burada;

$X_i$  : Tür seçimi ölçütlerinin anketlerle belirlenen ağırlığı,

$Y_{ji}$  : İlgili tür seçimi ölçütünün ağırlığının taşıma türleri arasında paylaştırılmış değeridir.

Sunulan modelin amacı; belirtilen parametrelere göre toplam tercih puanını maksimum yapan tür (ya da türler) seçeneğini bulmayı sağlamaktır.

$j = A, B, C$  ile taşıma şekli,  $i$  ise ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) tercih ölçütleri tanımlanmaktadır ve 1=Ücret, 2= Süre, 3= Güvenlik, 4= Erişebilirlik, değerlerini ifade etmektedir. Bu açıklamaların ardından parametrelerin uymaları gereken şartlar aşağıdaki gibi sunulabilir.

##### 4.5.1. Parametrelerin Uymaları Gereken Şartlar

- Tercih ağırlığının 0-1 aralığında olma şartı;

$$0 < X_i < 1 \quad (4.2a)$$

ve ,

$$\sum_{i=1}^4 X_i = 1 \text{ 'dir.} \quad (4.2b)$$

- Yalnızca A türünün kullanılacağı en büyük mesafe şartı;

$$L_A \leq 200 \text{ km (İsteğe göre değiştirilebilir)} \quad (4.3)$$

Bu kısıt, çözüm yöntemine keyfi olarak eklenmiştir; bundan hedeflenen belli uzaklıkların altında ÇTT yapılmaksızın doğrudan karayolu kullanımının sağlanması, gereksiz hesap yapmamak ve yükün türlerarası aktarılmasına ait masrafları doğrudan elemektir.

- B ve C tür kombinasyonlarının kullanılacağı en küçük mesafe şartı;

$$L_B, L_C > 200 \text{ km, (İsteğe göre değiştirilebilir)} \quad (4.4)$$

olarak verilmektedir.

- Pozitif olma şartı;

$$X_i, Y_{ji} > 0 \quad (4.5)$$

##### 4.5.2. Formülasyon ile İlgili Açıklamalar

Burada modelde kullanılan simgelerin ne anlama geldikleri kısaca tanıtılacaktır.

$X_1$ : Taşıma ücretinin tercih ölçütleri arasındaki ağırlığı,

$X_2$ : Taşıma süresinin tercih ölçütleri arasındaki ağırlığı,

$X_3$ : Taşıma güvenliğinin tercih ölçütleri arasındaki ağırlığı,

$X_4$ : Erişebilirliğin tercih ölçütleri arasındaki ağırlığı.

##### 4.5.2.1. Taşıma Türleri

Modelde üçü tekil, ikisi kombine olmak üzere beş taşıma türü kullanımı öngörülmüştür. Bunlar;

A: Karayolu,

b: Demiryolu,

c: Denizyolu,

B: A+b (Karayolu+Demiryolu),

C: A+c (Karayolu+Denizyolu)

#### 4.5.2.2. Taşıma Ücretinin Ağırlığının Türler Arasında Paylaştırılması

Taşıma ücreti ağırlığı türler arasında aşağıdaki notasyonla paylaştırılmıştır.

$Y_{A1}$ : Karayolu ile

$Y_{B1}$ : Karayolu+demiryolu ile

$Y_{C1}$ : Karayolu+denizyolu ile ve  $\sum_{j=A,B,C} Y_{j1} = 1$

Diğerleri de aynı yöntemle bulunur (Detaylar için bkz. [14]).

Yukarıda da belirtildiği üzere;

$$Z_j = (X_1.Y_{j1} + X_2.Y_{j2} + X_3.Y_{j3} + X_4.Y_{j4}) \quad (j = A, B, C) \quad (4.6)$$

ifadesinin değerini en büyük yapan sonuç seçilir.

#### 4.5.2.3. Taşıma Ücreti

Taşıma ücretinin bileşenleri olarak; bağlantı taşıması ücreti, aktarma ücreti ve anahat taşıma ücreti alınmıştır. Bu noktada taşıma ücretinin modeldeki etkisine ilişkin kısa bir açıklama yapılması yararlı olacaktır. Sunulan model, maksimum puanı veren seçeneğin tercih edildiği bir yapıda olduğundan, tüm tercih ölçütlerinin ağırlıkları pozitif (+) olarak kullanılmaktadır. Ancak "taşıma ücreti" ağırlığı hesaplanırken, taşıma ücreti büyük olan türün dezavantajlı olması mantıksal bir gerekliliktir. Bu durumda, taşıma ücreti değerlerinden elde edilen ağırlıklar, esasında o türün "tercih edilmeme yüzdesini(ağırlığını)" vermektedir. Taşıma ücretinin etkisini bu şekilde almak için modeli bir yararlılık (Utility) fonksiyonu ile ifade etmek gerekir. Oysa modelin "maksimum puanı alan tür seçilir" ilkesine sadık kalmak için tercih edilmeme ağırlıklarının "invers (tersi)" (Örn: 1/n) değerleri hesaplanır ve bu değerler arasında öncelik sıralaması yapılarak, verilen ücret düzeylerinde türlerin tercih edilme öncelikleri bulunur (Detaylar için bkz. [14]). Taşıma ücretinin hesap detayları aşağıda verilmektedir.

$L$ : Taşıma mesafesi (km),

$l'$ : Bağlantı taşıması mesafesi (km),

$l''$ : Anahat taşıma mesafesi (km),

$x_{1A}$ : Karayolu ile taşıma ücreti (TL/km),

$x_{1tb}$ : Demiryoluna aktarma (transfer) ücreti (TL/km),

$x_{1tc}$ : Denizyoluna aktarma (transfer) ücreti (TL/km),

$x_{1b}$ : Demiryolu ile taşıma ücreti (TL/km),

$x_{1c}$ : Denizyolu ile taşıma ücreti (TL/km).

Bu durumda;

$$A \text{ türü ile taşıma ücreti} = x_{1A} \cdot L \quad (TL)$$

$$B \text{ türü ile taşıma ücreti} = x_{1A} \cdot l' + x_{1tb} + x_{1b} \cdot l'' \quad (TL)$$

$$C \text{ türü ile taşıma ücreti} = x_{1A} \cdot l' + x_{1tc} + x_{1c} \cdot l'' \quad (TL)$$

olur.

Burada  $l' + l'' = L$  (km) olarak verilmektedir.

Taşıma ücretinin genel ifadesi;

$$T\dot{U}_i = a \cdot x_{1A} \cdot L + b \cdot (x_{1A} \cdot l' + x_{1tb} + x_{1b} \cdot l'') + c \cdot (x_{1A} \cdot l' + x_{1tc} + x_{1c} \cdot l'') \quad (TL) \quad (4.7)$$

şeklinde verilmektedir.

Burada;

Sadece karayolu ise

$$a = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \text{Aksi halde} \quad (4.8a)$$

$$b = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Karayolu+Demiryolu ise} \\ \text{Aksi halde} \end{array} \quad (4.8b)$$

$$c = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Karayolu+Denizyolu ise} \\ \text{Aksi halde} \end{array} \quad (4.8c)$$

kabulü yapılmaktadır.

#### 4.5.2.4. Taşıma Süresi

Taşıma ücretinin hesaplanması kısmında verilen açıklamalar burada da aynen geçerlidir (İlk olarak eldeki verilerle ilgili türler için taşıma süresi ölçütüne göre tercih edilmeme ağırlığı bulunmakta, buradan bu değerlerin inversleri alınarak ilgili türün tercih edilme ağırlığına (önceliğine) erişilmektedir).

#### 4.5.2.5. Taşıma Güvenliği

Taşıma güvenliği olarak türlerin kaza istatistiklerinden yararlanılır. Tutulan kayıtlardan alınan kaza rakamları birbirlerine oranlanarak bir güvenlik rakamına ulaşılır.

$x_{3A}$ : Karayolu ile taşımada kaza olma olasılığı (kaza/toplam taşıt)

$x_{3tb}$ : Karayolundan demiryoluna transfer esnasında kaza olma olasılığı (ihmal edilebilir boyutta olduğu varsayılmaktadır),

$x_{3tc}$ : Karayolundan denizyoluna transfer esnasında kaza olma olasılığı (ihmal edilebilir boyutta olduğu varsayılmaktadır),

$x_{3b}$ : Demiryolu ile taşımada kaza olma olasılığı (kaza/toplam taşıt),

$x_{3c}$ : Denizyolu ile taşımada kaza olma olasılığı (kaza/toplam taşıt).

Taşıma türlerinin *erişebilirlik* değeri için ülkenin yüzölçümü ile demiryolu ve karayolu ağlarının uzunlukları arasında bir oran oluşturularak "erişebilirlik katsayıları" tespit edilmiştir. Ancak denizyolunun erişebilirlik değeri için böyle bir oranak olmadığından için liman sayılarından yararlanılarak bir oranlama yapılmıştır (bkz. [14]).

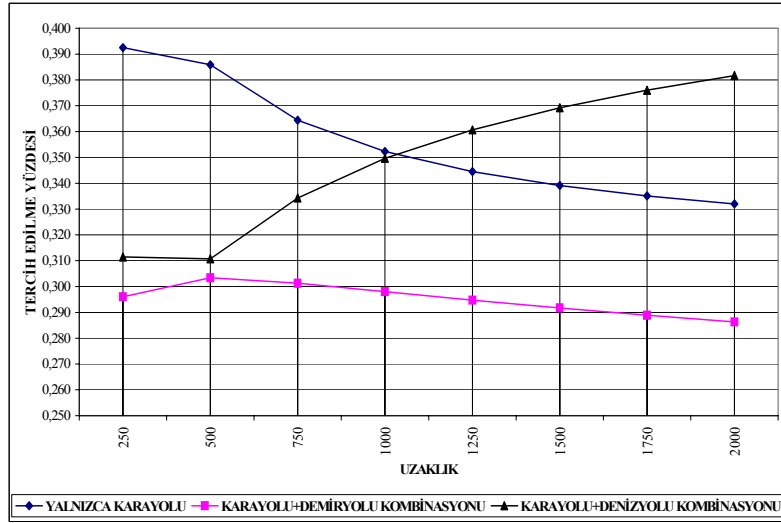
#### 4.6. Taşıma Türü Seçimi Ölçütleri Ağırlıklarının Bulunması

Örnek olması bakımından taşıma ücreti ağırlığının bulunması için önerilen formülasyon;

$$Y_{A1} = \frac{T\ddot{U}_A}{T\ddot{U}_A + T\ddot{U}_B + T\ddot{U}_C} \quad (4.10a)$$

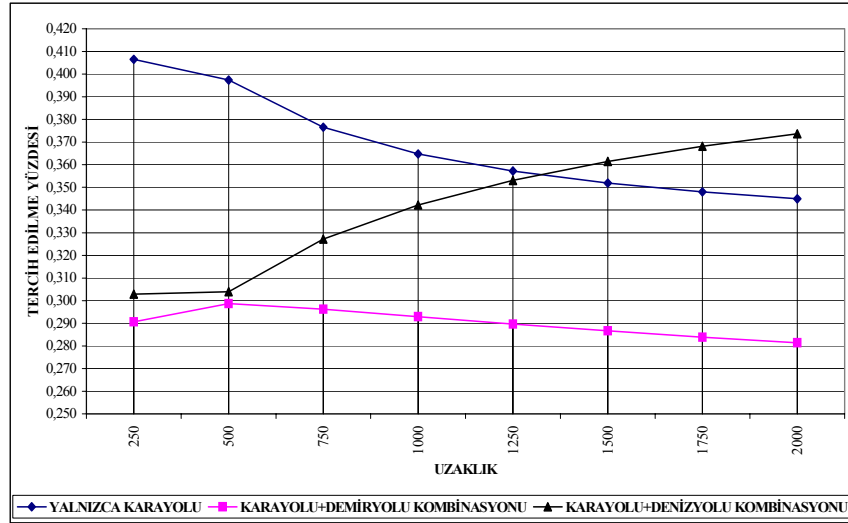
$$T\ddot{U}_A + T\ddot{U}_B + T\ddot{U}_C = \sum_{i=A,B,C} T\ddot{U}_i \quad (4.11)$$

şeklinde verilir. Bu durumda diğerleri de benzer şekilde yazılır. Diğer ölçütlerin ağırlıkları da aynı şekilde bulunur. Tüm bu formülasyonlar, Microsoft Excel Programı® kullanılarak hazırlanmış olan çalışma kitabında ilgili hücrelere uygulanarak model çalıştırılmıştır ve çıktıları da grafik olarak verilmiştir. Ayrıca taşıtıcıların gerçek tercihleri ile uzaklığa bağlı olarak model çıktısının verdiği tercihlerin grafik olarak gösterimi de takip eden sayfalarda verilmiştir. İstenilen değişkenlere farklı değerler vererek, farklı senaryolar için kullanım oranı değişimleri kolaylıkla test edilebilmektedir. Modelin akış diyagramı Ek 1'de görülebilir. Tekstil sektörü için yapılmış olan hesaplamalara ilişkin grafiklerin ikisi örnek olması bakımından aşağıda verilmektedir:



Şekil 4.1. Üç taşıma alternatifinin uzaklığa bağlı olarak tercih edilebilirlikleri (Dokuma-uluslararası) [14]

Tekstil sektörü taşımacılıklarının Çizelge 4.1’de verildiği gibi tüm alt gruplara göre model tarafından yapılmış türel dağılımları saptanarak taşıma uzaklığına göre grafikleri çizilmiştir [14]. Grafiklerde taşıma türlerinin taşıma uzaklığına göre tercih edilme yüzdeleri görülmektedir. Dikkat edilirse “karayolu+demiryolu” seçeneği hep gerilerde kalmaktadır. Ancak taşınan yükün tipine göre “yalnızca karayolu” seçeneği ile “karayolu+denizyolu” seçeneği, 1000 ila 1300 km’lik taşıma mesafeleri arasında bir türden diğerine geçiş yapmaktadır.



Şekil 4.2. Üç taşıma alternatifinin uzaklığa bağlı olarak tercih edilebilirlikleri (Dokuma-yerel) [14]

## 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın amacı, daha önce de belirtildiği gibi, çokturlü yük taşımacılığında taşıma türü seçiminde etkili olan faktörleri ortaya koymak ve bunlardan hareketle tür seçimi için bir karar destekleyici yöntem oluşturmaktır. Bu çalışmada ortaya konulan model tekstil sektörüne uygulanmıştır. Model oluşturulurken öncelikle gerçeği yansıtması ve ardından çözüm kolaylığı dikkate alınmıştır. Bu ikili hedefe ulaşabilmek için ilk olarak anketler yardımı ile seçilen sektörün kendi tercihleri belirlenmiş ve bunların gerçeği temsil ettikleri kabulü yapılmıştır. Ardından çözüm kolaylığı açısından tür seçiminde etkili olduğu tespit edilen ölçütlerden ilk dördü modele dâhil edilmiştir. Esas karar ölçütleri olarak taşıma ücreti, taşıma süresi, sunulan güvenlik ve kapıdan kapıya taşımacılık hizmetinin verilebiliyor olması (Erişebilirlik) dikkate alınmıştır.

Modelin çıktısı taşıma türü seçimi için yol gösterici olan “taşıma uzaklığına bağlı tür tercih ağırlıkları”dır. Bunun dışında, taşıma uzaklığına bağlı olarak, taşıma türlerinin kazaya karışma olasılıkları da çıktı olarak alınabilmektedir. Ek olarak, uzaklığa göre maliyet ve taşıma süresi de hesaplanabilmektedir. Bunlar da bir çeşit yan ürünler kümesi olarak tanımlanabilir. Burada üzerinde durulması gereken nokta, sıklıkla vurgulandığı gibi modelin esnek bir yapıya sahip olmasıdır. İstenilen değışkene istenen değer atanarak sonuçlardaki değışim rahatlıkla izlenebilir. Ayrıca modele isteğe göre başka değışkenler de eklenebilir ya da varolan değışkenlerden arzu edilenleri çıkarılabilir. Sonuç olarak; sunulan örnek problemde en büyük ihtimalle tercih edilen seçeneğin “karayolu+denizyolu+karayolu” olduğu görülmektedir. Karar değışkenlerinin önem katsayılarındaki değışimlerle birlikte sonuçlar az da olsa değışmektedir. Benzer şekilde maliyetler, taşıma uzaklığı ve güvenlikteki değışimler de sonucu etkilemektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Barnhart, C., Ratliff, H.D., (1993) “Modeling Intermodal Routing”, Journal of Business Logistics, 14-1
- [2] Bertazzi, L., (1997) “Minimization Of Logistic Costs With Given Frequencies” Transportation Research Part B, 31-4, 327-340
- [3] Beuthe, M., vd., (2001) “Freight Transportation Demand Elasticities: A Geographic Multimodal Transportation Network Analysis”, Transportation Research Part E, 37, 253-266
- [4] Blomenfeld, D.E., (1985) “Analyzing Trade-offs Between Transportation, Inventory and Production Costs on Freight Networks”, Transportation Research Part B, 19-5, 361-380
- [5] Boardman, B. S., (1997) “Real Time Routing of Shipments Considering Transfer Costs and Shipment Characteristics”, Doktora tezi, University of Arkansas, Industrial Eng. Dept.
- [6] Bowersox, D.J., Closs, D.J., (1996) “Logistical Management: The Integrated Supply Chain”, McGraw-Hill Companies, Singapore, ISBN 0-07-114070-0
- [7] Burns, L. D., (1985) “Distribution Strategies That Minimize Transportation and Inventory Costs”, Operations Research, 33-3
- [8] Crainic, T. G., Jacques R., (1988) “OR Tools for Tactical Freight Transportation Planning”
- [9] Cullinane, K., Toy, N., (2000) “Identifying Influential Attributes in Freight Route/Mode Choice Decisions: A Content Analysis” Transportation Research Part E, 36, 41-53
- [10] Daimler-Chrysler Taşıma Modeli, (2001) 3D Lojistik Dergisi, Sayı 6, s.22-25
- [11] Erel, A., Yardım, M. S., Gürsoy, M., (1995) “Ülkemiz Ulaştırma Planlama ve Yönetimi Konusundaki Veri Gereksinimi ve Bir Öneri”, 3. Ulaştırma Kongresi, İstanbul, 107-126
- [12] Fischer, M.J., (1996) “Innovative Approaches to Regional Freight Transportation Planning: Case Study of Monterey Bay Region”, Transportation Research Record, 1522, 27-37

- [13] Gass, S., (1975) *Linear Programming*, s. 147, Mc Graw-Hill Kogakusha Ltd., 4<sup>th</sup> edition, ISBN 0-07-022968-6
- [14] Gürsoy, M., (2003) “Ülkemiz Yük Ulaşımında Çok Türü Taşımacılığın Sınırlarının ve/veya Boyutlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Karar Destekleyici Model”, Basılmamış Doktora Tezi, Mayıs 2003, YTÜ
- [15] Hall, R.W., (1985) “Dependence Between Shipment Size and Mode in Freight Transportation”, *Transportation Science*, 19-4, 436-443
- [16] Kasilingram, R. G., (1998) “Logistics and Transportation”, The Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, ISBN 0-412-802902
- [17] Kneafsey, J. T., (1975) “Transportation Economic Analysis”, Lexington Books D.C. Heath and Company, Lexington, Massachusetts, USA, ISBN 0-669-93211-6
- [18] Mannheim, M. L., (1979), *Fundamentals of Transportation System Analysis, Volume 1: Basic Concepts*, The MIT Press, 2. ed., Cambridge, Massachusetts and London, England, ISBN 0-262-13129-3.
- [19] Rabbani, S.J. ve Rabbani S.R., (1996) “Decisions in Transportation with the Analytic Hierarchy Process”, Federal University of Paraíba, ISBN 85-237-0043-9
- [20] Regan, A. C., Golob, T. F., (2000) “Trucking Industry Perceptions of Congestion Problems and Potential Solutions in Maritime Intermodal Operations in California”, *Transportation Research Part A*, 587-605
- [21] Southworth, F., Peterson, B. E., (2000) “Intermodal and International Freight Network Modelling”, *Transportation Research Part C*, 36- 8, 147-166
- [22] Srinivasan, V., Thompson, G. L. (1977) “Determining Cost vs. Time Pareto-Optimal Frontiers in Multimodal Transportation Problems” *Transportation Science*, 11-1, 1-19
- [23] Strasser, S.E., (1990) “The Effect of Railroad Scheduling on Shipper Modal Selection: A Simulation”, Basılmamış Doktora Tezi, University of Colorado, College of Business and Administration

